

ГЕОЛОГИЯ ИЛИМДЕРИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
GEOLOGICAL SCIENCE

Абдрахматов К.Е., Муканбаев А., Айтмырзаев Ж. Аширов Б.

**БАРТОГАЙ СУУ САКТАГЫЧЫ
ЖАЙГАШКАН РАЙОНДУН СЕЙСМИКАЛЫК КОРКУНУЧУ
(КАЗАКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ)**

Абдрахматов К.Е., Муканбаев А., Айтмырзаев Ж., Аширов Б.

**СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ РАЙОНА
РАСПОЛОЖЕНИЯ БАРТОГАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА
(РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)**

K.E. Abdrakhmatov, A. Mukanbaev, J. Aytmurzaev, B. Ashirov

**THE SEISMIC HAZARD OF THE AREA OF BARTOGAI RESERVOIR
(THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN)**

УДК: 550.34/728.996 (574)

Жүргүзүлгөн изилдөөлөр көрсөткөндөй, Сугеты өрөөнүндө жайгашкан суу сактагычтын жанында, жакында өткөн убакытта бул район сейсмикалык жактан жетиштүү активдүү экен. Түштүк каптал аймагында жайгашкан тектоникалык жараката эки палеосейсмикалык издер кездешет. Биринчиси 17.7 миң жыл мурун жана 39.9 миң жыл мурун ортосунда болуп өткөн. Башка окуянын жылы 3.2 миң жыл мурун экен. Жалпы вертикалдык жылыш болжол менен ~ 1,3 м, жер титирөөнүн кубаттуулугу 6,5-7 жеткен. Капчыгайдын Түндүк капталы Түштүк капталга салыштырмалуу азыраак активдүү болгон. Бирок, ошентсе да, бул жерде да күчтүү жер титирөөлөр болгон. Алардын биринин издери макалада баяндалат. Тилекке каршы, бул окуянын жашын аныктай ала элекпиз.

Негизги сөздөр: Бартогай суу сактагыч, Сугеты өрөөнү, жер титирөөлөр, рельеф, сейсмикалык коркунуч, жер титирөөнүн кубаттуулугу, изилдөөлөр.

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. 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: Бартогайское водохранилище, Сугетинская впадина, землетрясения, рельеф, сейсмическая опасность, сейсмическая мощность, исследования.

Studies conducted within the Sugety Depression, where the Bartogai 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.

Key words: Bartogai reservoir, Sugety valley, earthquakes, topography, seismic hazard, seismic power, researches.

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 (рис. 1). Согласно карте сейсмогенерирующих зон Джунгаро-Северо-Тяньшаньского региона [1,2] максимальная магнитуда землетрясений, возможных в этом районе может достигать $\leq 6,5$. Детальные палеосейсмологические исследования, проведенные 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

четкие, 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].

