

УДК 550:34

Абдрахматов К.Е., Мукамбаев А.С.,
Айтмырзаев Ж., Аширов Б.М.
Институт сейсмологии НАН КР,
г. Бишкек, Кыргызстан

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ РАЙОНА РАСПОЛОЖЕНИЯ БАРТОГАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)

Аннотация. Исследования, проведенные в пределах Сугетинской впадины, где находится Бартогайское водохранилище, показали, что в недавнем прошлом этот район был достаточно активен в сейсмическом отношении. В пределах южного борта впадины выявлены следы, по меньшей мере, двух палеоземлетрясений. Возраст предпоследнего землетрясения составляет между 17.7 ± 1.1 и 39.9 ± 2.7 тыс. лет назад. Возраст другого события, более близкого к нам по времени, составляет около 3.2 тыс. лет назад. Общее вертикальное смещение составляет около ~ 1.3 м. Магнитуда палеоземлетрясений достигала 6.5 – 7.0.

Северный борт впадины был менее активен, по сравнению с южным. Но тем не менее, здесь также происходили сильные землетрясения. Следы одного из них были детально описаны. К сожалению, возраст этого события пока определить не удалось.

Ключевые слова: землетрясение, смещение, разлом, траншея.

БАРТОГАЙ СУУ САКТАГЫЧЫНЫН (КАЗАКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ) ЖАЙГАСУУ РАЙОНУНУН СЕЙСМИКАЛЫК КОРКУНУЧУ

Кыскача мазмуну. Макладагы жүргүзүлгөн изилдөөлөр көрсөткөндөй, Сугеты өрөнүндө жайгашкан суу сактагычтын жанында, жакында өткөн убакытта бул район сейсмикалык жактан жетиштуу активдуу экен. Түштүк каптал аймагында жайгашкан тектоникалык жаракта эки палеосейсмикалык издер кездешет. Биринчиси 17.7 миң жыл мурун жана 39.9 миң жыл мурун ортосунда болуп откон. Башка окуянын курагы 3.2 миң жыл мурун экен. Жалпы вертикалдык жылыш болжол менен $\sim 1,3$ м, жер титироонун кубаттуулугу 6,5 – 7 жеткен.

Капчыгайдын Тундук капталы Түштүк капталга салыштырмалуу азыраак активдүү болгон. Бирок, ошентсе да, бул жерде да күчтүү жер титирөөлөр болгон. Алардын биринирин издери макалада баяндалат. Тилекке каршы, бул окуянын жашын аныктай алышкан эмесбиз.

Негизги сөздөр: жер титирөө, жылышып кетүү, жараңка, траншея.

SEISMIC HAZARD OF THE BARTOGAY RESERVOIR LOCATION (REPUBLIC OF KAZAKHSTAN)

Abstract. Studies conducted within the Sugety Depression, where the Bartogay reservoir is located, showed that in the recent past this area was quite active in seismic terms. Traces of at least two paleo-earthquakes were found within the southern edge of the depression. The age of the last but one earthquake is between 17.7 ± 1.1 and 39.9 ± 2.7 thousand years ago. The age of another event closer to us in time is about 3.2 thousand years ago. The total vertical displacement is about ~ 1.3 m. The magnitude of paleoearthquakes reached 6.5 - 7.

The northern side of the depression was less active compared to the southern one. But, nevertheless, there were also strong earthquakes here. Traces of one of them were described in detail. Unfortunately, the age of this event has not yet been determined.

Keywords: earthquake, displacement, fault, trench.

Наша область исследований расположена на крайнем восточном окончании хребта Зайлийский Алатау, там, где новейшие разломы расходятся в виде «ласточкиного хвоста», образуя небольшую Согетинскую впадину, открывающуюся на восток в Илийскую впадину (рисунок 1). Согласно карте сейсмогенерирующих зон Джунгаро-Северо-Тыньшаньского региона [1, 2], максимальная магнитуда землетрясений, возможных в этом районе, может достигать ≤ 6.5 . Детальные палеосейсмологические исследования, проведённые в пределах Согетинской впадины [3] не обнаружили здесь значительных сейсмодислокаций в виде рвов, трещин, значительных обвалов и др. Однако, как показали наши исследования, здесь имеются свидетельства сеймотектонического обновления зон разломов, ограничивающих указанную впадину.

