

Ормуков Ч.А., Зубович А.В., Молдобеков Б.Д., Анаркулов Б.А.
АЛАЙ ӨРӨӨНҮНҮН БАТЫШЫНДАГЫ ТЕКТНИКАЛЫК
ЖАРАКАЛАРДЫН ЖЫЛЫШУУСУ

Ормуков Ч.А., Зубович А.В., Молдобеков Б.Д., Анаркулов Б.А.
СДВИГОВЫЕ СМЕЩЕНИЯ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ
АЛАЙСКОЙ ВПАДИНЫ

Ch.A. Ormukov, A.V. Zubovich, B.D. Moldobekov, B.A. Anarkulov
STRIKE SLIP FAULTING IN WESTERN PART
OF THE ALAY BASIN

УДК: 550.24 (235.213)

Алай өрөөнүнүн батышындагы жер катмарынын горизонталдык жылышуусу изилденип жаткан райондогу активдүү тектоникалык жаракалардан болуп эсептелинет. Тектоникалык жарак мезо-кайнозой тектеринин деформацияланган бөлүгүндө байкалат. Учурдагы тектоникалык деформациялар Алай өрөөнүндө соңку, акыркы төртүнчүлүк жана голоцен дарыя тектирчелеринде чагылдырылат. Тектоникалык горизонталдык жаракка Арткы Алай жана Алай-Тоо кыркаларынын батыш тараптагы чектешкен жеринде жайгашкан. Бул изилдөөдө тектирчелерде сактылып калган байыркы жер титирөөлөрдүн издери картага түшүрүлгөн жана жазылган. Тектоникалык жараканын жер кыртышынын үстүндөгү байкалган бөлүгү 10 км ден ашуун. Тектоникалык жаракалар байыркы жер титирөөлөрдө түздүк жана тигинен кеткен жылмышууларды жана ошондой эле сейсмикалык жана тектоникалык деформацияларды Алтын-Дара жана Арам-Күнгөй дарыя өрөөндөрүндө пайда кылган.

Негизги сөздөр: активдүү жаракка, жер титирөө, геодинамика, тектоника, жер бетинин жаракалары, тектирче.

Правосторонний сдвиг в западной части Алайской впадины является одним из активных тектонических разломов в исследуемом районе. Разлом прослеживается в зоне активного складкообразования мезо-кайнозойских отложений. Современные тектонические деформации в предгорной части Алайской впадины четко отражены в качестве деформации среднеплейстоценовых, позднеплейстоценовых и голоценовых террас. Сдвиговый разлом развивается в зоне западного сближения Заалайских и Алайских хребтов. В данном исследовании закартированы следы сильных землетрясений, которые сохранились в виде деформированной поверхности террас вдоль зоны разлома. Видимая часть разлома в субширотном направлении простирается более чем на 10 км. Тектонические деформации показывают, что недавние палеоземлетрясения имели смещения, как в горизонтальном,

так и в вертикальном направлении, приведшие сейсморывы и тектонические уступы в долинах рек Алтын-Дара и Арам-Кунгей.

Ключевые слова: активные разломы, землетрясения, геодинамика, сдвиговые смещения, тектоника, поверхностное разрывообразование, терраса.

The dextral fault in the western part of the Alai basin is one of the active tectonic faults in the study area. The fault is tracing the zone of active folding of the Mesozoic-Cenozoic sediments. Modern tectonic deformations in the foothills of the Alai basin are well-preserved in the deformations of the Middle Pleistocene, Late Pleistocene and Holocene terraces. The shear zone on develops in the zone of western convergence of the Zaalai and Alai ranges. In this study, traces of strong earthquakes have been mapped, which have been preserved as a deformed surface of the terraces along the fault zone. The visible part of the fault in the sublatitudinal direction extends more than 10 km. Tectonic deformations show that recent paleo-earthquakes had displacements, both in the horizontal and vertical directions, which led to surficial ruptures and tectonic scarps in the valleys of the Altyn-Dara and Aramkungei rivers.

