

ТЕКТОНИКА

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕМАТИКИ АКТИВНЫХ ПОДВИЖЕК И СЛЕДОВ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЗОНЕ ЮЖНОГО СЕГМЕНТА ПАМБАК-СЕВАН-СЮНИКСКОГО РАЗЛОМА

Багдасарян А.Р., Аракелян Д.Г.

*Институт геологических наук НАН РА,
0019, г. Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а
e-mail: haykbag@gmail.com; armgeology@gmail.com
Поступила в редакцию 12.03.2020г..*

Изучение и картирование активных структур в южной части 9-го сегмента Памбак-Севан-Сюникского разлома (PSSF-9) основано на совместном использовании дистанционных и наземных исследований. Интерпретация данных космических и цветных аэро - ортофотоснимков высокого разрешения, а также детальные полевые исследования в зоне разлома позволили опознать и выделить локальные разрывы и деформации, а также оценить кинематику и амплитуду смещений вдоль активных структур. Для уточнения и подтверждения указанных характеристик были изучены проявления сильных землетрясений на поверхности (сайт-эффекты), которые произошли в исторический и инструментальный периоды времени в зоне исследуемого сегмента разлома и прилегающих территорий.

Ключевые слова: pull apart basin, Памбак-Севан-Сюникский разлом, сеймотектоника, землетрясение, активная структура, амплитуда смещений, деформация сдвига, дистанционное зондирование, ландшафтные аномалии.

При оценке сейсмической опасности и риска для инженерных сооружений - зданий, плотин, мостов и др. конструкций, определение активного разлома связано с его активностью за время голоцена, то есть в течение последних 10,000 лет (Hart E. et al., 1980), а по последним данным 11,700±99 лет (International Commission, 2020; Walker M. et al., 2008).

Исследования в южной части 9-го сегмента Памбак-Севан-Сюникского разлома проводились с целью выявления и подтверждения факта современных деформаций земной поверхности в виде активных подвижек и деструкции горных пород во время землетрясений, а также оценки данного сегмента разлома, как источника сейсмической опасности и других геологических бедствий на данной территории (сейсмогенные оползни, обвалы, явления разжижения и проседания грунтов и т.д.).

До последнего времени наиболее полно была изучена лишь северная часть 9-го сегмента PSSF (участок «Каркар»), где были проведены весьма

подробные и значительные по объему сейсмотектонические, геофизические и палеосейсмологические исследования с картированием активных структур и выраженных на поверхности сайт-эффектов (Չևոնիսյ, 2009; Interpretation, 2012; Karakhanyan et al., 2016, Ritze et al., 2016; White et al., 2015). Центральная же и южная части 9-го сегмента PSSF до настоящего времени оставались практически неизученными.



Рис.1. Памбак-Севан-Сюникский разлом (PSSF-9): а - пространственная позиция исследованных участков разлома (пунктирной линией показано простираение южного окончания PSSF-9 согласно официально принятой версии карты активных разломов территории Армении); б и с - космические снимки участков «Каркар» и «Такнвац»; д - аэро-ортофотоснимок разлома PSSF-9 на участке «Арджис».

Новые данные, полученные в ходе исследований южной части 9-го сегмента Памбак-Севан-Сюникского разлома, позволили впервые оценить кинематику подвижек и активность, проявляемую в голоцен-историческое время, пересмотреть направление простирания и геометрию разлома, а также уточнить общую длину и максимальную ширину разломной зоны.

По данным прежних многочисленных исследований, а также согласно официально принятой версии карты активных разломов территории Армении (International Consortium, 2018), на широте села Лцен ($39^{\circ}27'6.65''N$) простирание PSSF-9 резко менялось на южное, как это показано пунктирной линией на рисунке 1а, в то время, как по результатам новых исследований зона разлома, не меняя направления, продолжается далее до села Арджиси только здесь, изменив простирание на южное, достигает окрестностей села Татев. По новым уточненным данным общая длина 9-го сегмента PSSF составляет 51 км, из коих 11 км приходится на длину впервые изученного отрезка разломной зоны при максимальной ее ширине 425 м.