На юге указанная впадины ограничена горами Торайгыр, которые надвигаются по активному Торуйгырскому разлому. Разлом выражен в рельефе в виде уступа, грани которого, хотя и чёткие, но замкнутые, без следов активного подновления. С другой, северной стороны, невысокий хребет Согеты субширотного простирания взброшен на впадину по Бартогайскому разлому, но, как будет показано далее, при наличии доказательств сеймотектонического подновления разлома поверхностных следов активности здесь не наблюдается.

Отметим, что основанием для отнесения разлома к категории активных служат свидетельства о хотя бы одной сеймотектонической подвижке по нему, произошедшей за последние несколько десятков тысяч лет [4]. Период в 50-100 тысяч лет, считая от современности, является временем, в течение которого сформировалось большинство наблюдаемых в настоящее время форм рельефа. Отсюда следует общее свойство активных разломов, практически значимое для их обнаружения и картирования – они деформируют элементы рельефа (и отложения) молодого (позднеплейстоцен-голоценового) возраста [4].

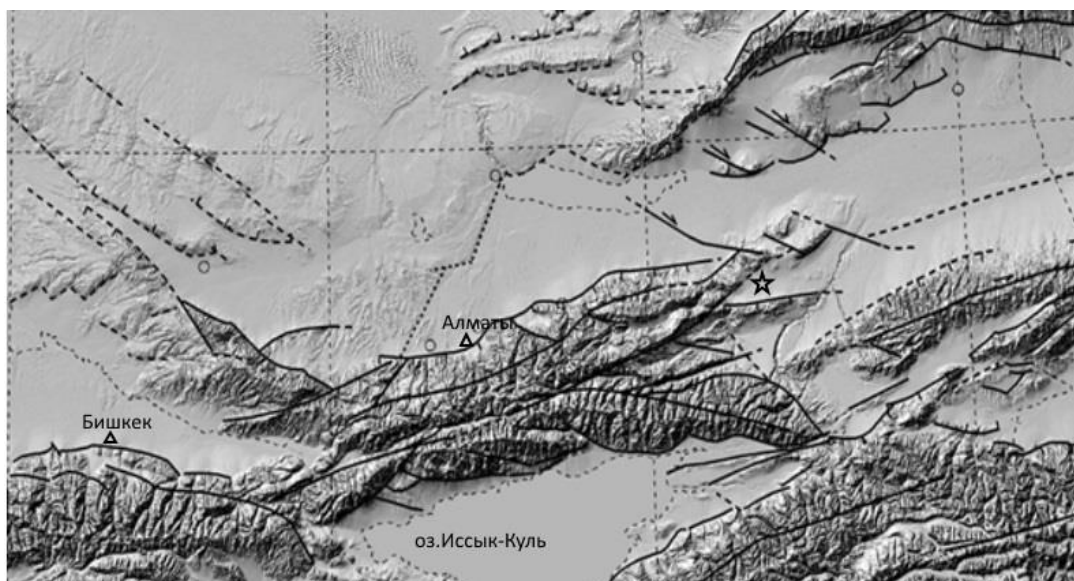


Рисунок 1. Карта активных разломов района исследований. Штриховая линия – разломы с предполагаемой активностью. Звёздочкой показан район работ.

Необходимо отличать структуры, появившиеся в результате сейсмического события от таковых, которые могли быть образованы при других процессах, например, в результате тектонического крипа или препарировки рельефа эрозионно-денудационными процессами [4]. В пользу сеймотектонического генезиса дислокаций мы использовали следующие явные свидетельства: 1) запечатывание резких смещений более поздними формами рельефа или отложениями; 2) «затаскивание» покровных рыхлых отложений в виде «языков» вниз по сместителю (не по зияющей трещине); 3) одинаковая величина смещения вдоль разрыва при пересечении ими разновозрастных плейстоценовых и голоценовых конусов, террас и т.п.; 4) нахождение одного почвенного слоя в разном положении на разных крыльях дислокации ([4, стр. 78-79].

Наши исследования показали [5], что многие из указанных выше свидетельств сейсмогенного генезиса уступа, который трассирует зону Торуйгырского разлома, имеются в траншее, пройденной через разлом в районе с координатами N43°20.776', E78° 54.543' (рисунок 2).

