

ГЕОЛОГИЯ ИЛИМДЕРИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
GEOLOGICAL SCIENCES

Абдрахматов К.Е., Аширов Б.М.

**ЧИЛИК ЖЕР ТИТИРӨӨСҮНҮН (1889-ж., М=8,3)
 ТЕКТОНИКАЛЫК ЖАЙГАШУУСУ**

Абдрахматов К.Е. Аширов Б.М.

**ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ ЧИЛИКСКОГО
 ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1889 года С М=8,3.**

К.Е. Abdrakhmatov, В.М. Ashirov

**TECTONICAL POSITION OF CHILIK EARTHQUAKE
 1889 WITH M=8,3**

УДК: 550:34

Макалада 1889-жылы пайда болгон, чоңдугу (магнитудасы) 8,3 жеткен Чилик жер титирөөсүнүн өзгөчөлүгү жөнүндө маалыматтар берилет. Жер титирөө убагында пайда болгон түндүк-тушка созулган, жалпы узундугу 175 км жеткен активдүү сегменттер (Бешкарагай, Күрмөнтү жана Шаты) айтылган жер титирөөнүн очогу болуп саналат. Сүрөттөлгөн жылышуулар "Z" түрүндө уюштурулган. Тектоникалык жылыш WSW-ENE сол колду жылыштан WNW-ESE он колду багытка өзгөрүлөт. Ошол эле убакытта сол колду жылышуусу 3 жана 6 метр аралыгында айырмаланат жана тик жылышуулар 6 жана 8 метр аралыгында (Чилик-Байсоорун жана Шаты жаракаларында) жана 3 жана 4,5 м аралыгында (Бешкарагай жаракасында) айырмаланып турат. Бул сүрөт, өзгөчө болсо да, Түндүк Тянь-Шандагы түндүк-чыгышка багытталган жалпы кыскартууга шайкеш келет.

Негизги сөздөр: жер титирөө, интенсивдүүлүк, магнитуда, активдүү сынуулар, жер үстүндөгү ажырымдар, жылыштар, убакыт, горизонталдуу кыскартуу, тектоника.

В статье приведены данные, позволяющие пролить свет на особенности возникновения очага Чиликского землетрясения 1889 года с М=8,3. Описаны активные отрезки разломов северо-западного простирания (Бешкарагайский, Курментинский и Сатинский) общей протяженностью 175 км, которые, по всей видимости, являются выходом очага указанного землетрясения на поверхность. Описанные разломы расположены в форме "Z" и имеют смещение, которое варьирует от косого левостороннего смещения по направлению WSW-ENE до правостороннего смещения по направлению WNW-ESE. При этом величина смещений колеблется между 3-6 м для левых сдвигов и 6-8 м вертикальных смещений для разломов Саты и Байсоорун-Чилик и около 3-4,5 м в зоне Бешкарагайского разлома. Такая картина, хотя и

необычна, совместима с общим сокращением ~ N-S в Северном Тянь-Шане.

Ключевые слова: землетрясение, интенсивность, магнитуда, активные разломы, поверхностные разрывы, сдвиги, смещения, горизонтальное сокращение, тектоника.

The data are given, which allow shedding light on the features of the origin of the source of the Chilik earthquake of 1889 with M 8.3. The active segments of the northwest strike faults (Beshkaragai, Kurmentinsky and Saty) with a total length of 175 km are described, which appear to be the outbreak of the earthquake to the surface. The described faults are located in the form of "Z" and have an offset that varies from an oblique left-sided offset along the WSW-ENE direction to a right-sided offset along the WNW-ESE direction. At the same time, the magnitude of the displacements varies between 3-6 m for the left shifts and 6-8 m of vertical displacements for the Saty and Baysorun-Chilik faults and about 3-4.5 m in the zone of the Beskaragay fault. Such a picture, although unusual, is compatible with the general abbreviation ~ N-S in the northern Tien Shan.

Key words: earthquake, source, intensity, magnitude, active faults, surface ruptures, slip, reverse faults, displacement, shortening, tectonics.