В пределах 9-го сегмента Памбак-Севан-Сюникского разлома, выделяются 3 участка - «Каркар», «Такнвац» и «Арджис», где зона выражена наиболее отчетливо (рис. 1а). Следует отметить, что указанные участки неравнозначны с точки зрения сейсмотектонической, сейсмологической и др. геологической информации, касающейся особенностей кинематики и доказательств сейсмической активности разлома в голоценовое время. В то время, как на двух участках - «Каркар» и «Арджис» объем информации достаточен для полноценной сейсмотектонической оценки параметров PSSF-9, на участке «Такнвац» ($X=46^{\circ}0.090'E$, $Y=39^{\circ}40.487'N$) он весьма ограничен и позволяет лишь констатировать выход сейсмогенного разрыва на поверхность во время сильного, возможно, исторического землетрясения. Фрагмент разлома ССВ простирания, длиной около 2 км и максимальной шириной порядка 30 м, отчетливо проявлен на космических снимках в виде V-образного разрыва поверхности молодых флювиогляциальных отложений, перекрывающих четвертичные лавы Сюникского вулканического нагорья (рис. 1с). Точная дата данного сейсмического события с выходом плоскости разрыва на поверхность неизвестна и может быть установлена лишь при детальном исследовании разреза грунтов поперек линии разлома (trenching) при наличии в разрезе коллювиальных клинов погребенной палеопочвы.

Изученный участок разломной зоны «Арджис» находится в левобережье р. Воротан (рис. 1а, д) и охватывает сравнительно невысокий горный хребет, который тянется по периферии Сюникского вулканического нагорья на расстояние около 7 км, ограничивая его с юга. Хребет сложен в основном породами вулканогенно-осадочной толщи позднего мела, представленными известняками, песчаниками, конгломератами, туфобрекчиями и туфонесчаниками.

Зона главного разлома состоит из нескольких отдельных ветвей, образующих систему эшелонированных разрывов с правым подставлением. При интерпретации данных дистанционного зондирования отчетливо вы-

деляются оперяющие разломы, которые хорошо проявлены в рельефе в виде тектонических уступов и смещений отдельных форм рельефа. На отрезках, где разрывы не находят прямого отражения в рельефе, продолжение простираия разрывов, тем не менее, удастся выделить по таким специфическим признакам как линейно вытянутые зоны повышенной трещиноватости и обводненности, а также других ландшафтных аномалий.

Дистанционное зондирование и картирование разрывов непосредственно на местности показывает, что геометрия простираия отдельных структурных элементов образует характерный ромбовидный рисунок pull apart basin. При этом, основные смещения по плоскостям разрывов имеют праводвиговую горизонтальную компоненту в сочетании с серией субпараллельных ступенчатых сбросов по вертикали. Подобная кинематика подвижек особенно хорошо проявлена в центральной части разломной зоны. Обращает на себя внимание резко аномальное залегание пластов осадочной толщи известняков непосредственно в зоне разлома, где фиксируется их субвертикальное падение $75^{\circ}-80^{\circ}$ ЮЗ, в результате чего пласты, подвергшиеся интенсивным деформациям, стоят "на головах" в то время, как непосредственно по внешней границе с разломной зоной отмечается спокойное залегание тех же пород с пологим падением, не превышающим $25^{\circ}-30^{\circ}$ ССВ (рис.2А).

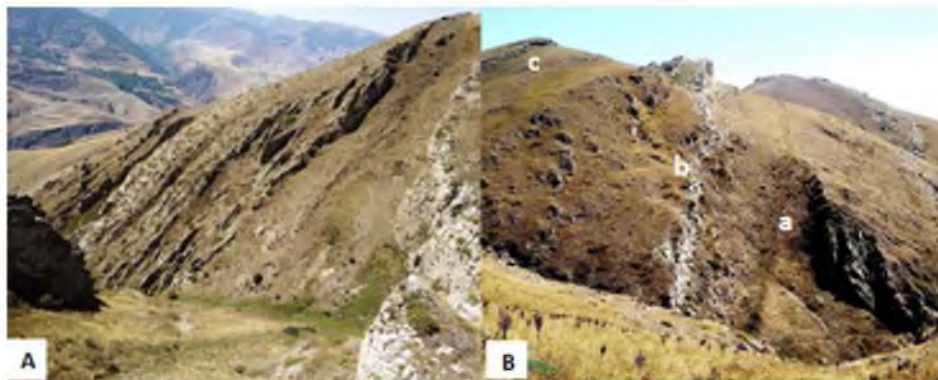


Рис.2. Вертикально падающие пласты меловых известняков в зоне разлома PSSF-9(А); Крупный грабен (В): а- линия предполагаемого выхода сейсмогенного разрыва на поверхность, б-плоскость вертикального сброса, с- пологое залегание иластов вне зоны разлома (вид с запада).