Траншея была пройдена недалеко от главной дороги, поперёк хорошо сохранившегося и прямолинейного участка разлома, пересекающего поверхность голоценового конуса выноса. Глубина траншеи составила около 2 м, длина около 10 м. Высота уступа здесь составляет около 1.3 м. Топографические профили не показывают каких-либо свидетельств складчатых деформаций в поднятом крыле разлома к югу от уступа [5].

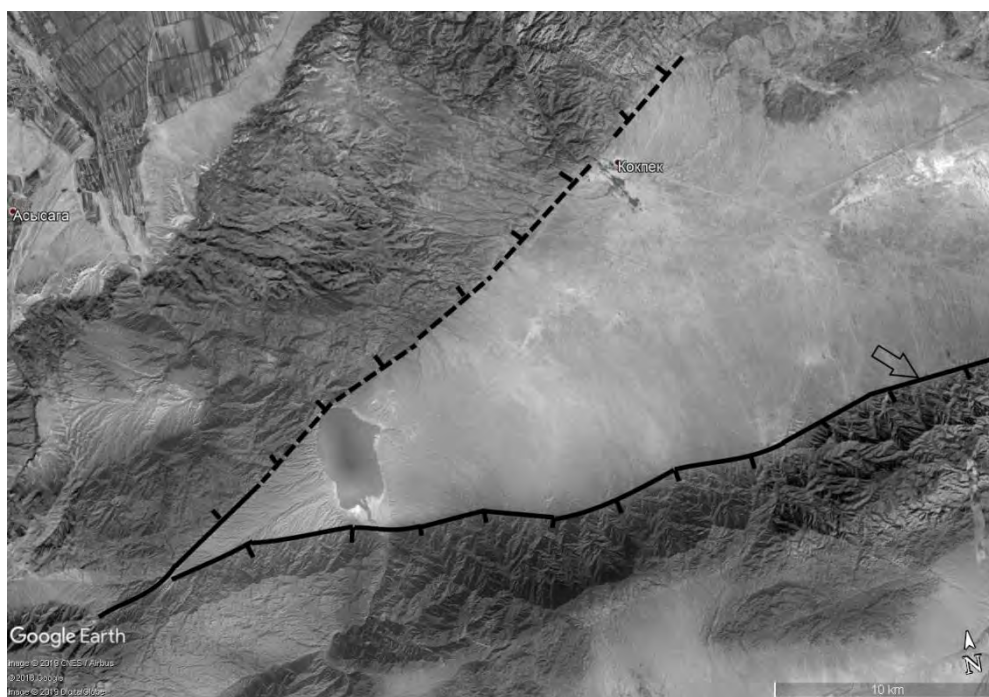


Рисунок 2. Согетинская впадина. Бартогайское водохранилище расположено в восточной части рисунка, в районе, где происходит сужение и последующее слияние разломов, ограничивающих северный и южный борта впадины. Стрелкой показано расположение траншеи.

В траншее были обнаружены два разрыва, которые смещали маркирующие горизонты (рисунок 3). Зона разрыва F1 совпадает с уступом разлома и смещает все единицы, кроме современной почвы. Разрыв F2 расположен к югу от F1 и смещает только самые нижние слои. Разлом F1 падает под 25° к югу к основанию траншеи и

постепенно становится положе примерно около одного метра над дном траншеи (10°), а затем переходит от горизонтального к субгоризонтальному (рисунок 6А, Б).

Разрыв F2 наклонён под углом 18° к югу (рисунок 6А, С). Подошва опущенного крыла разрыва F1 состоит из грубого, плохо отсортированного аллювиального гравия (слой 5). Этот слой перекрыт слоем ила (суглинок) мощностью 0.8 м с включениями гравия средней грубости. Мы интерпретируем однородные суглинки как лессовые отложения (слой 4). Гравийный горизонт (слой 4а), вероятно, представляет время активной миграции каналов, мелкий ил был отложен на берегах каналов и дамб, грубый гравий был отложен там, где энергия переноса была высокой. Красноватая палеопочва (слой 3) мощностью ~ 0.2 м перекрывает слой ила и гравия. Он смещён и является стратиграфически самым высоким слоем, подверженным влиянию разрыва F1. Слой 2 присутствует только на опущенном крыле и интерпретируется как коллювиальный клин, образовавшийся после смещения поверхности в результате последнего землетрясения. Он содержит материал, похожий на материал, найденный в слоях 3 и 4, а также гравий. Этот слой менее консолидирован, чем горизонты 3 и 4, и имеет довольно хаотическую текстуру. Следовательно, он, вероятно, состоит из переработанного материала слоя 3 и 4 поднятого крыла. Слой 1 - это современная почва.

