

*Муканбаев А.С., Абдрахматов К.Е.***ЗАМАНБАП СЕЙСМИКАЛЫК ЖАНА ЧЫГЫШ ДЖУНГАР ЖАРАКА
ЗОНАСЫНДА БАЙЫРКЫ ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨРДҮН ИЗДЕРИ***Муканбаев А.С., Абдрахматов К.Е.***СОВРЕМЕННАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ И СЛЕДЫ ДРЕВНИХ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЗОНЕ ВОСТОЧНО-ДЖУНГАРСКОГО РАЗЛОМА***A.S. Mukanbaev, K.E. Abdrakhmatov***MODERN SEISMICITY AND TRACES OF ANCIENT EARTHQUAKES
IN THE ZONE OF THE EAST DZHUNGARSK FAULT**

УДК: 550.34(575.2):24

Геологиялык өткөн мезгилдин баишталгыч зоналарын жана азыркы сейсмикалуулукту салыштырууда азыркы негизги сейсмикалык иш-аракет Жаманты дарыясы жакта экендигин көрсөтөт, бул жерде силкинүү күчү болжол менен Mw 7 барабар болгон байыркы жер титирөөнүн пайда болушунун белгилери бар экендиги аныкталган. Катталган заманбап жер кыртышынын кыймылынан келип чыккан жер титирөөлөрдүн окуянын максималдуу чоңдугу $M = 4.3$, энергетикалык класс $K = 10.5$ болгон. Байыркы болуп откон очоктук зоналардын азыркы доордо мындай активдешүүсү көп жолу байкалган келген. Жакынкы геологиялык өткөн мезгилде Чыгыш Джунгар жарака зонасында болгон заманбап сейсмиканы жана байыркы жер титирөөлөрдүн издерин мейкиндикте салыштыруу байыркы очок зонасынын келип чыккан активдешкендигин, андан кийин күчтүү сейсмикалык окуянын келип чыккандыгын белгилеп көрсөтүү мүмкүн.

Негизги сөздөр: сейсмоструктура, Джунгар, жер титирөө, сейсмикалык күч, жарака, эрозия, чоңдук, байыркы жер титирөөлөр, булак, зона.

Сопоставление очаговых зон геологического прошлого и современной сейсмичности показывает, что основная современная сейсмическая активность приурочена к району р. Жаманты, где имеются признаки выхода на поверхность земли в виде уступа, очаг древнего землетрясения с моментной магнитудой Mw примерно равной 7.0. Максимальная магнитуда современного события составляла $M=4,3$ энергетический класс $K=10,5$. По имеющимся данным, подобная активизация древних очаговых зон в Восточно-Джунгарского разлома современную эпоху наблюдалось неоднократно. Пространственное сопоставление современной сейсмичности и следов древних землетрясений выраженных на поверхности рельефа в виде разрыва изучаемого района, которые имели место в недалеком геологическом прошлом в зоне Восточно-Джунгарского разлома может свидетельствовать об активизации древней очаговой зоны, с последующим возникновением сильного сейсмического события.

Ключевые слова: сейсмоструктура, Джунгар, землетрясения, сейсмичность, разлом, разрыв, эрозия, магнитуда, древние землетрясения, очаг, зона.

Comparison of the source zones of the geological past and modern seismicity shows that the main modern seismic activity is confined to the area of the river. Zhamanty, where there are signs of the emergence of an ancient earthquake with a moment magnitude Mw approximately equal to 7.0. The maximum magnitude of the modern event was $M = 4.3$, energy class $K = 10.5$. Such activation of ancient focal zones in the modern era has been observed many times. A spatial comparison of modern seismicity and traces of ancient earthquakes that took place in the recent geological past in the zone of the East Dzhungar fault may indicate the activation of the ancient source zone, followed by the occurrence of a strong seismic event.

Key words: seismotectonics, Dzhungar, earthquakes, seismicity, fault, rupture, erosion, magnitude, ancient earthquakes, source, zone.

