

УДК 551.24.05

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

ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВЫЕ НАРУШЕНИЯ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛАБУГА-НАРЫНСКОЙ ВПАДИНЫ (РАЙОН АК-ТАЛАА, НАРЫНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Аннотация. В статье изложены результаты изучения позднеплейстоцен-голоценовых тектонических деформаций и оценки скорости смещения крыльев разломов юго-западной части Алабуга - Нарынской впадины. Определены параметры разломов— тип, амплитуда и скорость смещений, которые необходимы при анализе сейсмической опасности региона.

Ключевые слова: сеймотектоника, активный разлом, скорость смещения разлома, палеосейсмодислокации.

АЛАБУГА-НАРЫН ОРООНУН ТУШТУК-БАТЫШ ТАРАБЫНЫНДАГЫ КИЙИНКИ ПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНДЕГИ БУЗУЛУУЛАР (АК-ТАЛАА РАЙОНУ, НАРЫН ОБЛУСУ)

Кыскача мазмуну. Бул макалада Алабуга-Нарын ойдуңунун түштүк-батыш бөлүгүндөгү плейстоцен-голоцендин аягындагы тектоникалык деформацияларды изилдөө жана жаракалардын жылышуу ылдамдыгын баалоо сунушталат. Региондун сеймикалык кооптуулугун талдоо үчүн зарыл болгон жаранкалардын параметрлери – түрү, амплитудасы жана жылышынын ылдамдыгы аныкталат.

Негизги сөздөр: сеймотектоника, активдүү жарака, жаракалардын жылышуу ылдамдыгы, сеймикалык тектирчелер.

LATE PLEISTOCENE-HOLOCENE DISTURBANCES IN THE SOUTH-WESTERN PART OF THE ALABUGA-NARYN DEPRESSION (AK-TALAA AREA, NARYN REGION)

Abstract. This article presents a study of late Pleistocene-Holocene tectonic deformations and estimates of fault displacement rates in the southwestern part of the Alabuga-Naryn Depression. Fault parameters—type, amplitude, and displacement rate—are determined, which are essential for analyzing the region's seismic hazard.

Keywords: seismotectonics, active fault, fault displacement rate.

На существующей нормативной карте сейсмического районирования территории Кыргызской Республики выделена подзона Байбичетоо, где могут происходить землетрясения с максимальной магнитудой до 7.5 [1]. Эта подзона связана с активными кулисообразно расположенными разломами Жамантоо (31) и Байбичетоо (29) (рисунок 1), которые ограничивают Алабуга-Нарынскую впадину с юга и юга-востока от одноимённых поднятий. Переходы по простиранию севервергентного поднятия Жамантоо и южновергентного поднятия Байбичетоо наблюдаются в пределах верхней части долины р. Терек. Их общие параметры (типы, углы падения, предельные максимальные длины разломов или сегментов и максимальные магнитуды) (таблица 1) были определены в работах [2-3].