Поднятое крыло разрыва F1 покрыто современной почвой, слой 1. Слои 5-3 также наблюдаются в поднятом крыле. Слой 3 представляет собой палеопочву с теми же характеристиками, что и в опущенном крыле. Горизонты 4 и 4а в опущенном и поднятом крыльях имеют свои седиментологические характеристики (размер зерна, сортировка, влажность, цементация) и имеют одинаковый цвет. Они имеют одинаковую мощность, и они заключены между теми же слоями. Слой 5 целиком находится в поднятом крыле. Этот плохо отсортированный аллювиальный слой имеет мощность 0.5 - 1.0 м и содержит линзы белесого ила с очень грубым гравием (слой 5а) и прослойки желтоватого мелкого ила со средним гравием (5б). Последний сильно пострадал от деформаций в результате обратного надвигания вблизи разлома F1. Слои 3-5 смещены по разлому, наклонены и частично деформированы. Это привело к довольно сложной стратиграфии в поднятом крыле. Стратиграфически ниже горизонта 5 мы обнаружили слой хорошо отсортированного средне-грубого гравия со значительно меньшим количеством ила и более сероватым цветом (слой 6). Контакт между горизонтами 5 и 6 представляет собой эрозионное несогласие, параллельное поверхности, за исключением области, близкой к разлому F1, где незначительная деформация затронула оба слоя. Внутри горизонта 6 выделяется слой оранжевого ила со средним гравием (слой 6а), часть которого можно использовать как маркерный горизонт. Этот слой деформируется разломом F1, а смещение происходит по второму разлому F2 (рисунок 3).