Key words: active faults, earthquakes, geodynamics, strike slip, tectonics, surficial ruptures and terrace.

Введение. Северный Памир и Заалайские структуры, несмотря на отдаленное расстояние от Индо-Азиатской коллизионной зоны, активно надвигаются на Тянь-Шань [1], [2], [3], [4].

Под зоной сближения Памира и Тянь-Шаня подразумевается участок земной коры, включающий структуры Алайской впадины и обрамляющих ее новейших поднятий Алайского хребта и Северного Памира с Заалайским поднятием [5]. Глубинная сейсмичность ныне очерчивает дугообразную наружную форму южного Памира [6], [7].

О различной глубине литосферы Памира и Тянь-Шаня и их особенностях говорится в работе [8].

Сокращение верхней и средней коры бывшей равнинной области представлено в виде надвигов на северном Памире, где мощность земной коры составляет (80-100 км) [9].

Современные активные разломы по южному борту Алайской долины с запада на восток простираются более чем на 100 км. В результате современных тектонических движений здесь образовались деформированные поверхности в плейстоцен-голоценовых террасах с вертикальным смещением в среднем на 8-10 м [5].

Высокая сейсмичность в Алайской впадине и на северном Памире всегда представляет огромный интерес со стороны исследователей. Подавляющее большинство исследований в этом регионе посвящено изучению кинематики и динамики тектонических процессов. Определения ве-

личин, таких как, перемещения масс и сокращения земной поверхности составляли основы многих исследований [10], [11], [12], [13], [14].

В зоне сочленения Заалайских предгорий и Алайской впадины хорошо различаются по крайней мере две системы разломов – это зона правостороннего сдвига в долине реки Алтын-Дара и в ее притоках, и основной надвиговой разлом, который распространяется во фронтальной зоне Заалайского хребта.

Активная тектоника региона. Северная часть Памирского орогена является ярким примером активного внутриконтинентального горообразования, которая образовывалась в результате тектонических движений за несколько миллионов лет (рис. 1). Тектоническая эволюция и современная геодинамика Алайской впадины и Заалайского хребта показывает особенности внутриконтинентальных тектонических процессов в контексте Индо-Евразийской конвергенции [15], [16], [17].