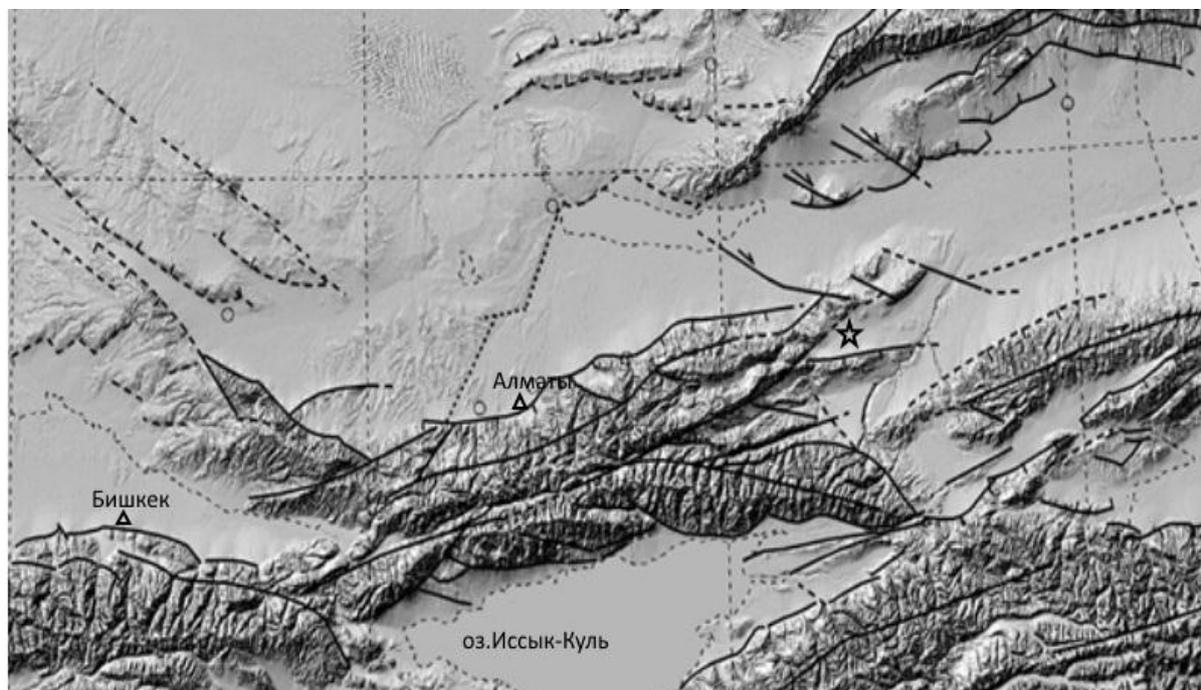


Рис. 1. Карта активных разломов района исследований. Штриховая линия – разломы с предполагаемой активностью. Звездочкой показан район работ.

Необходимо отличать структуры, образовавшиеся 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, с. 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 $N43^{\circ} 20,776' E78^{\circ} 54,543'$, (рис. 2).

Траншея была пройдена недалеко от главной дороги, поперек 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].