Джунгарский разлом (Восточно-Джунгарский разлом) протягивается почти на 300 км с юго-востока на северо-запад и ограничивает Джунгарскую мегантиклинь с северо-востока. На всем протяжении разлома отчетливо видны свидетельства новейшей активности.

Значение Джунгарского разлома в неотектонике Восточного Прибалхашья подчеркивалось большинством исследователей и освещалось в ряде статей [1, 2]. Указанные исследователи отметили шарнирный характер вертикальных движений по разлому с изменением амплитуд смещений от 0 до 1,5-2 км и более. К. В. Курдюков [1] установил сдвиги сухих русел по Джунгарскому разлому, однако значительные новейшие горизонтальные движения были неизвестны.

Особое место в изучении Джунгарского разлома принадлежит В.И. Войтовичу [3].



Рис. 1. Джунгарский разлом на Google Earth. Линия разлома показана стрелками.

Его исследования позволили выяснить положение Джунгарского разлома в общем структурном плане Восточного Прибалхашья и его роли в геологическом строении и истории развития прилегающей территории. Указанный исследователь произвел детальное изучение зоны Главного Джунгарского и ряда других разломов Джунгарской системы, характера движений по ним и приразломных пликтивных и дизъюнктивных дислокаций. Рассмотрение этих во многом взаимосвязанных вопросов позволило выявить природу Джунгарского разлома, определить, является ли он глубинным, установить основные черты его строения и истории развития.

Позже, работами А.А. Никонова, В.Г. Трифонова и других [4, 5] было установлено, что разлом Джунгарский разлом является правым сдвигом со скоростью смещения 2-5 мм/год.

Сейсмический мониторинг территории Джунгарии производится как региональными, так и глобальными станциями. В последние десять лет в

Джунгарии наблюдается резко нестабильная ситуация. С 2007 г. произошла активизация слабой сейсмичности. Причем увеличение количества землетрясений затронуло разные энергетические диапазоны событий – с магнитудой 3 и более, 4 и более, 5 и более [7]. Наблюдаемый тренд в изменении количества событий с магнитудой 5 и более свидетельствует о росте напряженности в этом регионе [7].

На рисунке 1 представлена карта эпицентров землетрясений Джунгарии за период 1991-2017гг. по данным международного сейсмологического центра (ISC) [6]. Непосредственно на самом Джунгарском разломе слабая сейсмическая активность тоже возросла. На рисунке 2 приведена карта эпицентров землетрясений района Джунгарского разлома за 2018-2019. по данным Центра Данных РГП ИГИ МЭ РК. Основная сейсмическая активность приурочена району р. Жаманты, где разлом пересекается с Колпаковским грабеном. Максимальная магнитуда $M=4,3$ энергетический класс $K=10,5$.

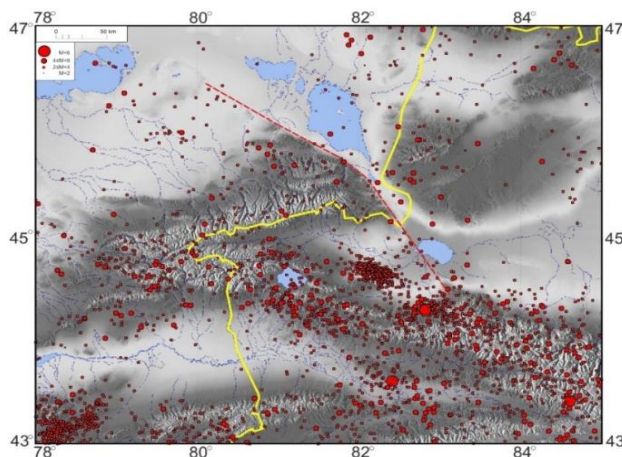


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Джунгарии за 1991-2017гг. по данным международного сейсмологического центра (ISC).