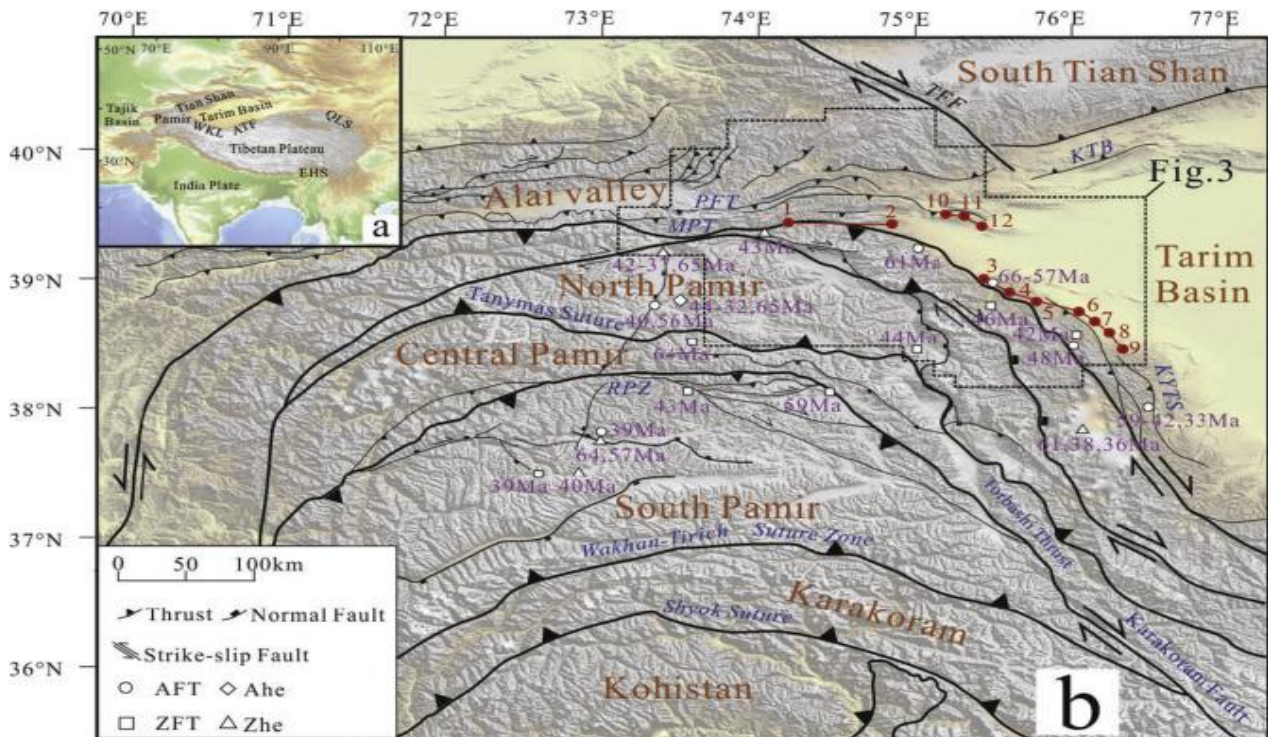


Рис. 1. Тектоническая карта активных структур зоны Индо-Евразийской конвергенции [17].

Интенсивная деформация региона при реконструкции балансируемых разрезов показывает среднегодовые скорости меридионального сокращения между северным Памиром и Тянь-Шанем. За орогеническое время (25-30 млн. лет) тектонические движения привели к сокращению указанной территории на 20 км, т.е. 37% от общего расстояния со средней скоростью 0.78 мм/год [15].

Начало деформаций отмечено появлением серых конгломератов в осадочных породах масагетской свиты позднеолигоценного – раннемиоценового возраста [5].

Скорости современных тектонических движений и их геодинамические особенности, полу-

ченные в результате геологических и геодезических исследований за последние 25 лет, еще раз подтверждают высокий тектонический потенциал, Северного Памира и Алайской впадины (рис. 2).

Данные последних GPS измерений показывают, что средняя скорость сокращения на границе Северного Памира и Тянь-Шаня составляет 10-15 мм в год [4], [18].

Такие высокие скорости сокращения, как правило, свидетельствуют о высокой сейсмичности региона. В пределах Заалайского хребта средняя повторяемость сильных землетрясений в пределах двух интервалов магнитуд (M 7.2-7.9) и (M 7.9-8.5) составляет 22,69 и 66,39 лет соответственно [19].