Модель pull apart basin предпалагает наличие условий растяжения, при котором в пределах ромбовидной структуры развивается система сбросов, формирующих грабенообразные тропи. В центральной части исследуемого участка PSSF-9 выделяются два крупных, параллельно ориентированных грабена, образованных системой антитетических (т.е. противоположных падению плоскости разлома) сбросов. В пределах северного грабена по данным дистанционного зондирования и полевым наблюдениям выделяется линия предполагаемого выхода разрыва на поверхность,

произошедшего, вероятно, во время недавнего или времени землетрясения (рис.2В-а). При полевых исследованиях выяснилось, что вдоль линии разрыва сравнительно недавно была проложена грунтовая дорога, которая в какой-то степени маскирует его, однако при этом разрыв отчетливо интерпретируется на архивном аэрофотоснимке 1949 года, что свидетельствует о сейсмогенной природе данной структуры. Ширина южного грабена около 150м, северного 70м, где по визуальной и полевой оценке максимальная вертикальная амплитуда смещения достигает 30м (рис.2В-б). Существующие в pull apart basin условия интенсивного растяжения, способствовали формированию линейно вытянутой вдоль разлома деформации поверхности в виде системы чередующихся тектонических депрессий.

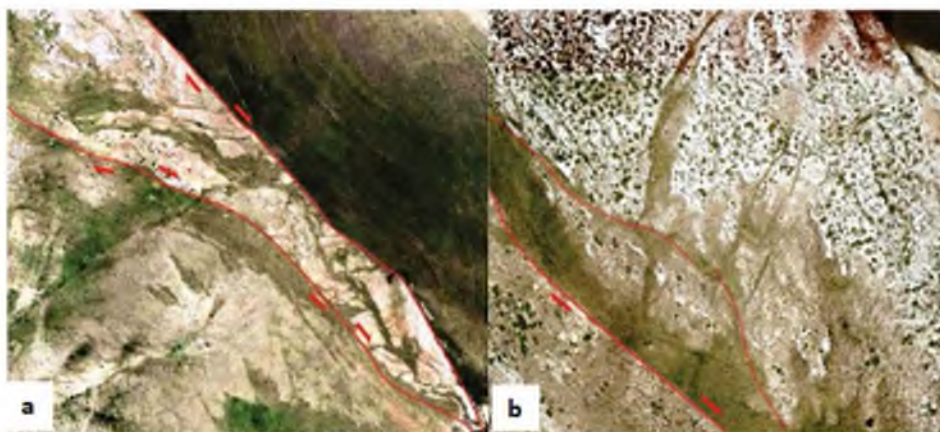


Рис.3. Сколы Риделя - дугообразные полосы на аэроснимке, сформированные в результате деформаций между двумя сходящимися ветвями правосдвиговых разломов (а); поперечные трещины растяжения в виде темных ветвящихся полос, ориентированных вкrest простирания зоны основного разлома (б).

Неоднократные подвижки по двум расходящимся под острым углом ветвям правосдвиговых разломов привели к интенсивным деформациям межразломного пространства с образованием здесь различных типов трещин. Указанные структуры растяжения представлены двумя типами трещин. К первому типу относится система левостороннего ряда мелких структур - т.н. "сколов Риделя", ориентированных в СЗ направлении под острым углом к основному сдвигу. Указанные деформации отчетливо проявлены на аэрофотоснимках высокой резолуции в виде системы взаимоподставляющих дугообразных узких полос, различающихся по тону ввиду их повышенной обводненности (рис.3а). Такие структуры растяжения проявлены на двух отрезках разломной зоны – в ее северо-западном и юго-восточном окончаниях, т.е. в точках схождения ветвей главного разлома в вершинах ромбовидной структуры pull apart basin. В обоих случаях ориентированные сколы Риделя, сформированные в условиях горизонтального сдвига, имеют левосторонний тренд подставле-

ия, что согласно сдвиговой модели свидетельствует о правосторонних смещениях по отдельным ветвям главного разлома.



Рис.4. Феномен "разбитого" хребта. Обрушение произошло в результате сильного сейсмического удара: а- древний фрагмент обрушения, б- современный обвал (3D модель хребта с аппликацией аэрофотоснимков высокого разрешения).

Ко второму типу относятся мелкие раскрытые трещины растяжения с поперечным к основному сдвигу ССВ простиранием (рис.4б). Указанная система трещин развита в центральной части pull apart basin, т.е. в области наиболее интенсивных растягивающих усилий с образованием крупных грабей-проседаний. Следует отметить, что сочетание сдвигов с опирающимися структурами растяжений и проседаний весьма характерно при сейсмических нарушениях, возникающих в зонах разломов при сильных землетрясениях.