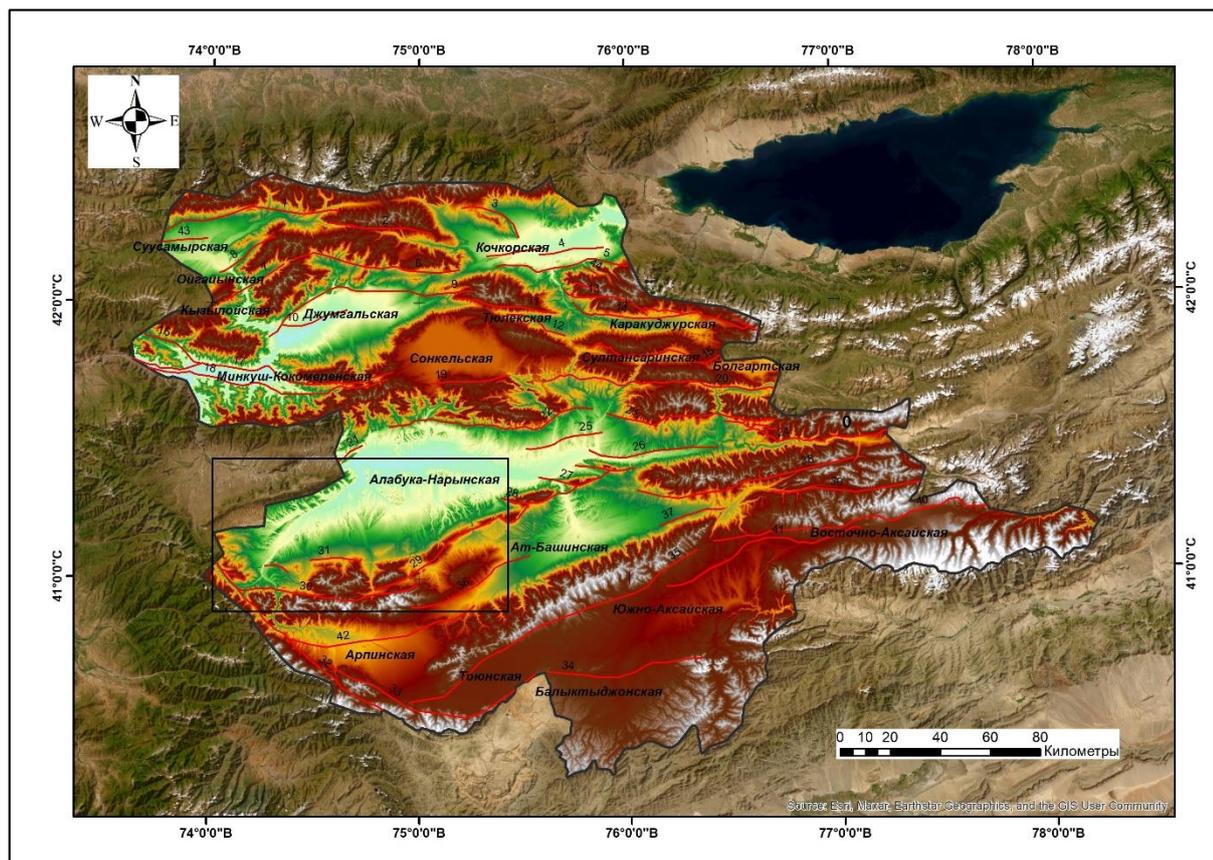


Рисунок 1. Цифровая модель рельефа с активными разломами на территории Нарынской области. Изученный район выделен чёрным прямоугольником.

Таблица 1 - Общие характеристики активных разломов по данным [2].

№	Разлом и его сегменты	Тип разлома	Предельная максимальная длина (км)	Максимальная магнитуда		
				M_w	M_S	M_{LN}
1.	Жамантоо (южный)	взброс	80	7.32	7.39	7.43
2.	Жамантоо (северный)	взброс	25	-	-	-
3.	Байбичетоо	взброс	70	7.25	7.32	7.35

В пределах Алабуга-Нарынской впадины и её горного обрамления распространены многочисленные сейсмодислокации сеймотектонического и сейсмогравитационного типов. Они группируются вдоль активных разломов Байбичетоо и Жамантоо [4-5]. Вдоль северного подножия гор Жамантоо выявлена зона молодых взбросов и надвигов, протяжённость которой составляет не менее 30 км. Локальные сеймотектонические разрывные дислокации, приуроченные к зоне разлома Северный-Жамантоо, выходят между долинами рек Жергетал и Жамандаван (рисунок 2). Этот участок был детально изучен с участием китайских коллег при заложении новой железнодорожной трассы Узбекистан-Кыргызстан-Китай [6].

Надвиговая кинематика нарушений была подтверждена в ходе траншейных исследований. Предварительные данные одной из трёх траншей (Т1) (рисунок 2), проведённой поперёк разлома Северный-Жамантоо, показывает плоскость сместителя, падающую на юг под углом 25°-35°, по которой деформированные лессовидные суглинки в поднятом крыле взброшены на аллювиально-пролювиальные отложения в

опущенном крыле. Мощность покровных лессовидных суглинков, сформировавших «коллювиальные клинья» в нижней части уступа, уменьшается к северу от опущенного крыла. Вертикальное смещение при подвижке превышает 1.5 м. Амплитуды смещения по разрыву, выявленные в остальных траншеях (Т2 и Т3), в целом схожи.