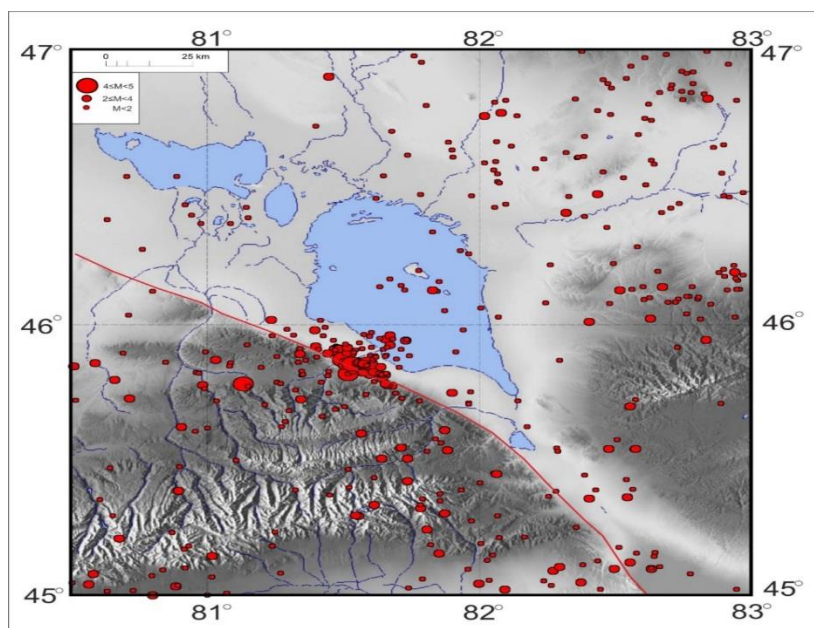


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений в районе Джунгарского разлома в 2018-2019 гг. по данным Центра Данных РГП ИГИ МЭ РК.

Современные исследования [8] показали, что скорость сдвига составляет 2.2 ± 0.8 мм/год. При этом, только в одном месте вдоль центральной части Джунгарского разлома наблюдается возможный разрыв палеоземлетрясения. Этот участок интерпретируется как выход на поверхность очага землетрясения, потому что можно наблюдать четкое начало и конец уступа, который имеет весьма свежий внешний вид и хорошо виден как на спутниковых изображениях (рис. 4а) так и непосредственно в поле (рис. 4б). Разрыв на этом участке является непрерывным, имеет субвертикальный уступ высотой ~ 1.6 м, который хорошо сохранился на поверхности пролювиальных конусов выноса (рис. 4.) между координатами $45^{\circ}59'N$, $81^{\circ}08'E$ и $45^{\circ}50'N$, $81^{\circ}29'E$. Разрыв прослежен в полевых условиях от $45^{\circ}59'N$, $81^{\circ}08'E$ на расстоянии ~ 32 км на юг, до долины реки Жаманты, где уступ теряется.

Вдоль наблюдаемого разрыва не наблюдалось правого смещения, что позволяет предположить, что это событие размещало взбросовую компоненту общего укорочения земной коры в этом районе, что, вероятно, связано с формированием форберговых структур, которые также наблюдались также вдоль центральной части Джунгарского разлома [8]. Это

наблюдение указывает на то, что, несмотря на свою протяженность в ~ 300 км в длину, разлом может вспарываться в виде коротких сегментов, которые связаны с разделением смещения на сдвиговую и взбросовую компоненту сокращения. Имея это в виду, если соотношение смещения к разрыву длины (U/L) в землетрясениях имеет типичное значение $\sim 5 \times 10^{-5}$ (Scholz, 1982), и если общий ~ 32 -километровый разрыв между долиной реки Тентек и долиной реки Жаманты является результатом одного землетрясения, ожидаемая средняя величина смещения по падению будет составлять около 1.6 м. Это примерно соответствует вычисленному смещению в 2,3 м для разлома с углом падения 45° с вертикальным смещением 1,6 м. Из соотношения $M_0 = \mu A$ и, сейсмический момент составляет $M_0 4.4 \times 10^{19}$ Nm и является характерным для землетрясения с поверхностным разрывом, который активизировался в протяжении 32 км, при глубине ~ 20 км, и при угле падения 45° . Эта оценка принимает значение 3×10^{10} Н · м⁻² для модуля сдвига (μ) и типичной глубины землетрясений в центральной части Тянь-Шаня в 15-20 км и дает моментную магнитуду M_w примерно равную 7.0 [8].