Голоценовая активность PSSF-9, проявляемая в южном его окончании, и способность генерировать сильные землетрясения (сарабле) подтверждается рядом фактов, установленных в процессе исследований.

О значительных по амплитуде тектонических подвижках в зоне разлома и крупных сейсмических событиях, произошедших в данном ареале, свидетельствует феномен т.н. "разбитых хребтов", наблюдаемый на территориях с высокой сейсмичностью. Не менее 5 случаев "разбитого" хребта насчитывается в пределах изученного участка разломной зоны PSSF-9, которые охватывают водораздельную часть массива, сложенного меловыми известняками. Система, состоящая из трех участков разбитого хребта, структурно сопряжена с вогнутыми депрессиями склонов. Скаль-

ные иороды, слагающие хребет, несут на себе следы древних сейсмических событий. Свидетельством землетрясений, произошедших в недалеком прошлом, служат разбитые трещинами, раздробленные и отчлененные от оснoвного массива отдельные блоки и глыбы известняков, что указывает на типичный сайт-эффект в условиях сравнительно недавнего ио времени сейсмического события.

На рис.4 показан разбитый фрагмент хребта, сложенный массивными известняками, который обрушился в результате сильного и, вероятно, близвертикального сейсмического удара, образовав крупный просевший блок в южном окончании разлома. Об интенсивном деформировании состояния массива пород, слагающих блок, свидетельствует система трещин растяжения, структуры сбросов и сдвигов, проявленные на его поверхности.

В зоне обрушения ио плоскостям напластования известняков местами фиксируется тектоническая штриховка, свидетельствующая о сбросо-сдвиговой кинематике подвижек. В условиях сдвиговых деформаций ио главному разлому наблюдается сегментация с разбивкой на отдельные структурные элементы, веерообразно расходящиеся к югу. Согласно общепринятой в сейсмотектонике модели сдвиговых смещений, плоскости отдельных сегментов сходятся и соединяются на глубине, образуя т.н. "цветковую структуру". На рис.5 показан поперечный разрез зоны PSSF-9с интерпретацией геометрии разломов на глубине и кинематики подвижек по ним согласно упомянутой модели.

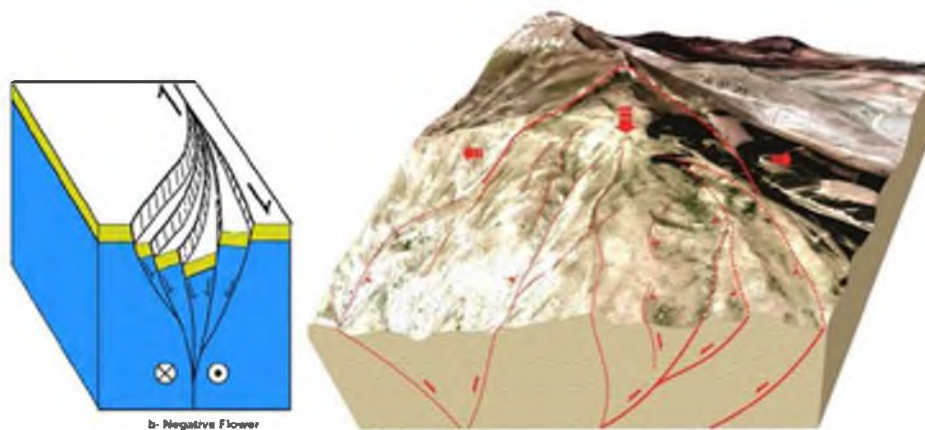


Рис.5. Интерпретация глубинной геометрии и кинематика разломов согласно 3Dмодели "цветковой структуры" в зоне PSSF-9 (поперечный разрез разломной зоны на участке разбитого хребта).

Анализ углов падения отдельных пачек пород в деформированной среде, определение направлений и величин смещений по плоскостям разрывов свидетельствуют о существовании глубинных растягивающих усилий, которые привели к значительной дезинтеграции пород просевшего

блока. О напряженно-деформированном состоянии и аномально повышенной трещиноватости пород, слагающих периферию блока, свидетельствуют камнепады и сравнительно свежие вывалы из скалпов древних обрушений разбитого хребта (рис.4б).