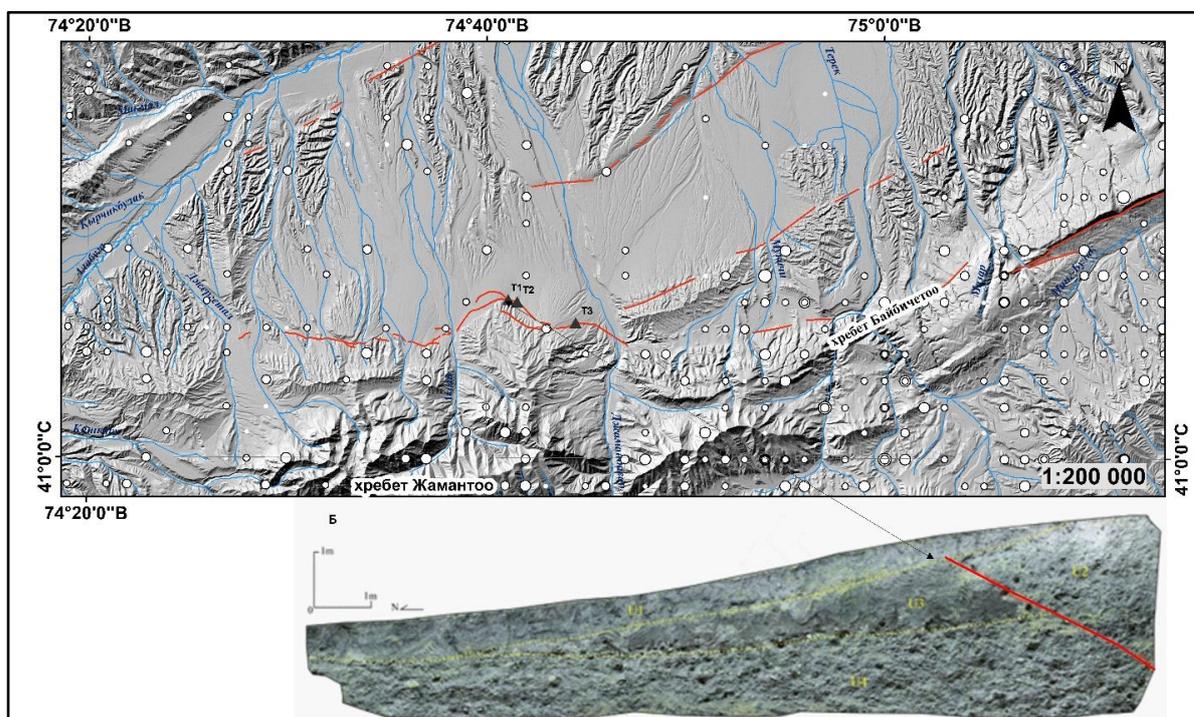


Рисунок 2. Распределение разрывов (красные линии) на северных предгорьях Жамантоо (междуречье Жергетал и Жамандаван) с указанием местоположения траншей (Т1, Т2 и Т3 обозначены чёрными треугольниками) (ЦМР30). Белыми кружочками отмечены эпицентры землетрясений энергетического класса $K_R \geq 10.0$. В нижнем правом углу показана фотография сместителя разрыва в стенке траншеи - Т1 [6].

К юго-востоку от с. Чолок на склоне голоценовой террасы ($Q_{III}^3-Q_{IV}^1$) (рисунок 3) обнажаются миоценовые красноцветные аргиллиты и песчаники, надвинутые на гравийные слои голоцена по разлому. В указанном обнажении падение плоскости разлома составляет около 44° к югу. В противоположном склоне наблюдается вздёрнутая надпойменная терраса высотой около 11 м, что, по-видимому, указывает на сейсмогенную подвижку.