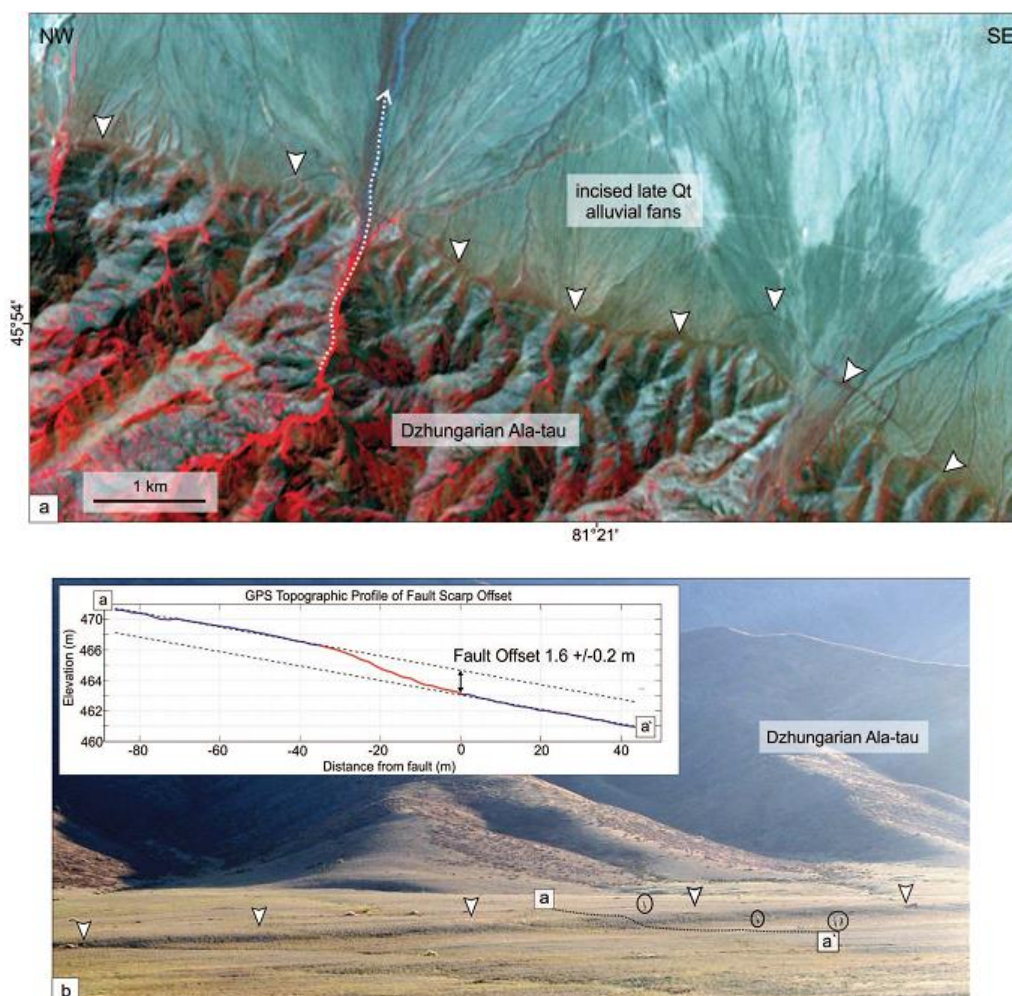


Рис. 4 (а) Космоснимок ASTER, показывающий центральную часть палеоразрыва, протяженностью примерно 32-км, сохранившегося в позднеплейстоценовых аллювиально-пролювиальных конусах выноса в междуречье р. Тентек на северо-западе и долиной р. Жаманты на юго-востоке; **(б)** Вид на юго-западную часть разрыва. На вкладке - профиль, пройденный перпендикулярно к простиранию разрыва. Величина вертикального смещения составляет около ~ 1.6 м [8].