Чиликское землетрясение произошло 11 июля 1889 г. (30 июня 1889 г. по старому стилю) в 22 час. 14 мин., ($\varphi = 43.12$, $\lambda = 78.24$) $K=18.5$, $M=8.3$, $H=40$, силой в эпицентре 10 баллов. В отличие от других сильных землетрясений, произошедших в регионе (Верненское землетрясение 1887 г. и Чон-Кеминское землетрясение 1911 г. [1] оно не было изучено геологическими экспедициями [2]. Вся информация о землетрясении была получена по свидетельствам свидетелей,

собранных с помощью анкет, разосланных Русским географическим обществом после землетрясения.

Согласно описаниям [1,2] плейстоценовая область землетрясения охватывала восточные части хребтов Заилийского и Кунгей Алатау и простиралась от р. Или до берега Иссык-Куля (юго-восточная часть). Она представляла собой эллиптическую фигуру, вытянутую своей большей осью в направлении с ССВ на ЮЗ. Центр эллипса совпадал с областью наиболее тесного сближения рек Чарын и Чилик, почти в точке поворота течения первого от СВ направления в СЗ, где, по-видимому, и располагался эпицентр (рис. 1). В этой области всюду образовались трещины, много громадных осыпей и обвалов в горах и ущельях.

Землетрясение ощущалось на огромной территории. Площадь 7-балльной изосейсты этого землетрясения составляла около 160 тыс. кв. км. Оно ощущалось с интенсивностью около 4 баллов на расстоянии более 800 км. Имеются сведения об ошутимости его в гг. Каркаралинске, Павлодаре, Омске и т.д. Так в г. Павлодаре (960 км) люди в мечети (деревянный дом на каменном фундаменте) в страхе выбежали, почувствовав дрожание мечети и раскачивание люстры, а в г. Омске (270 км) один из четырех паникадил в Пророко-Ильинской церкви был сдвинут с места.

Магнитуда землетрясения была оценена в $8,3 \pm 0,5$ [3.] и $8,3+0,2/-0,1$ [4]. Кроме того, из-за отсутствия детальных макросейсмических наблюдений непосредственно в эпицентральной зоне события и на основе широкого региона над которым наблюдались высокие интенсивности, глубина гипоцентра оценивалась в 40 км [3,4].

Несмотря на высокую магнитуду землетрясения, поверхностный разрыв, который мог бы соответствовать событию такого масштаба, не был определен с достаточной уверенностью. В описываемой области имеется значительное количество прерывистых отрезков активных разломов с большими смещениями крыльев [5,6]. По сравнению с Чиликским землетрясением, Кеминское событие 1911 г. с $M_w 8$ сопровождалось

поверхностным разрывом длиной до 200 км [7,8,9]. Более того, смещения крыльев разрыва Кеминского землетрясения 1911 г. иногда превышали 10 м. и трасса разлома даже спустя сто лет хорошо сохранилась и видна в рельефе, а также на спутниковых изображениях высокого разрешения [8,9].

Таким образом, для Чиликского землетрясения с $M=8,3$ длина поверхностного разрыва должна была бы составлять от 200 до 300 км со средним смещением от 6,7 до 9,1 метра в случае взброса или сдвига, соответственно [10], если землетрясение было похоже на другие континентальные события.

Имеющиеся данные позволяют предполагать, что большая глубина гипоцентра землетрясения не позволила разрыву достичь поверхности на всю ее длину. Современная сейсмичность, однако, неглубока и, поэтому ставит под сомнение глубокий источник.

Другое предположение может заключаться в том, что сложный рисунок разрыва, включающий несколько сегментов соседних активных разломов и общая удаленность района являются причиной того, что полный разрыв еще не найден. И, наконец, возможно, интенсивность и, следовательно, соответствующая магнитуда (около 8,3) была просто завышена. Отметим сразу, что детальное изучение инструментальных данных (Куликова и Крюгер, 2015) позволило ограничить моментную магнитуду Чиликского землетрясения около 8.