Предполагая, что изученные террасы в этих местах формировались синхронно с террасами в соседних впадинах (Аксай и Атбаши) (по данным Томпсона и других [7]) и коррелируя эти данные с важными климатическими изменениями, оцениваются скорости смещения разлома. Терраса и аллювиальный конус Q_{III}^2 образовались примерно 16.25 ± 1.00 тыс. лет назад, а терраса и аллювиальный конус $Q_{III}^3-Q_{IV}^1$ – примерно 11.31 ± 1.32 тыс. лет назад. Считая, что амплитуда смещения - 11 м и возраст - 11.31 ± 1.32 тыс. лет, вычисленная минимальная скорость смещения составляет 0.97 мм/год. Горизонтальная скорость сокращения равна 1.01 мм/год, а скорость смещения по падению – 1.40 мм/год [6].

Профили, пройденные предгорной части Жамантоо, также показывают вертикальные смещения уступов от 9.6 м до 12.3 м, т.е. в среднем около 11 м. Эта величина согласуется с величиной смещения крыльев разлома рядом с с. Чолок.

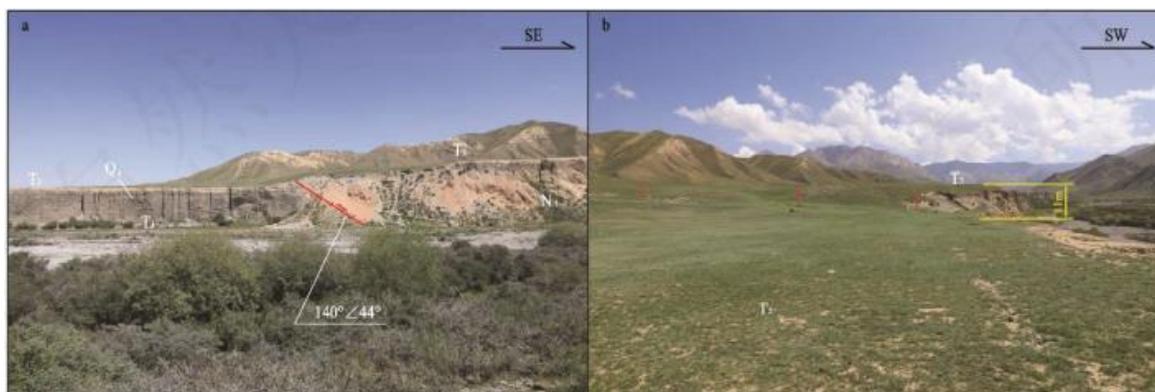


Рисунок 3. Нарушенные голоценовые террасы на юго-восточной части с. Чолок [6].

При выходе реки Аксай из гор на правом склоне сохранились террасовые уровни, смещённые по разлому Северный-Жамантоо (рисунок 4). Эти террасы представляют собой результат взаимодействия климата и активной тектонической деятельности, начиная с позднего плейстоцена. Такие тектонические уступы, образованные активными надвиговыми разломами, могут сохраняться только в подходящих климатических условиях и условиях речной эрозии. Оптимальное время для образования террас приходится на переход от холодного и сухого ледникового периода к тёплому и влажному межледниковому периоду. Смещения крыльев разлома, судя по продольным профилям террас (Т3, Т4 и Т5), составляют 17.0, 28.5 и 43.0 м соответственно (рисунок 4). Предполагается, что разлом возник в позднем плейстоцене. По анализу данных [6], крупные климатические события произошли 17.5, 29.3 и 44.3 тыс. лет назад, что соответствует концу последнего ледникового максимума, концу третьей и пятой стадий Хайнриха. Учитывая эти данные как время формирования террас Т3, Т4 и Т5 и используя величины вертикальных смещений, оценивается скорость смещения разлома. Результаты анализа показывают, что разлом поддерживал постоянную скорость смещений, составляющую приблизительно 0.97 мм/год, начиная с 44.3 тыс. лет.