Однако если рассматривать длину разрыва 100 км, например, при землетрясении, которое может вспороть несегментированные юго-восточные и северо-западные отрезки Джунгарского разлома, и предполагая значение мощности сейсмогенного слоя равной 20 км, моментная магнитуда может достигать M_w 7.6.

Grutznier et al. [9] в пределах описанного выше активизированного отрезка Джунгарского разлома, в долине ручья Аюсай, датировали уступ, высотой около 8 метров, который возник на поверхности около 400 лет назад. Другой уступ, высотой около 5 метров,

расположенный выше по долине ручья, оказался гораздо древнее и имеет возраст около 4 тыс. лет (рис. 5). Таким образом, эти данные свидетельствуют о том, что на протяжении последних 4 тыс. лет, в данной местности произошло два крупных землетрясения, приведших к возникновению поверхностных разрывов. Интересно, что ранее Г.Кэмпбелл и другие [8] пришли к выводу, что примерно 400 лет тому назад, сильное сейсмическое событие имело место на Лепсинском разломе, восточное окончание которого расположено примерно 30 км западнее места, где были проведены исследования Grutznier et al. [9].

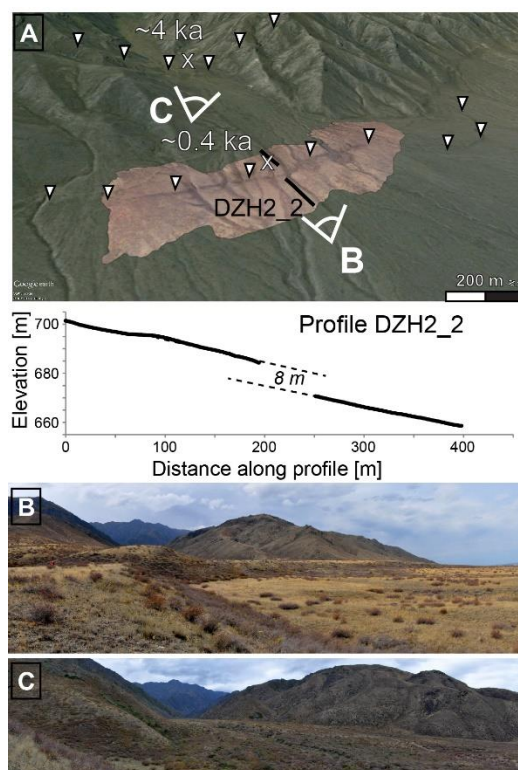


Рис. 5. Свежие уступы в долине ручья Аюсай [9]. (А) – восьмиметровое вертикальное смещение и горизонтальные подвижки закартированы в пределах нижнего уступа. Примерно 5 метров вертикального смещения наблюдаются в верхнем уступе. Радиоуглеродные датировки возраста показывают, что нижний уступ возник примерно 400 лет назад, а верхний – около 4000 лет назад. (В) – вид на нижний уступ. (С) – вид на верхний уступ.

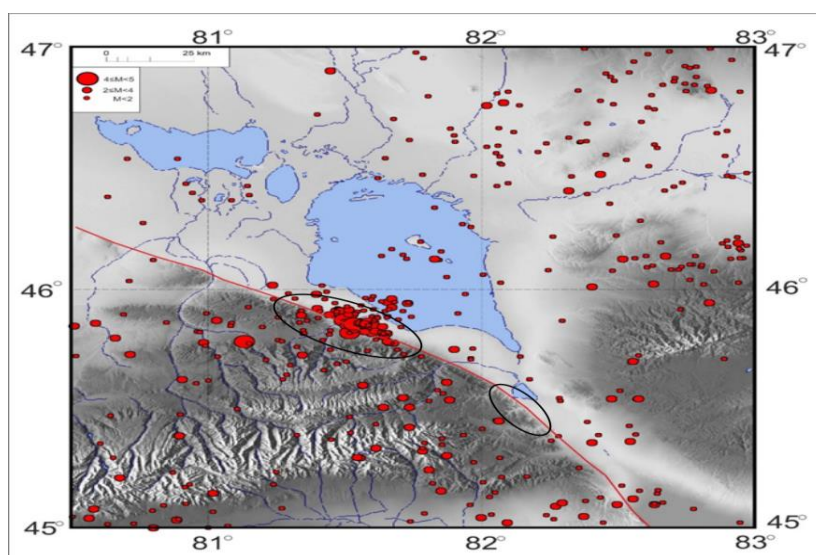


Рис. 6. Сопоставление очаговых зон геологического прошлого и современной сейсмичности. Черными эллипсами показаны очаговые зоны сильных землетрясений прошлого. Остальные условные обозначения на рисунке.