Сейсмичность в районе Чилика в последнее время характеризуется низкими и умеренными величинами. После землетрясения 1889 года произошло лишь несколько крупных событий, особенно упомянутое выше Чон-Кеминское землетрясение 1911 года и Кемино-Чуйское землетрясение 1938 года ($M 6.9$) [1], а в последнее время - Сарыкамышское землетрясение (1970, 6,8), Жаланаш-Тюп землетрясение (1978, $M_w 6.9$) и Байсоорунское землетрясение (1990, $M_w 6.3$), эпицентр которых расположен на востоке и к северу от Иссык-Кульской впадины.

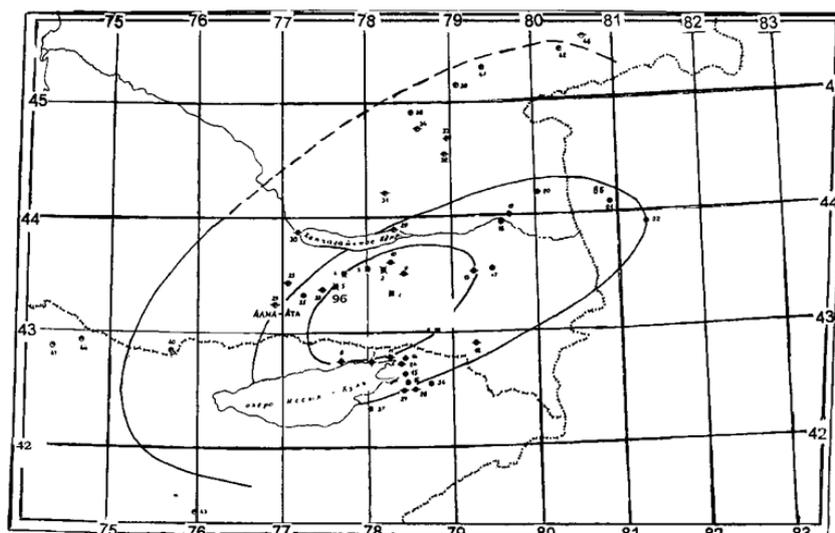


Рис. 1. Карта изосейст Чиликского землетрясения 11 июля 1889 года [1].

Некоторые из активных разломов (т.е. разломы, крылья которых смещались в позднем плейстоцене-голоцене) в предполагаемой эпицентральной области, включая разломы, которые могли быть связаны с Чиликским землетрясением, ранее были закартированы [12,5], с использованием аэрофотоснимков и полевых исследований. Регион характеризуется сложной мозаикой активных структур (рис. 2), и несколько сегментов этих разломов характеризуются свежими уступами, визуально сопоставимых с уступами, возникшими при Кеминском землетрясении 1911 г. Естественным кандидатом на

разлом, по которому могло произойти вспарывание при Чиликском землетрясении является Байсорун-Чиликский разлом, который является продолжением древней Кемино-Чиликской активной зоны [5,13,14]. Западная часть этой системы разломов (в основном в долине долины р.Чон-Кемин) была реактивирована при Кеминском землетрясении 1911 года.

Богданович и другие [7] также нанес на карту трещины в самой верхней части долины Чилик, и несколько трещин, связанных с массовыми сходами оползней в нижней части указанной долины.