Такая величина сравнима с величиной смещения по разлому взбросо-надвигового типа Ойнокжар на южной стороне хребта Байбичетоо, где скорость смещения разлома за последние 9.9 тыс. лет оценивается в 0.9 ± 0.3 мм/год [7-8].

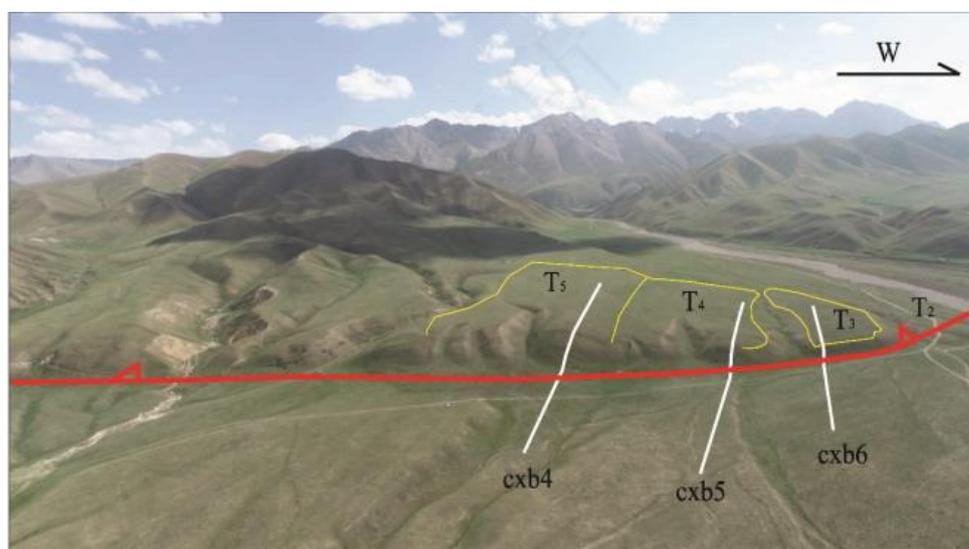


Рисунок 4. Смещение террасовых уровней на правом склоне долины р. Аксай по разлому Жамантоо [6].

Разлом Байбичетоо (29) расположен на северных предгорьях Байбичетоо. Он простирается на северо-восток и имеет общую длину около 70 км [2] (рисунки 1, 2). Разлом прослеживается в обнажении на правом склоне устья реки Терек, где он пересекает 40-метровую террасу (QII) (рисунок 5). Проведённый профиль показывает вертикальную амплитуду смещения около 28 м. Деформированные миоценовые отложения висячего крыла разлома падают на юг, представляя собой типичное складкообразование над разломом, а слои лежачего крыла лежат почти горизонтально. В восточном направлении антиклиналь смята в складку.