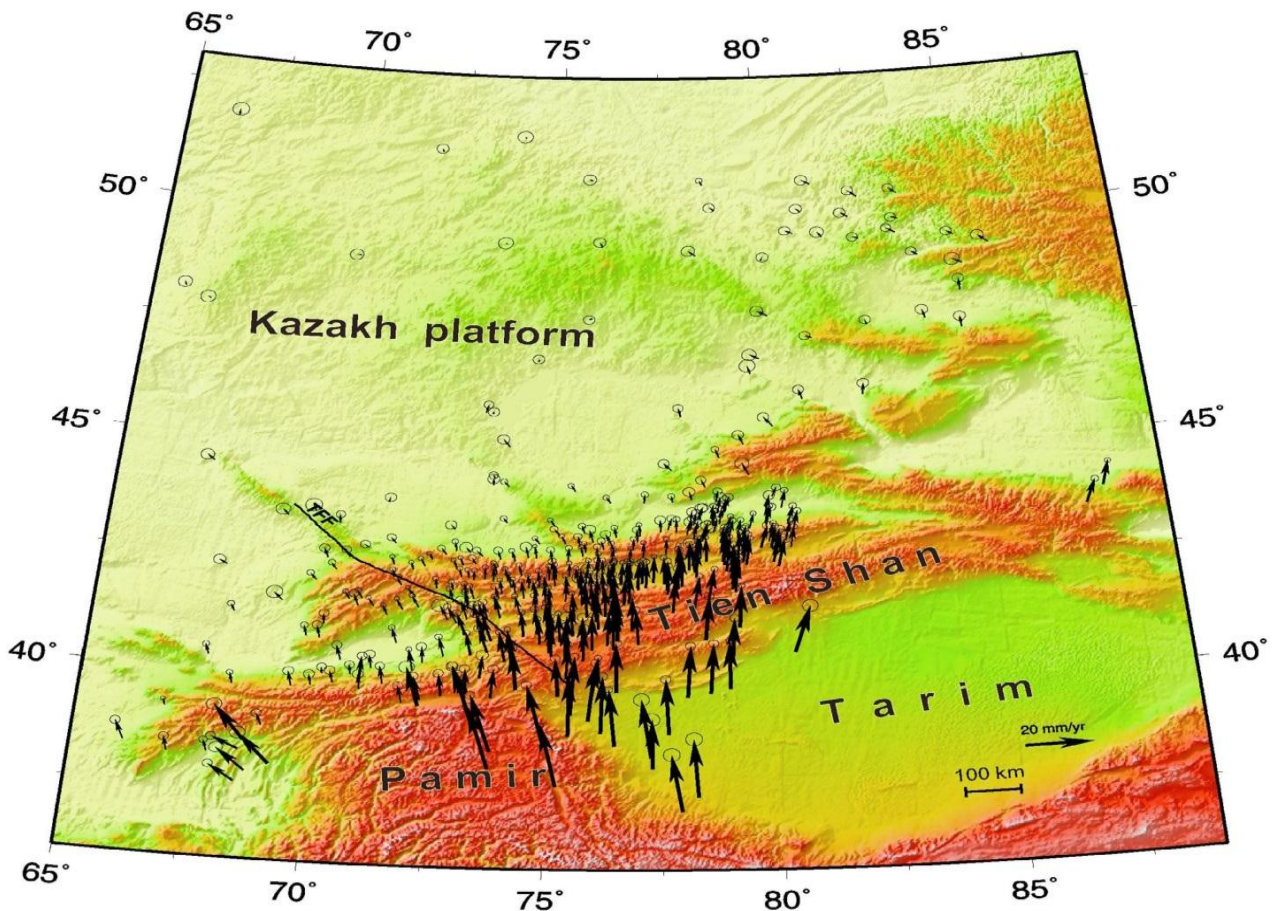


Рис. 2. GPS скорости территории относительно Евразии [4].

Долина Алтын-Дара. Долина реки Алтын-Дара является ярким примером наряду с другими речными долинами Алайской долины, отражающим интенсивное взаимодействие тектонических и климатических процессов. Современные тектонические движения в качестве деформированных поверхностей указывают на высокую тектоническую активность в данном регионе в плейстоценовое время. Этот участок характеризуется наличием множества сейсмодислокаций, образовавшихся при палеоземлетря-

сениях и во время последнего Алайского землетрясения 1978 года. Активный разлом в районе исследования выражен в виде правостороннего взброса-сдвига [5]. Сдвиговый разлом в исследуемом районе простирается более чем на 10 км, в рельефе хорошо выражена его центральная часть (рис. 3).

Западные и восточные концы разлома представлены с прерывистыми поверхностями, которые погружаются под молодые склоновые отложения.