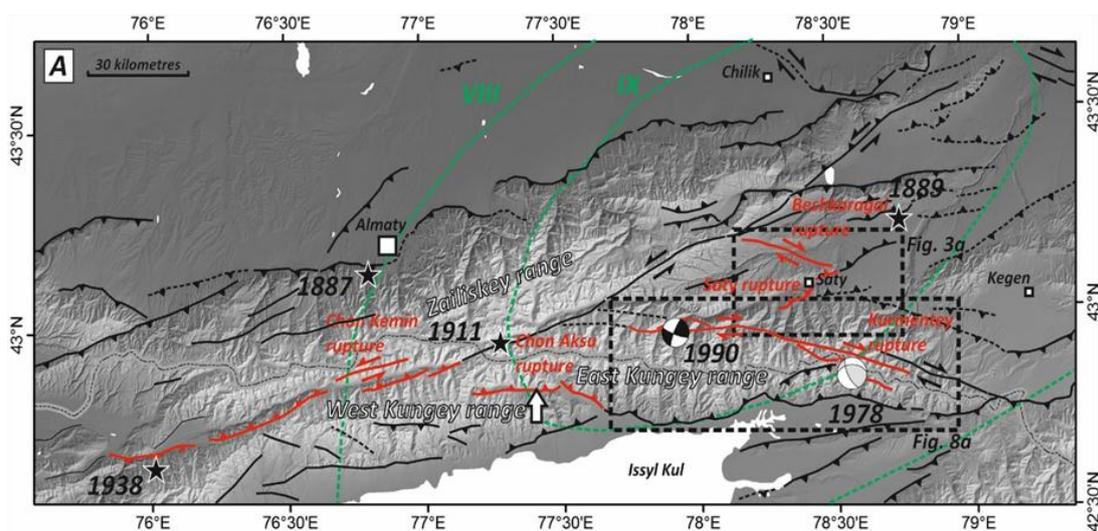


Рис. 2. Новейшие и активные разломы восточной части Северного Тянь-Шаня [15].

Основные разломы показаны черным. Поверхностные разрывы сильных землетрясений показаны красным. Поверхностные разрывы Кеминского землетрясения 1911 года приведены по данным [9]. Разрывы Чиликского землетрясения 1889 показаны по нашим собственным данным и данным [7,15]. Изосейсты двух землетрясений показаны по данным [9]. Черные звездочки указывают на эпицентры исторических землетрясений [11].

Проведенные нами исследования показывают [15], что молодые разломные уступы наблюдаются, например, вдоль разлома Саты, а также вдоль Байсорун-Чиликского и Бескарагайского разломов (рис. 2) и могут быть связаны с землетрясением 1889 года. Отметим, что в данном регионе не зафиксировано других сильных землетрясений больших, чем М6.5, начиная с 1770 года нашей эры. Однако общая длина этих разрывов составляет только около 70 км, при этом величина смещений колеблется между 3-6 м для левых сдвигов и 6-8 м вертикальных смещений для разломов Саты и Байсорун-Чилик и около 3-4,5 м вдоль Бескарагайского разлома, соответственно. Оба разлома имеют крутонаклонные или почти вертикальные сместители, на небольшой глубине у поверхности, становящихся почти горизонтальными, как видно, например, по разлому Саты. Интересно, что поверхностные трассы этих разломов расходятся к западу от предполагаемого эпицентра Чилик между реками Чилик и Чарын. Выяснить, являются ли указанные уступы результатом одного события или же это кумулятивный результат нескольких событий на сегодняшний день не представляется возможным.

Бескарагайский разлом имеет протяженность около 45 км, простирается в направлении 3-СЗ вдоль северного подножия гор Акшолок (рис. 2.). Трассу разлома можно разделить на три

основных сегмента, основываясь на изменении простирания [15]. Западный сегмент простирается на N095° и имеет протяженность 20 км, центральный сегмент протягивается на N118° и имеет протяженность до 16 км, и, наконец, восточный сегмент протягивается в среднем от N090° до N095. Структурный рисунок разрыва сложный с системами эшелонированных разрывов, а в некоторых местах разрыв разветвляется на нескольких параллельных ветвей, затрудняя измерения смещений. Геоморфологические смещения, наблюдаемые на аэрофотоснимках, указывают на правый сдвиг до 3,5 м.

Еще один молодой разрыв прослеживается с перерывами на протяжении около 30 км в эпицентральной области (но не связано с) 1978 г. Жаланаш-Тюпского землетрясения (рис. 2). Этот разрыв был закартирован [16] во время полевых исследований и был продолжен нами на расстоянии около 100 км [15]. Уступ попадает в эпицентральную зону Чиликского землетрясения и таким образом, его возникновение могло быть связано с этим событием. Эти разрывы протягиваются вдоль кыргызско-казахстанской границы, которая расположена на высоте более 3000 м, в отдаленном районе часто покрытом снегом и характеризуется свежими и переработанными моренами и ледниковыми озерами. Не исключено, что многие свидетельства молодых разрывов все еще не обнаружены.