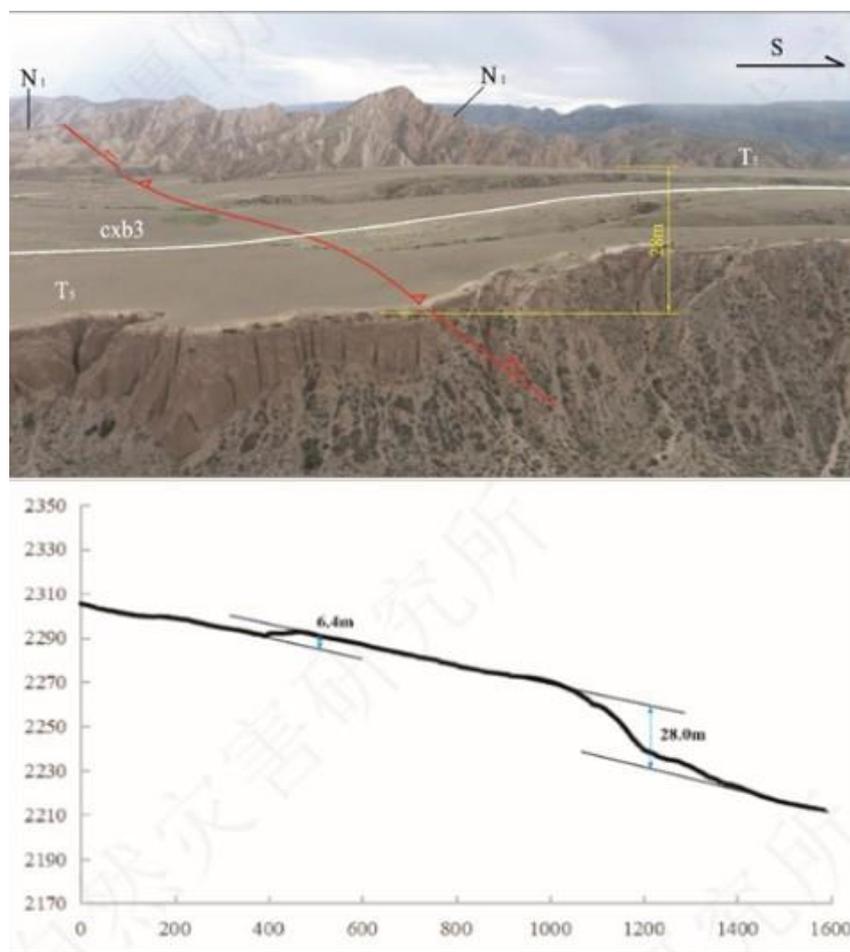


Рисунок 5. Смещение террасы (QII) и его профиль на правом берегу долины реки Терек по разлому Байбичетоо [6].

На противоположном берегу реки эти же отложения неогена контактируют с гравийным слоем позднеплейстоценовой террасы по разлому (рисунок 6). Слои гравия висячего крыла смяты в складку и здесь наблюдаются несколько полого наклонённых надвиговых разломов. Они выходят на поверхности, создавая уступы, показанные на рисунке 7 (а, б). Такое положение разрывов указывает на то, что движение разлома было обусловлено компрессионным сжатием, которое является ключевым фактором в формировании горных сооружений и сейсмической активности в регионах с активными разломами.