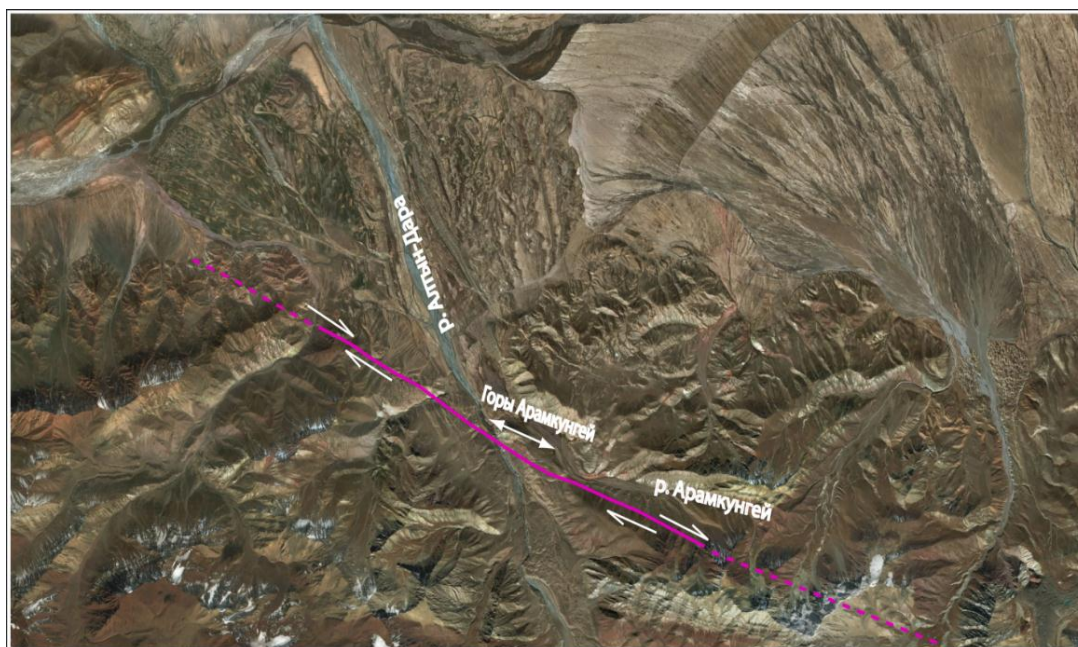


Рис. 3. Красной линией отмечен сдвиговый разлом в долине реки Алтын-Дара и Арам-Кунгей.

Сдвиговые смещения хорошо видны на склонах и на террасах крупных речных долин и в ее притоках, где разлом пересекает и смещает сухие долины временных водотоков. Зона разлома сопровождается – деформированными поверхностями, они отмечены уступами и рвами от прошлых сильных землетрясений, такие участки в основном сохранились в долинах рек Алтын-Дара и Арам-Кунгей. В поверхностной части Арам-Кунгейской антиклинали и в долине одноименной реки имеется широкая полоса зоны сдвига со множеством деформаций на поверхностях террас. Ширина сдвиговой зоны достигает 400 м. В зоне сдвига по разлому смещена

большая часть юго-западного склона Арам-Кунгейской антиклинали, обнажая красноцветные меловые отложения.

Сейсморвы на юго-западных склонах Арам-Кунгейской антиклинали простираются в юго-восточном направлении и постепенно переходят в одноименную долину. В поверхностной части одноименной антиклинали сейсмодислокации занимают сплошную поверхность с длиной в несколько сотен метров. На некоторых участках они образуют ступенчатые деформированные поверхности, с амплитудой смещения в среднем 2-3 м (рис. 4).