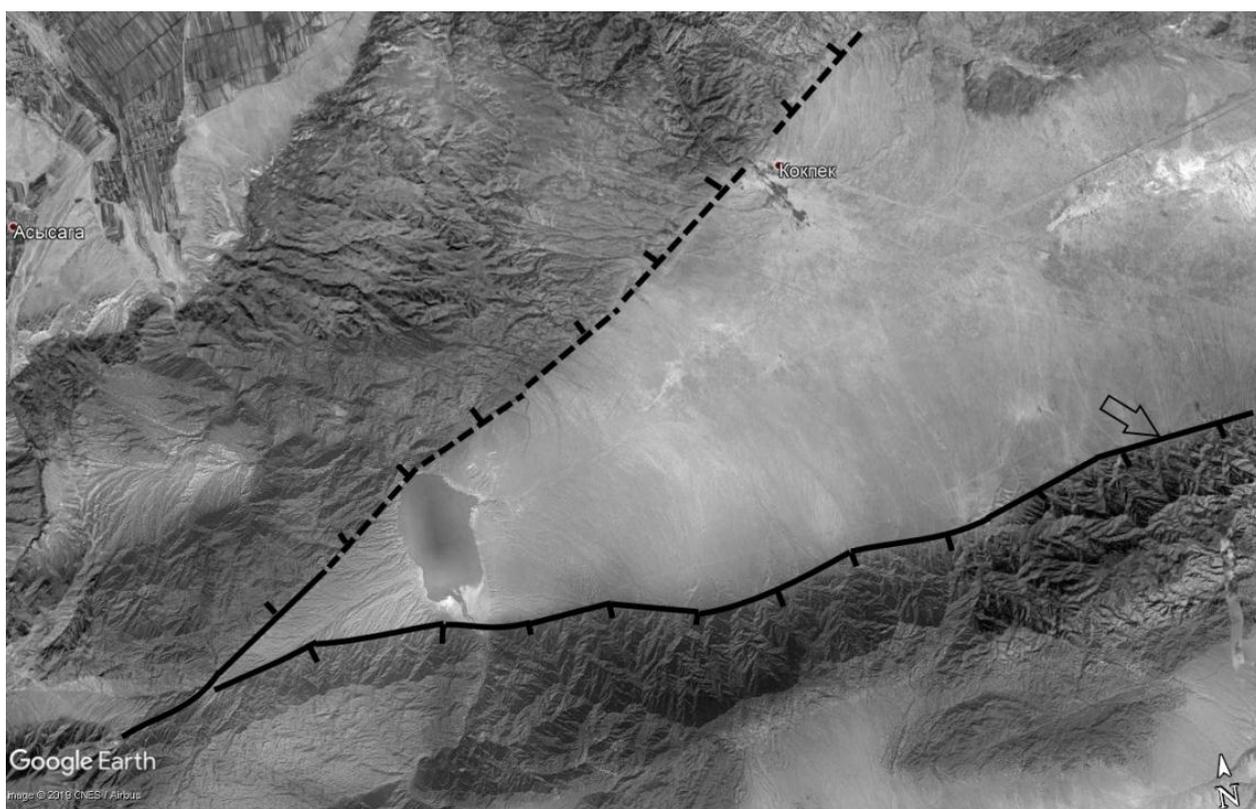


Рис. 2. Согетинская впадина. Бартогайское водохранилище расположено в восточной части рисунка, в районе, где происходит сужение и последующее слияние разломов, ограничивающих северный и южный борта впадины. Стрелкой показано расположение траншеи.

В траншее были обнаружены два разрыва, которые смещали маркирующие горизонты (рис. 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 (рис. 3 А, В).

Разрыв F2 наклонен под углом 18° к югу (рис. 3 А, 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 лесовые 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 $\sim 0,2$ м перекрывает слой ила и гравия. Он смещен 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. Сле-

довательно, 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 прослой желтоватого мелкого ила со средним гравием (5b). Последний сильно пострадал от деформаций и даже обратного надвига 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 (рис. 3).