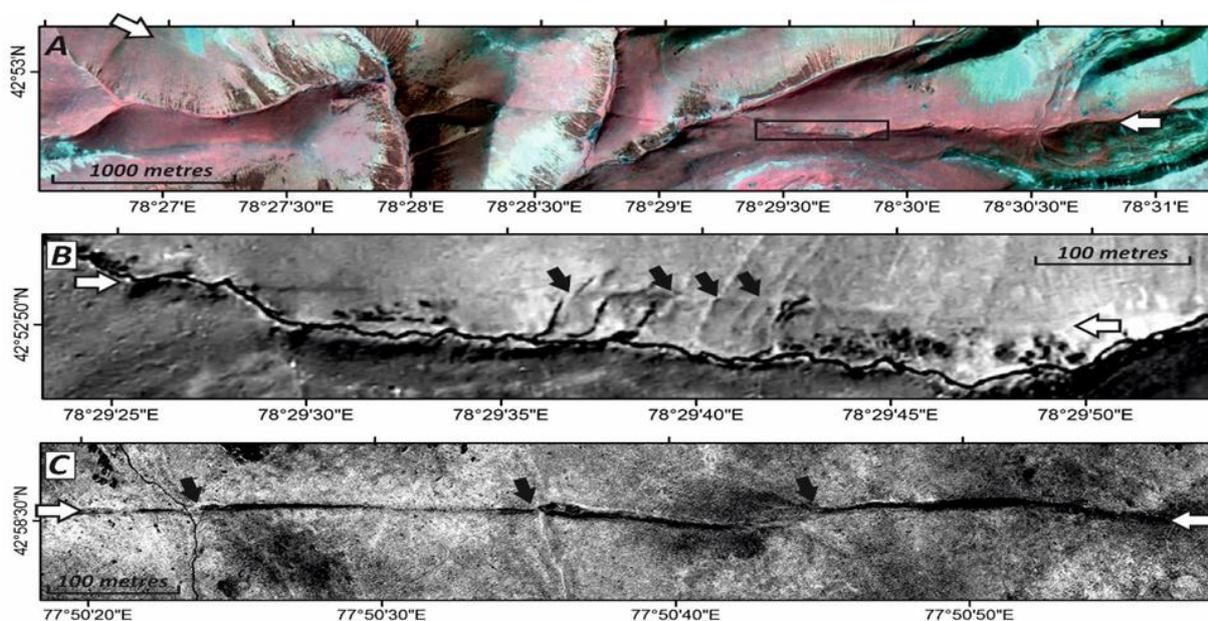


Рис. 4. Примеры активных разломов, закартированных в пригребневой части Кунгейского хребта (севернее сс. Талдысу, Шаты и др.) [15]. Отметим, что правосторонние смещения, вдоль линии свежих уступов, также наблюдаются в крупных речных долинах, которые смещены от 400 м до >1 км.

В районе селения Саты (долина р. Чилик) описана серия хорошо сохранившихся уступов. Они встречаются в двух субширотных сегментах. Восточный сегмент длиной ~ 7 км, протягивается в направлении N080° по краю горного хребта Акшолоак. Западный сегмент, протяженностью 10 км простирается в направлении N070° на южной стороне реки, между сс. Саты и

Курменты. Между этими двумя сегментами имеется отрезок длиной около 3 км с азимутом простираения N030°, который хороший виден непосредственно к юго-востоку от деревни Саты (рис. 5). Все уступы крутые непрерывные и сохранили свежий вид во многих местах, и частично заполненные трещины в верхних частях уступов.