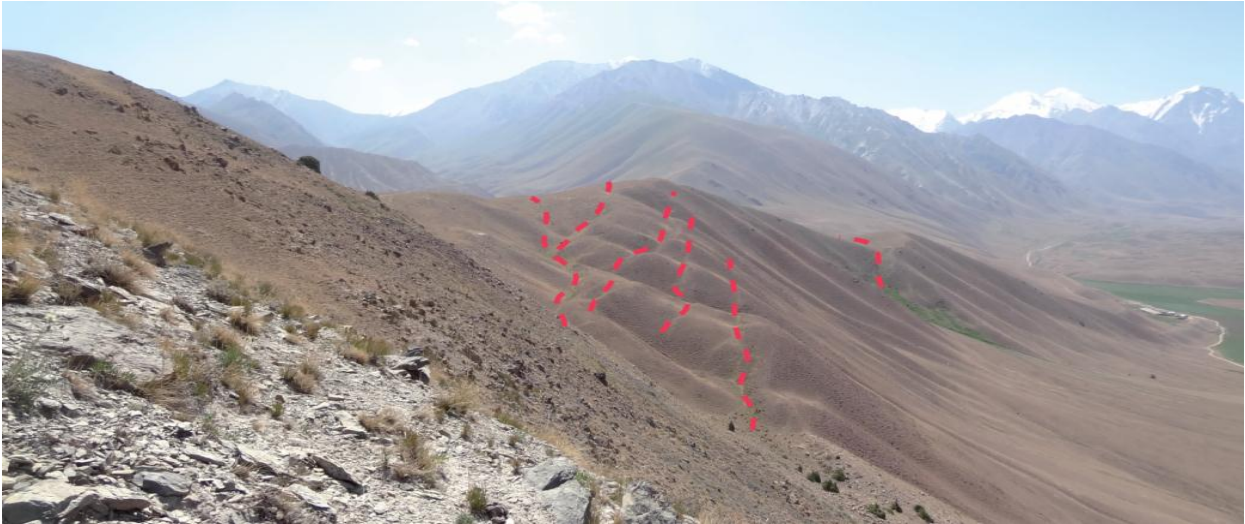


Рис. 4. Поверхностные разрывообразования (сейсморов) в Арам-Кунгейском поднятии.

В долине реки Арам-Кунгей зона сдвига проходит по левому борту долины, где наблюдается нарушенная поверхность деформирующей позднеплейстоценовой террасы Q3(2) и прилегающих к нему склонов (рис. 5).

Зона разрыва здесь представляет собой непрерывные параллельные линии *сейсморов* длиной около 4 км и шириной до 300 м.

Максимальная амплитуда смещений террас приходится на центральную часть долины. Деформированная поверхность в зоне сдвига состоит из нескольких ступенчатых склонов (рис. 5). Тектонический уступ постепенно исчезает в ЮЮВ направлении, ближе к водораздельным склонам между долин рек Арам-Кунгей и Сайтака.



Рис.5. Деформации в долине реки Арам-Кунгей. Красной линией отмечена зона разлома сдвига.

Северо-западный отрезок сдвига от реки Алтын-Дара в основном пересекает древние среднеплейстоценовые террасы (Q2). В отличие от юго-восточной части разлома на данном отрезке сдвиговая зона выражена в виде одной четкой линии (рис. 6).

К деформации в данной зоне также вовлекается позднеплейстоценовая терраса, которая расположена севернее Арам-Кунгейского поднятия, между руслами рек Алтын-Дара и Арам-Кунгей. Поверхность террасы имеет выпуклую форму в зоне сдвига, постепенно снижаясь на север, с амплитудой смещения 15-16 м.

Зона сдвигового разлома обнажается в русле реки Алтын-Дара, где по простиранию разлома видно зеркало скольжения (направление сдвига) разлома состоящее из коренных отложений. По сдвиговому разлому древние палеогеновые известняковые отложения надвинуты на плейстоценовые террасы. В структурно-геологическом плане разлом падет под углом 65-70° на север. Первоначальные движения по данному правостороннему взбросо-сдвигу начались еще в плиоцене [5].



Рис. 6. Деформированные террасы в зоне сдвига. Красная линия простирание разлома, Q2(2) и Q2(3) - геологические индексы речных террас в долине реки Алтын-Дара.