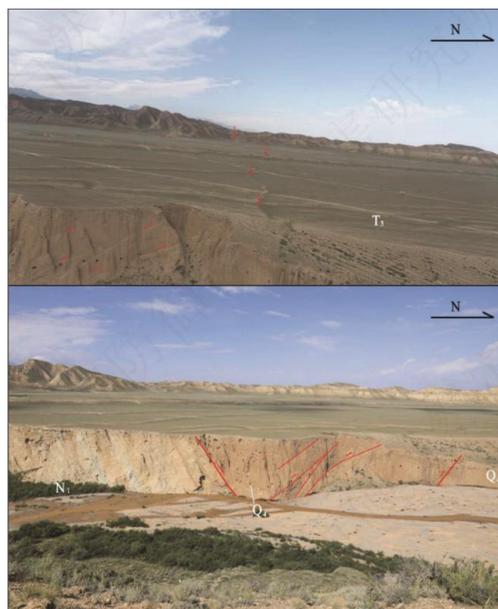
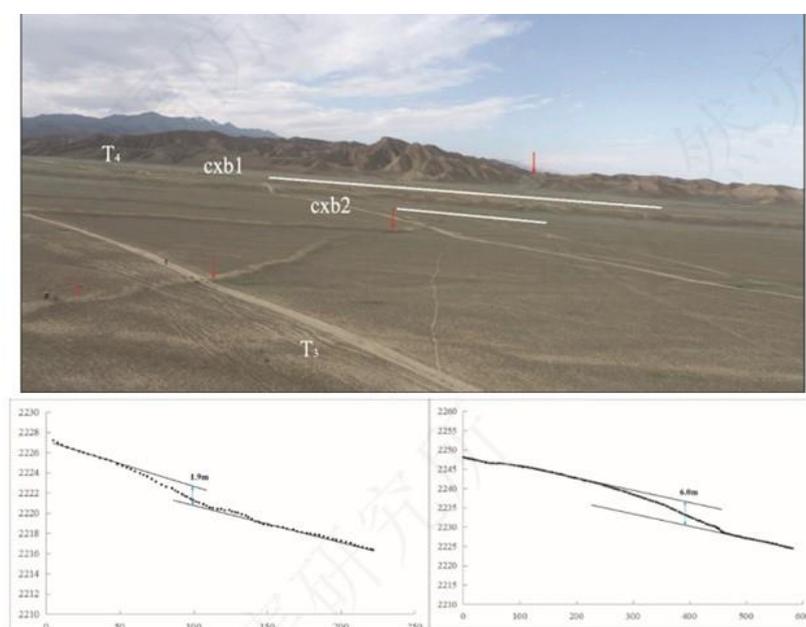
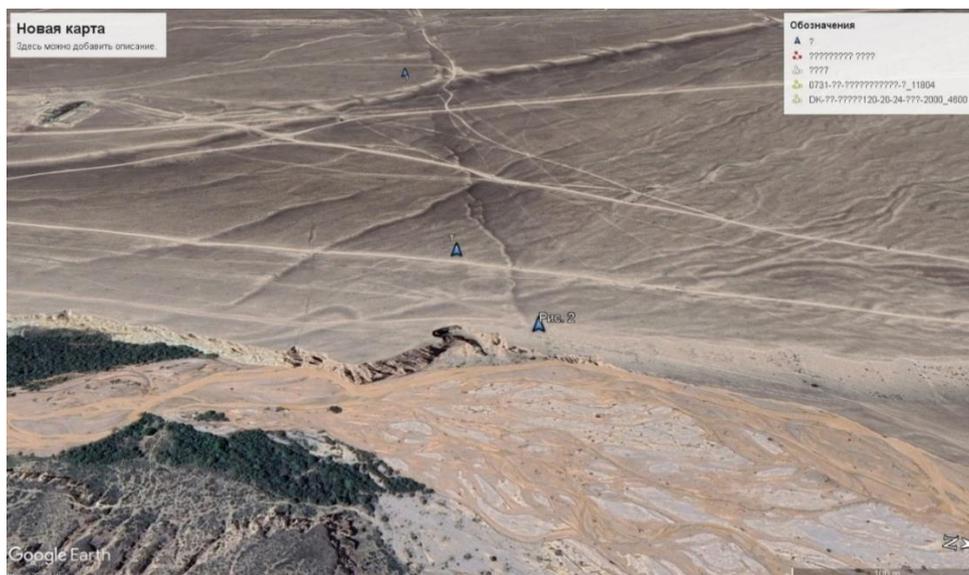


Рисунок 6. Выход разлома на поверхность позднеплейстоцен-голоценовой террасы на левом склоне долины р. Терек [6].

На рисунке 7 (а, б) показан уступ протяжённостью около 2580 м, который смещает поверхности террас (Q_{III}^3 (Т3 терраса) и Q_{III}^2 (Т4 терраса)). Профили показывают вертикальные амплитуды смещения, равные 1.9 м и 6.0 м соответственно (рисунки 7 (а, б)). По всей видимости, оба уступа являются сейсмогенными и более вероятно, что 1.9-метровый уступ был сформирован наиболее поздним событием и может свидетельствовать о том, что магнитуда землетрясений была не менее 7.0. Следует отметить, что такая же картина наблюдалась при Суусамырском землетрясении 1992 г. с $M7.2$, где были обнаружены только два коротких, изолированных участка сейсмоуступа, разделённые на расстоянии около 25 км друг от друга, для одного из которых было зафиксировано смещение поверхности примерно на 4 м на протяжении всего 600 м, а для другого – вертикальное смещение до 1.8 м на общей длине 3.4 км [9].



(a)



(б)

Рисунок 7. (а). Фотографии и профили террас Q_{III}^3 и Q_{III}^2 на левом берегу долины реки Терек [6]. (б). Фотография уступа (синие стрелочки), выраженные на голоценовой поверхности.