Сопоставление очаговых зон геологического прошлого и современной сейсмичности (рис. 6) показывает, что основная современная сейсмическая активность приурочена району р. Жаманты, где имеются признаки выхода на поверхность очага древнего землетрясения с моментной магнитудой M_w примерно равной 7.0. Максимальная магнитуда современного события составляла $M=4,3$ энергетический класс $K=10,5$.

Необходимо отметить, что подобная активизация древних очаговых зон в современную эпоху наблюдалось неоднократно. Например, в зоне сочленения Памира и Тянь Шаня 11 августа 1974 года произошло Маркансуйское землетрясение, 17 энергетического класса. Через 46 лет, в эпицентральной зоне этого землетрясения произошло Акетаоское 2016 года с энергетическим классом 15, 4. [10,11].

Таким образом, пространственное сопоставление современной сейсмичности и следов древних землетрясений, которые имели место в недалеком геологическом прошлом в зоне Восточно-Джунгарского разлома может свидетельствовать об активизации древней очаговой зоны, с последующим возникновением сильного сейсмического события.

Литература:

1. Курдюков К.В. Современные разломы вдоль подножия Джунгарского Алатау // Природа. - 1953. - №12.
2. Афоничев Н.А. Новейшая тектоника и рельеф северного склона Джунгарского Алатау. Вопросы географии Казахстана. - Алма-Ата, 1960. - Вып. 7.
3. Войтович В.С. Природа Джунгарского разлома. - М.: Труды АН СССР, 1969. - С. 220-249.
4. Никонов А.А. Голоценовые и современные движения земной коры. - М.: Наука, 1977. - 240 с.
5. Трифонов В.Г., Соболева О.В., Трифонов Р.В., Востриков Г.А. Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизийного пояса. - М.: ГЕОС, 2002. - 225 с.
6. Международный сейсмологический центр <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/catalogue/>
7. Михайлова Н.Н. Новые детали сейсмической истории и современной сейсмичности Джунгарии / Н.Н. Михайлова, А.С. Мукамбаев, Н.Н. Полешко, И.Л. Аристова // Вестник НЯЦ РК. - 2019. - Вып. 2. - С.81-87.
8. Campbell G.E., Walker R.T., Abdrakhmatov K., Schweninger J.L., Jackson J., Elliott J.R. and Copley A. The Dzhungarian fault: Late Quaternary tectonics and slip rate of a major right-lateral strike-slip fault in the northern Tien Shan region, J.Geophys. Res. Solid Earth. - 2013. - 118, 5681-5698, doi:10.1002/jgrb.50367.
9. Grützner C., Carson E., Walker R.T., Rhodes E., Mukambaev A., Moldobaev A., et al. Assessing the activity of faults in continental interiors: Palaeoseismic insights from SE Kazakhstan. Earth and Planetary Science Letters. - 2017. - 459. - 93-104.
10. Кучай О.А., Кальметьева З.А., Козина М.Е., Абдрахматов К.Е. Поля напряжений по афтершокам сильнейших землетрясений Тянь-Шаня // Геодинамика и тектонофизика. - 2017. - Т.8. - №4. - С. 827-848. doi:10.5800/GT-2017-8-4-0319.
11. Абдрахматов К.Е., Фролова А.Г., Багманова Н.Х., Берёзина А.В., Першина Е.В., Молдобекова С. Акетаоское землетрясение 25 ноября 2016 г. (КНР) с $K_p=15.4$ и его проявление на территории южного Кыргызстана. / Вестник института сейсмологии НАН КР. - Вып. №2(16). - 2020.