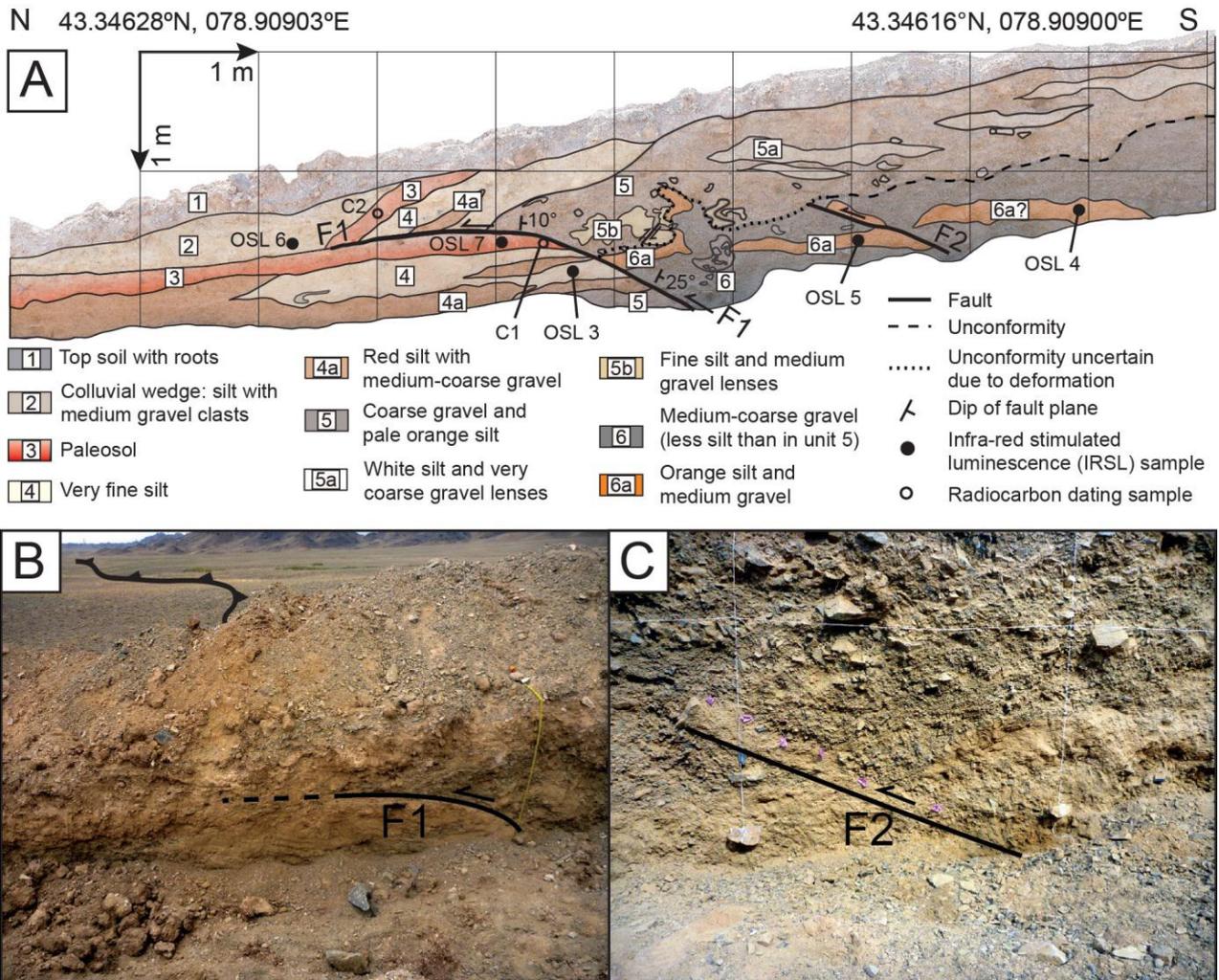


Рис. 3. (А) Описание восточной стенки траншеи с основными литологическими единицами, предполагаемыми разломами и местоположением образцов, отобранных для датирования [5]. (В) Фотография, показывающая разрыв F1 и его связь с морфологическим уступом на поверхности. На участке траншеи измерения DGPS показали 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); 6а – оранжевый суглинок и гравий. Далее сверху вниз: разрыв; несогласие; предположительное несогласие в связи с деформацией; падение сместителя; место отбора образцов на термолуминисцентный 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 $\sim 1,3$ м в соответствии с топографическими измерениями DGPS. Магнитуда палеоземлетрясения достигала 6,5-7, [5]

Таким образом, Торуайгырский разлом, ограничивающий Согетинскую впадину с юга является весьма активным и скорость его смещения достигает 0.1-0,2 мм/год.

Рассмотрим теперь северный борт указанной впадины, где она ограничена восточным про-

должением одного из разломов Чилико-Кеминской зоны. Здесь в рельефе не наблюдается никаких признаков активности разлома в виде уступов, складок или иных деформаций поверхности (рис. 4).

Однако, в большом карьере, который пересекает предполагаемую линию контакта горного обрамления и впадины нам удалось обнаружить признаки активности разлома (рис. 5). На рисунке 5 С 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.



Рис. 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 $\sim 1,3$ м. Магнитуда палеоземлетрясений достигала 6,5-7.

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.