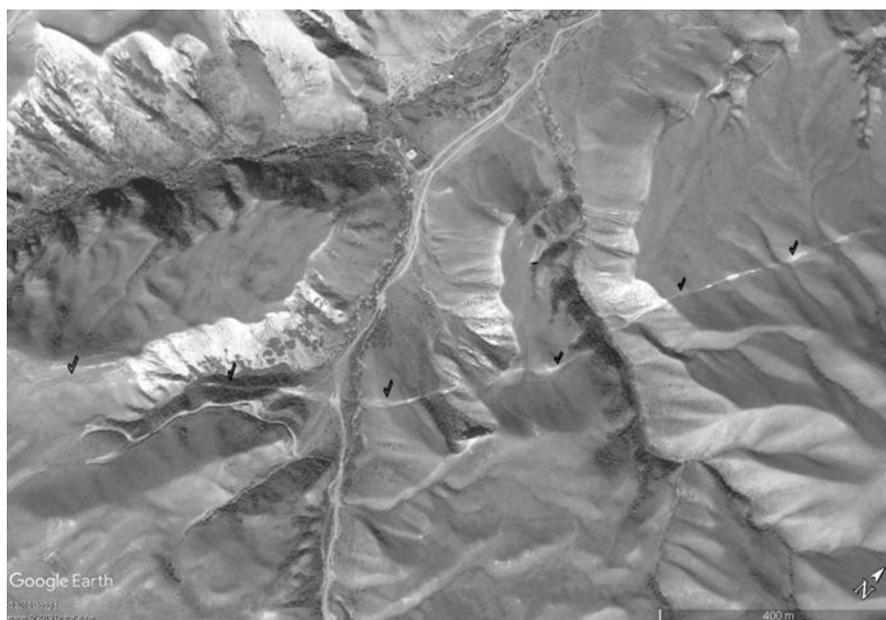


Рис. 5. Трасса разлома Саты. Отчетливо видны левосторонние смещения.

В зоне разлома нами [15] пройдена траншея, которая показала, что по всей видимости, уступ разлома Саты сформировался за одно землетрясение в течение последних ~ 700 лет. Предыдущее событие произошло в пределах разлома 5-6 тыс. лет тому назад. Кроме события 1889 года, никакого другого сильного землетрясения не зарегистрировано в последние ~ 700 лет в регионе долины Чилик и, таким образом, можно предполагать, что разрыв Саты образовался при Чиликском землетрясении 1889 года.

Таким образом, описанные нами в эпицентральной зоне Чиликского землетрясения 1889 года, активные отрезки разломов северо-западного простираения (Бешкарагайский, Курментинский и Сатинский) общей протяженностью 175 км по всей видимости, являются выходом очага указанного землетрясения на поверхность. Описанные разломы расположены в форме "Z" и имеют смещение, которое варьирует от косо левостороннего смещения по направлению WSW-ENE до правостороннего смещения по направлению WNW-ESE. Такая картина, хотя и

необычна, совместима с общим сокращением ~ N-S в северном Тянь Шане [17,18] и разрывы в сопряженных левосторонних и правосторонних разломах при одном землетрясении известны из других примеров [19,20].

Литература:

1. Джанузаков К.Д., Омуралиев М.О., Омуралиева А., Ильясов Б.И., Гребенникова В.В. Сильные землетрясения Тянь-Шаня. - Бишкек: Илим, 2003. - 216 с.
2. Мушкетов И.В. Материалы для изучения землетрясений России. / Изв. РГО, 27, Вып.1, 2; 35. - СПб., 1891.
3. Кондорская Н.В., Шебалин Н.В. (ред.) Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. - М.: Наука, 1977. - 536 с.
4. Bindi, D., Parolai, S., Gomez-Capera, A., Locati, M., Kalmetyeva, Z., & Mikhailova, N., 2014. Locations and magnitudes of earthquakes in Central Asia from seismic intensity data, *Journal of Seismology*, 18(1), 1{21. ISSN 1383-4649, doi: 10.1007/s10950-013-9392-1.
5. Tibaldi, A., Graziotto, E., Forcella, F., & Gapich, V. H., 1997. Morphotectonic indicators of Holocene faulting in central Tien Shan, Kazakstan, and geodynamic implications., *Journal of Geodynamics*, 23(1), 23{45, Provided