Для оценки вероятной магнитуды палеоземлетрясений были использованы уравнения Вэллса и Копперсмита (1, 2) [10] и Андерсона и др. (3) [11].

$$M_w = 5.08 + 1.16 * \lg(SRL) \quad (1)$$

$$M_w = 6.69 + 0.74 * \lg(MD) \quad (2)$$

$$M_w = (5.12 \pm 0.12) + (1.16 + 0.07) * \lg SRL - (0.20 \pm 0.04) * \lg SR, \quad (3)$$

где M_w – моментная магнитуда, SRL - длина поверхностного разрыва (км), MD – максимальная подвижка (м), SR – средняя скорость смещения (мм/год).

Согласно данным длины поверхностного разрыва не менее 30 км, максимальной подвижки около 2 м и средней скорости смещения 0.97 мм/год, вероятная максимальная магнитуда разрыва Северный-Жамантоо оценивается в пределах от 6.79 до 7.05.

Таким образом, вышеизложенные материалы детального изучения активных разломов в зоне предполагаемого строительства железной дороги Китай-Кыргызстан-Узбекистан должны быть приняты во внимание при проектировании особенностей дороги и при оценке сейсмической опасности района.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахматов К.Е., Джанузаков К.Д., Фролова А. Г., Погребной В.Н. Карта сейсмического районирования территории Кыргызской Республики, масштаб 1:1000000. Объяснительная записка. Бишкек, 2012
2. К.Е. Абдрахматов, У.Т. Бегалиев, М.Омуралиев, А. Омуралиева «Сейсмическая опасность населенных пунктов и стратегических сооружений Кыргызской Республики». –Б.: ОСОО «Триада Принт», 2019., стр. 98.
3. К.Е. Абдрахматов, М.Омуралиев. Сейсмическая опасность и безопасность кыргызского участка железнодорожной магистрали Китай–Кыргызстан–Узбекистан Известия НАН КР, 2013, № 3. Стр. 44-49.

4. Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н. 1989, Активные разрывы Алабуга-Нарынской впадины. В сб. Тянь-Шань в новейшем этапе геологического развития, Фрунзе, Илим, стр. 78–90.
5. Омуралиев М. Геология кайнозоя и новейшая тектоника Алабуга-Нарынской впадины Тянь-Шаня. Диссертация на соискание учёной степени канд. геол.-мин. наук. Фрунзе, 1990.
6. Отчёт об оценке сейсмической безопасности строительной площадки новой железной дороги Китай_Кыргызстан_Узбекистан (участок Кыргызстан), 2025 (Синьцзянский институт по предупреждению стихийных бедствий).
7. Thompson, S. C., Weldon, R. J., Rubin, C. M., Abdrakhmatov, K., Molnar, P., & Berger, G. W. (2002). Late Quaternary slip rates across the central Tien Shan, Kyrgyzstan, central Asia. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 107(B9), 7–1. <https://doi.org/10.1029/2001jb000596> EGT.
8. Абдрахматов К.Е., Томпсон С., Уилдон Р. Активная тектоника Тянь-Шаня. Бишкек, Илим, 2007, стр. 71.
9. Ainscoe, E. A., Abdrakhmatov, K. E., Baikulov, S., Carr, A. S., Elliott, A. J., Grützner, C., & Walker, R. T. (2018). Variability in surface rupture between successive earthquakes on the Suusamyr Fault, Kyrgyz Tien Shan: Implications for palaeoseismology. *Geophysical Journal International*, 216(1), pp. 703–725. <https://doi.org/10.1093/gji/ggy457>
10. Wells, D. L., and Coppersmith, K. J. (1994). Empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture area, and surface displacement. *Bull. Seis. Soc. Am.* 84, 974–1002.
11. Anderson, J. G., Wesnousky, S. G., and Stirling, M. W. (1996). Earthquake size as a function of fault slip rate. *Bull. Seism. Soc. Am.* 86, pp. 683–690.

Рецензент: к.г.-м.н. Ормуков Ч.А.