Что касается левого борта реки Алтын-Дара то здесь данный разлом имеет запад-северо-западное простирание. По разлому деформированы и смещены плейстоценовые и древние мезокайнозойские отложения, которые сохранились относительно на небольшом участке. Деформация с правосторонними движениями прослеживается длиной около 2 км северо-западнее от перевала Туз. Вдоль зоны разлома наблюдаются небольшие деформированные поверхности - валы. Вертикальные смещения поверхностей в среднем составляют 1-2 м, а местами достигают до 3 м. Многие сухие ручейки на небольшом отрезке разлома между долинами рек Алтын-Дара и Тар-Ата, пересекая сдвиговую зону, отклоняются

вправо. Правосторонний сдвиг со смещением северных бортов отмечен в русле реки Туз и в параллельно находящихся руслах рек. Как видно на рисунке (рис. 7), русла рек в зоне разлома резко поворачиваются направо, тем самым меняется первоначальное направление стока. Смещения русел, в зоне сдвига, наблюдается в нескольких участках со смещением 20-25 метров. Юго-восточнее этой зоны, линия разлома в рельефе не выражена до долины реки Туз, так как на этом участке происходит непрерывное смещение склона из-за его геологического происхождения (солевые отложения) и, возможно, следы деформации были разрушены смещением склона.



Рис. 7. Смещения сухих долин и водораздельных гряд по Арам-Кунгейскому правостороннему сдвигу.

В описываемом участке более крупное смещение по правостороннему сдвигу наблюдается между руслами рек Туз и Алтын-Дара, древняя терраса (возможный возраст Q 2) разделена по разлому и смещена на 250 м в юго-восточном направлении (рис. 8).

На поверхности данной террасы также имеется множество сейсморовов, которые, по-видимому, образовались во время последних сильных землетрясений.



Рис. 8. Космический снимок Bing, на котором видна смещенная поверхность по правостороннему сдвигу в долине реки Алтын-Дара.

Наличие наибольшей концентрации поверхностных нарушений, представленных в виде трещин, камнепадов и тектонических уступов на северном склоне Заалайского хребта между долинами реки Алтын-Дара и Сай-Така во время исторических землетрясений отмечено в результате макросейсмического обследования после Алайского землетрясения 1 ноября 1978 года [5]. Аллювиальные поверхности в зоне деформаций, в частности в долине реки Арам-Кунгей, показывают увеличение вертикального компонента сейсморов в Юго-восточном направлении и свидетельствует о том, что активный разлом при последнем сильном землетрясении, возможно обновлялся как взброс-сдвиг. Определение тектонической особенности движения с учетом ее высокой скорости смещения и также установление более детальных интервалов повторяемости сильных землетрясений в данном регионе является одной из основных задач будущих исследований в этом регионе.

Заключение.

1. Правосторонний сдвиговый разлом развит в той зоне, где отмечается сложное складкообразование мезо-кайнозойских отложений и сталкивается с надвиговой зоной Заалайского хребта.

2. Более четко выраженные сейсморвы и уступы преимущественно представлены в долине реки Арам-Кунгей, возможно это связано, с активным проявлением последнего крупного землетрясения в данном сегменте.

Литература:

- Burtman V.S., Molnar P. Geological and geophysical evidence for deep subduction of continental crust beneath the Pamir. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 1993.281. - 76 p.
- Schwab M., Ratschbacher L., Siebel W., McWilliams M., Minaev V., Lutkov V., Chen F., Stanek, K., Nelson B., Frisch W., Wooden J. L., 2004. Assembly of the Pamirs: Ageorigin of magmatic belts from the southern Tien Shan to the southern Pamirs and their relation to Tibet. *Tectonics*, 23, TC4002, doi: 10.1029/ 2003 TC001583.
- Cowgill, E., 2010. Cenozoic right-slip faulting along the eastern margin of the Pamir salient, northwestern China. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 122, 145-161.
- A. Zubovich, X. Wang, Y. Scherba, G. Schelochkov, R.Reilinger, C. Reigber, et al. GPS velocity field for the Tien Shan and surrounding regions. // *Tectonics*, 29 (2010), p. TC6014, 10.1029/2010TC002772.
- Никонов А.А., Ваков А.В., Веселов И.А. Сейсмостектоника и землетрясения зоны сближения Памира и Тянь-Шаня. - М.: Наука, 1983. - 240 с.
- Pegler G., and Das S., 1998. An enhanced image of the Pamir-Hindu Kush seismic zone from relocated earthquake hypocentres. *Geophys. J. Int.*, 134 (2). - 573-595.
- Sipl C., Schurr B., Tympel J., Angiboust S., Mechie J., Yuan X., Schneider F.M., Sobolev S.V., Ratschbacher L., Haberland C., Tipage-Team., 2013a. Deep burial of Asian continental crust beneath the Pamir imaged with local earthquake tomography. *Earth and Planetary Science Letters*, 384. - 165-177.
- Schneider F.M., Yuan X., Schurr B., Mechie J., Sippl C., Haberland C., Minaev V., Oimahmadov I., Gadoev M., Radjabov N., Abdybachev U., Orunbaev S., Negmatullaev S., 2013. Seismic imaging of subducting continental lower crust beneath the Pamir. *Earth and Planetary Science Letters*, 375. - 101-112.
- Баженов М.Л., Буртман В.С. Структурные дуги Альпийского пояса: Карпаты-Кавказ-Памир. - М.: Наука, 1990. - 168 с.
- Буртман В.С. Проблема формирования Памир-Пенджабского синтаксиса. / *Геотектоника*. 1982. - №5. - С. 56-63.
- Буртман В.С. История и геодинамика океанических бассейнов Тянь-Шаня, Памира и Тибета в фанерозое // *Геотектоника*. 2010. № 5. С. 22-40.
- Буртман В.С., Самыгин С.Г. Тектоническая эволюция высокой Азии в палеозое и мезозое // *Геотектоника*. 2001. - №4. С. 34-54.
- Губин И.Е. Закономерности сейсмических проявлений на территории Таджикистана. - М.: Изд-во АН СССР, 1960. - 464 с.
- Sobel E.R., Chen J., Schoenbohm L.M., Thiede R., Stockli D.F., Sudo, M., Strecker, M.R., 2013. Oceanic-style subduction controls late Cenozoic deformation of the Northern Pamir orogen. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 363, 204-218.
- Coutand I., Strecker M.R., Arrowsmith J.R., Hilley G., Thiede R.C., Korjenkov A., Omuraliev M. Late Cenozoic

- tectonic development of the intramontane Alai Valley (Pamir-Tian Shan region, Central Asia). *Tectonics*, 2002. vol.21, No.6, 1053.
16. Буртман В.С. Тянь-Шань и Высокая Азия: Геодинамика в кайнозойе // Труды Геологического института. - М.: Изд-во ГЕОС, 2012. - 188 с.
17. X. Chen, H. Chen, X. Lin., X. Cheng, R. Yang, W. Ding, J.G. Lei., W. Fengqi Zhang, S. Chen, Y. Zhang, J. Yan. Arcuate Pamir in the Paleogene? Insights from a review of stratigraphy and sedimentology of the basin fills in the foreland of NE Chinese Pamir, western Tarim Basin. *Earth-Science Reviews*; doi:10.1016/j.earscirev.2018.03.003.
18. Reigber C., G.W. Michel, R. Galas, D. Angermann, J. Klotz, J.Y. Chen, A. Papschev, R. Arslanov, V.E. Tzurkov, and M.C. Ishanov, New space geodetic. Constraints on the distribution of deformation in central Asia, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 191, 157-165, 2001.
19. Омуралиева А., Омуралиев М. Динамика сейсмических процессов на сопряжении областей горообразования Памира и Тянь-Шаня: Заалайского поднятия и Алайской впадины. // Вестник Института сейсмологии НАН КР. - №1(11), 2018.

Рецензент: д.геол.-мин.н., профессор Усупаев Ш.Э.