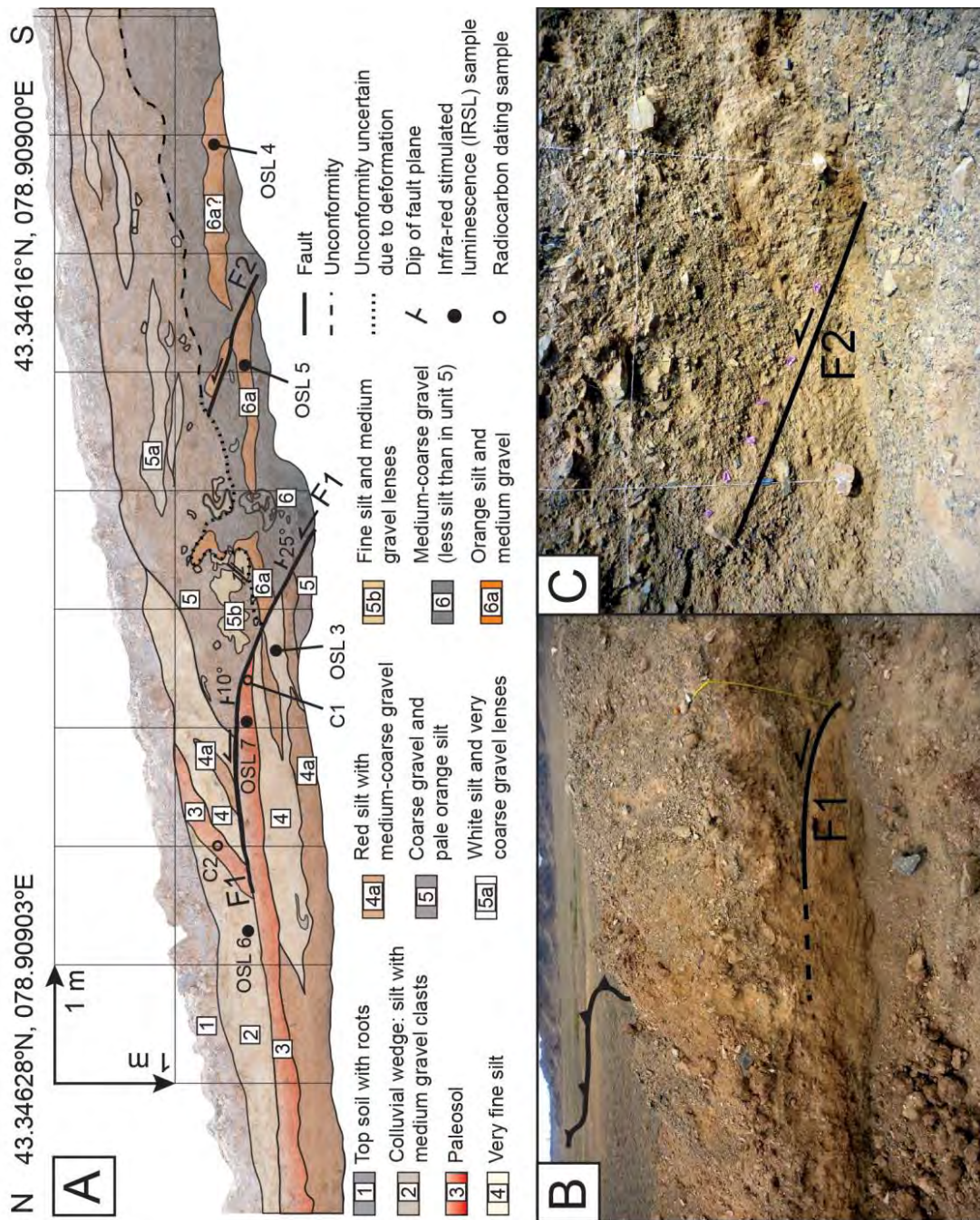


Рисунок 3: (А). Описание восточной стенки траншеи с основными литологическими единицами, предполагаемыми разломами и местоположением образцов, отобранных для датирования [5]. (В). Фотография, показывающая разрыв F1 и его связь с морфологическим уступом на поверхности. На участке траншеи измерения DGPS показали 1.3 м вертикального смещения. (С). Фотография разрыва F2, смещающего нижние слои. Условные обозначения под рисунком А. 1– поверхностная почва с остатками корней растений; 2 – коллювиальный клин: суглинок с включениями гравия; 3–палеопочва; 4 –тонкозернистый суглинок; 4а – суглинок красноватого цвета с включениями гравия; 5 – грубообломочный гравий и светло-оранжевый суглинок; 5а – суглинок белого цвета с включениями линз гравия; 5b – тонкозернистый суглинок с включениями гравия; 6 – грубообломочный гравий (меньше суглинка, чем в слое 5);

б – оранжевый суглинок и гравий. Далее сверху вниз: разрыв; несогласие; предположительное несогласие в связи с деформацией; падение сместителя; место отбора образцов на термолюминисцентный анализ; место отбора образцов на радиоуглеродный анализ.

Судя по всему, предпоследнее смещение поверхности произошло при смещении крыльев разлома F2, (угол падения $\sim 18^\circ$) вдоль плоскости разлома, в результате чего образовался уступ. Возраст смещения составляет между 17.7 ± 1.1 и 39.9 ± 2.7 тыс. лет назад. Другое событие, более близкое к нам по времени (около 3.2 тыс. лет назад), привело к смещению по разлому F1 [5].

В целом, общее вертикальное смещение по двум указанным выше разрывам составляет около ~ 1.3 м в соответствии с топографическими измерениями DGPS. Магнитуда палеоземлетрясений достигала 6.5 – 7.0 [5].

Таким образом, Торуайгырский разлом, ограничивающий Согетинскую впадину с юга, является весьма активным и скорость его смещений достигает 0.1–0.2 мм/год.

Рассмотрим теперь северный борт указанной впадины, где она ограничена восточным продолжением одного из разломов Чилико-Кеминской зоны. Здесь в рельефе не наблюдается никаких признаков активности разлома в виде уступов, складок или иных деформаций поверхности (рисунок 4).

Однако, в большом карьере, который пересекает предполагаемую линию контакта горного обрамления и впадины нам удалось обнаружить признаки активности разлома (рисунок 5). На рисунке 5С видно соотношение четвертичных отложений, смещенных по разлому. Разрез перекрыт современными пролювиальными отложениями, что свидетельствует о том, что после последнего события прошло значительное время. К сожалению, состав слоев не позволяет произвести отбор образцов для определения абсолютного возраста последнего события, приведшего к деформациям.