- by the SAO/NASA Astrophysics Data System. doi: 10.1016/S0264-3707(96)00021-X.
6. Abdrakhmatov K.E., Djanuzakov K.D., & Delvaux D., 2002. Active Tectonics and Seismic Hazard of the Issyk-Kul Basin in the Kyrgyz Tian-Shan, In Lake Issyk-Kul: Its Natural Environment, pp. 147{160, eds. Klerkx, J. & Imanackunov, B. Springer Netherlands, NATO Science Series.
 7. Богданович К.И., Карк И.М., Корольков Б.Я., Мушкетов Д.И. Землетрясения в северных цепях Тянь-Шаня 12 декабря 1910 года (4.1.1911г.). / Труды Геол. Ком. Новая сер. - Выпуск 89, 1914.
 8. Delvaux D., Abdrakhmatov K.E., Lemzin I. N., & Strom A.L., 2001. Landslides and surface breaks of the 1911 Ms 8.2 Kemin earthquake, Russian Geology and Geophysics, 42, 1167-1177.
 9. Arrowsmith J.R., Crosby C.J., Korjenkov A.M., Mamyrov E., Povolotskaya I., Guralnik B. and Landgraf A. (2015), Surface rupture of the 1911 Kemin (Chon-Kemin) earthquake, northern Tien Shan, Kyrgyzstan, in revision for "Seismicity, Fault Rupture and Earthquake Hazard in Slowly Deforming Regions", Geol. Soc. of London Spec. Publ.
 10. Blaser L., Kruger F., Ohrnberger M., & Scherbaum F., 2010. Scaling relations of earthquake source parameter estimates with special focus on subduction environment., Bulletin of the Seismological Society of America, 100(6), 2914{2926. doi: 10.1785/0120100111.
 11. Kulikova, G. & Kruger, F., 2015. Source process of the 1911 M8.0 Chon-Kemin earthquake: investigation results by analogue seismic records., Geophysical Journal International, 201(3), 1891{1911. doi:10.1093/gji/ ggV091
 12. Гапич В.А., Тимуш А.В., Чабдаров Н.М. Сейсмодислокации Южного Казахстана, Алма-Ата. Инс-т сейсмологии АН Каз.ССР, 1989 / Деп. ВИНТИ 12.04.89, 32420-B89.
 13. Абдрахматов К.Е., Джумабаева А.Б., Джанабилова С.О. Новейшая структура Северного Тянь-Шаня и Чилико-Кеминская транспрессионная зона / Республиканский научно-теоретический журнал «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана», №3. - Бишкек, 2015. - С. 48-52.
 14. Абдрахматов К.Е., Джанабилова С., Ельдеева М. Сейсмическое районирование и активные разломы. / Республиканский научно-теоретический журнал «Известия вузов Кыргызстана», №2. - Бишкек, 2015. - С. 66-68.
 15. Abdrakhmatov, K.E., et al. (2016), Multisegment rupture in the 11 July 1889 Chilik earthquake (Mw 8.0-8.3), Kazakh Tien Shan, interpreted from remote sensing, field survey, and paleoseismic trenching, J. Geophys. Res. Solid Earth, 121, doi: 10.1002/2015JB012763.
 16. Crosby C., Arrowsmith J., Korjenkov A., Guralnik B., Mamyrov E., & Povolotskaya I., 2007. The Hunt for Surface rupture from the 1889 Ms8.3 Chilik earthquake, Northern Tien- Shan, Kyrgyzstan and Kazakhstan. Eos Trans. AGU, 88(52), Fall Meet. Suppl., Abstract T23D-1635, Poster Presentation, Available at: http://activetec-tonics.la.asu.edu/N_tien_shan/N_tien_shan.html
 17. Tapponnier P., and Molnar P. (1979), Active faulting and Cenozoic tectonics of the Tien Shan, Mongolia, and Baykal regions, J. Geophys. Res., 84(B7), 3425-3459, doi: 10.1029/JB084iB07p03425.
 18. Campbell G.E., Walker R.T., Abdrakhmatov K., Jackson J., Elliott J.R., Mackenzie D., Middleton T., and Schwenninger J.L. (2015), Great earthquakes in low strain rate continental interiors: An example from SE Kazakhstan, J. Geophys. Res. Solid Earth, 120, 5507-5534, doi: 10.1002/2015JB011925.
 19. Elliott J.R., Nissen E.K., England P.C., Jackson J.A., Lamb S Li., Z., Oehlers M., and Parsons B. (2012). Slip in the 2010-2011 Canterbury earthquakes, New Zealand, J. Geophys. Res., 117, B03401, doi: 10.1029/2011JB008868.
 20. Rizza M., et al. (2015), Earthquake Geology of the Bulnay Fault (Mongolia), Bull. Seismol. Soc. Am., 105(1), 72-93.

Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Муралиев А.М.