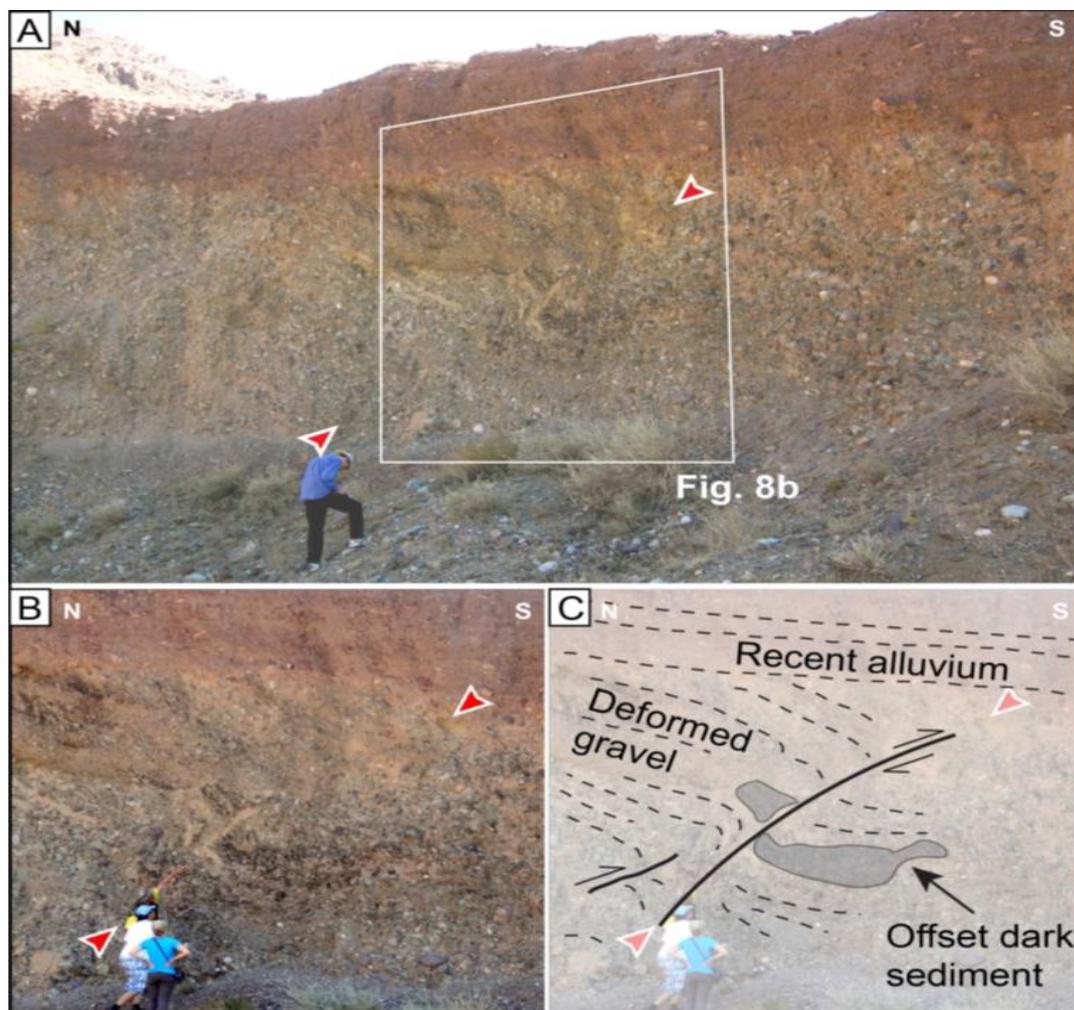


Рис. 5. Обнажение в зоне разлома, ограничивающего Согетинскую впадину с севера. Линия разлома на фотоснимках указана красными стрелками. На рисунке «С» показаны стратиграфические соотношения смещенных слоев. Подчеркнем, что разрез перекрыт современными пролювиальными отложениями, что свидетельствует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

Литература:

1. Курскиеев А.К., Тимуш А.В., Шацкилов В.В., Сыдыков А., Горбунов П.Н., Сыдыкова А.Б. Сейсмическое районирование Республики Казахстан. - Алматы: Эверо, 2000. - 219 с.
2. Тимуш В. Сейсмотектоника литосферы Казахстана. - Алматы, 2011. - 590 с.
3. Гапич В.А., Тимуш А.В., Чабдаров Н.М. Сейсмодислокации Южного Казахстана. - Алмата: Институт сейсмологии АН Каз ССР, 1989. - 52 с. Деп ВИНТИ 12.04.89, №2420-В89.
4. Никонов А.А. Голоценовые и современные движения земной коры. - М.: Наука, 1977. - 240 с.
5. Grützner, C., Carson, E., Walker, R.T., Rhodes, E., Mukambayev, A., Moldobaev, A., Mackenzie, D., 535 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.2016.11.025 538.

Рецензент: к.геол.-мин.н. Омуралиев М.О.