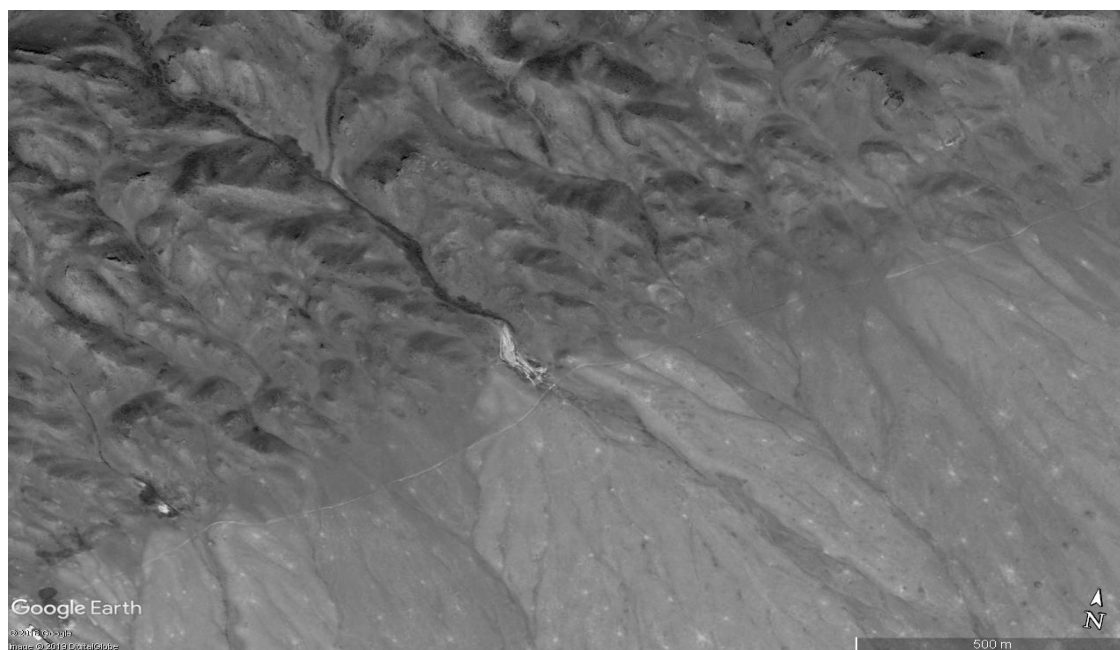


Рисунок 4. Северный борт Согетинской впадины. Космоснимок Google Earth.

Таким образом, проведенные нами исследования в пределах Согетинской впадины показали, что в недавнем прошлом этот район был достаточно активен в

сейсмическом отношении. В пределах южного борта впадины выявлены следы по меньшей мере двух палеоземлетрясений. Возраст предпоследнего землетрясения составляет между 17.7 ± 1.1 и 39.9 ± 2.7 тыс. лет назад. Возраст другого события, более близкого к нам по времени, составляет около 3.2 тыс. лет назад. Общее вертикальное смещение составляет около ~ 1.3 м. Магнитуда палеоземлетрясений достигала 6.5 – 7.0.

Северный борт впадины был менее активен по сравнению с южным. Но, тем не менее, здесь также происходили сильные землетрясения. Следы одного из них были подробно описаны. К сожалению, возраст этого события пока определить не удалось.

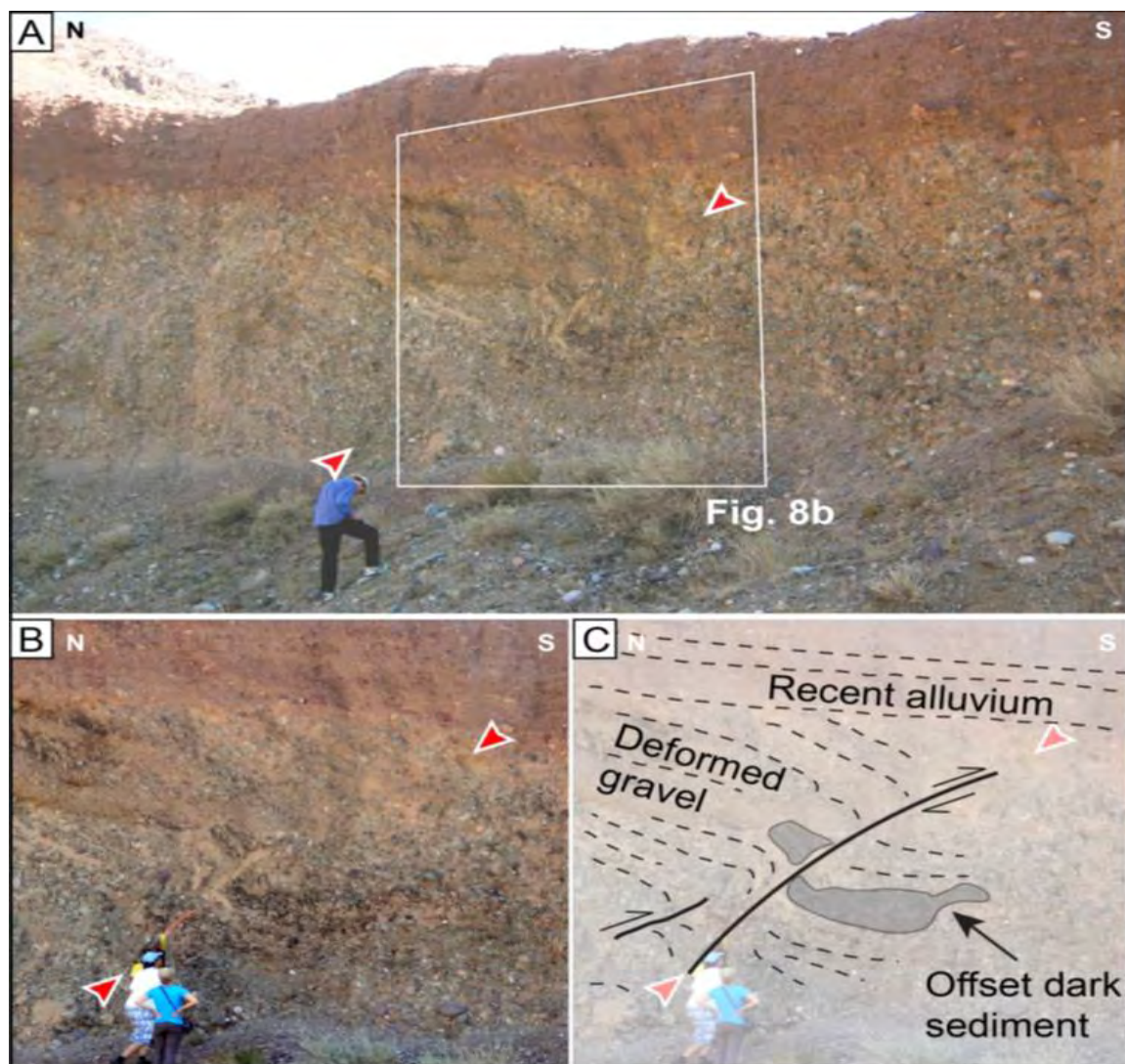


Рисунок 5. обнажение в зоне разлома, ограничивающего Согетинскую впадину с севера. Линия разлома на фотоснимках указана красными стрелками. На рисунке «С» показаны стратиграфические соотношения смещённых слоев. Подчеркнем, что разрез перекрыт современными пролювиальными отложениями, свидетельствующими о том, что после последнего события прошло значительное время.

Литература

1. А.К. Курскеев, А.В. Тимуш, В.В. Шацлов, А. Сыдыков, П.Н. Горбунов, А.Б. Сыдыкова. Сейсмическое районирование Республики Казахстан. Алматы: Эверо, 2000. -219 с.
2. Тимуш В. Сеймотектоника литосферы Казахстана, Алматы, 2011. - 590 с.
3. В.А. Гапич, А.В. Тимуш, Н.М. Чабдаров. Сейсмодислокации Южного Казахстана / - Ала-Ата: Институт сейсмологии АН Каз ССР, 1989. - 52 с. Деп ВИНТИ 12.04.89, №2420-B89.
4. Никонов А. А. Голоценовые и современные движения земной коры М., Наука, 1977, 240 с.
5. Grützner C., Carso, E., Walke, R.T., Rhode, E., Mukambaye, A., Moldobaev, A., Mackenzi, D., Elliott J.E., Campbell G., Abdrakhmatov K. (2017a). Assessing the activity of faults in continental interiors: palaeoseismic insights from SE Kazakhstan. Earth and Planetary Science Letters, 459, 93-537 104, [doi:10.1016/j.epsl.2016.11.025](https://doi.org/10.1016/j.epsl.2016.11.025) 538.

Рецензент: кандидат г.-мин. наук, М. О. Омуралиев