При переходе в правобережье р. Воротан зона PSSF-9 сужается, трансформируясь в линейную структуру шириной около 100м, которая прослеживается на расстояние около 2-3км к югу и заканчивается недалеко от с. Татев. С зоной главного разлома с востока под острым углом сочленяется оперяющая ветвь разлома. Во время полевых исследований в границах разломной зоны были выявлены интенсивно перемятые, расщепленные и раздробленные до состояния щебня плитчатые известняки и песчаники верхнемелового осадочного комплекса. На космических снимках в обоих флангах разломной зоны наблюдается хорошо выраженная приразломная складчатость, выделяемая по характерным изгибам пластов. В частности, выявляется сильно сжатая килеобразная синклиналичная складка, примыкающая к западному флангу разлома. Углы падения плоскостей напластований в восточном крыле складки колеблются в пределах 60° - 70° , а азимуты простирания в интервале 240° - 250° ЮЗ. Вдоль контактной линии с разломом, формирующие складку пласты резко переходят в вертикальное залегание, а в зоне разлома наблюдается активное их смятие, сопровождаемое интенсивным дроблением всей массы слагающих пород (рис.6).

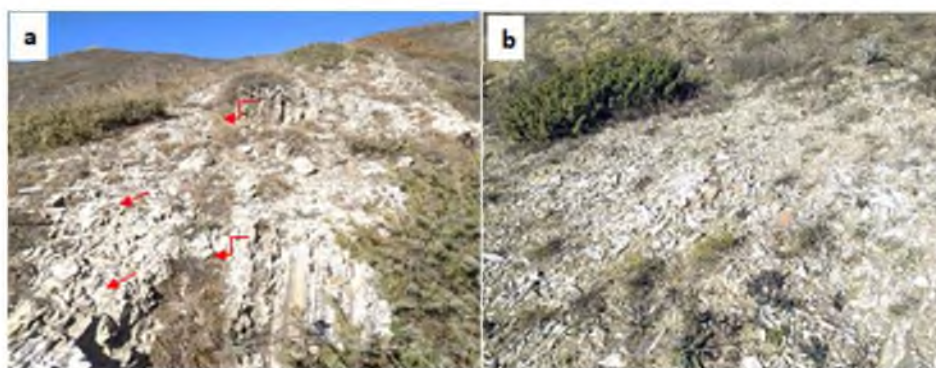


Рис.6. Резкий переход плоскостей напластований в вертикальное залегание по контакту приразломной складки с главным разломом (а). Раздробленные до состояния щебня известняки зоны разлома (б).

Оценка кинематики активных подвижек – сдвигов, сбросов и растяжений, произошедших в голоцене, основана на данных анализа новейших деформаций поверхности и изменений дренажной сети. По данным дистанционного зондирования некоторые притоки р. Воротан, пересекающие разломную зону PSSF-9, подвержены различным деформациям и изгибам, свидетельствующим об активных смещениях как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении.

На исследуемой территории в результате вертикальных подвижек по плоскостям сбросов наблюдаются различные типы сейсмотембров-

вания и разрывов (отсечения) русел мелких водотоков. Если плоскость сброса ориентирована против уклона склона, то при пересечении им водотока наблюдается дамбирование русла и накопление осадков, выносимых рекой. В последствии русло прорезывает возникшую дамбу, изменив свою конфигурацию (рис.7а). Хорошим примером является сейсmodамбирование системы левых притоков р. Воротан при пересечении ими активной ветви PSSF-9. Здесь на участках дамбирования фиксируются следы старых речных наносов, образующих промежуточный конус выноса (fan), а также эрозионные врезы, участки смещения русел и прорыва дамбы (рис.7b,c).



Рис.7. Сейсmodамбирование и смещения системы левых притоков р. Воротан при пересечении ими активной ветви PSSF-9: 3D модель (а), ортофотоснимок (b), иравосдвиговое смещение русла и эрозионный размыв сейсmodамбы (с) (июлевой снимок).

В другом случае, когда падение плоскости разлома ориентировано вдоль уклона склона, наблюдается отсечение верховьев реки от основного русла с образованием "висячих" водотоков или т.н. "мертвых долин". Сформированные при этом системы вертикальных карнизов расчлениют русло водотока на отдельные фрагменты, расположенные на разных гипсометрических уровнях. В качестве наглядного примера могут служить отсеченные от верховьев и деформированные русла левых притоков

р. Воротан при пересечении ими тектонических скарпов, образовавшихся в результате серии субвертикальных синтетических сбросов СЗ простирания (рис.8).

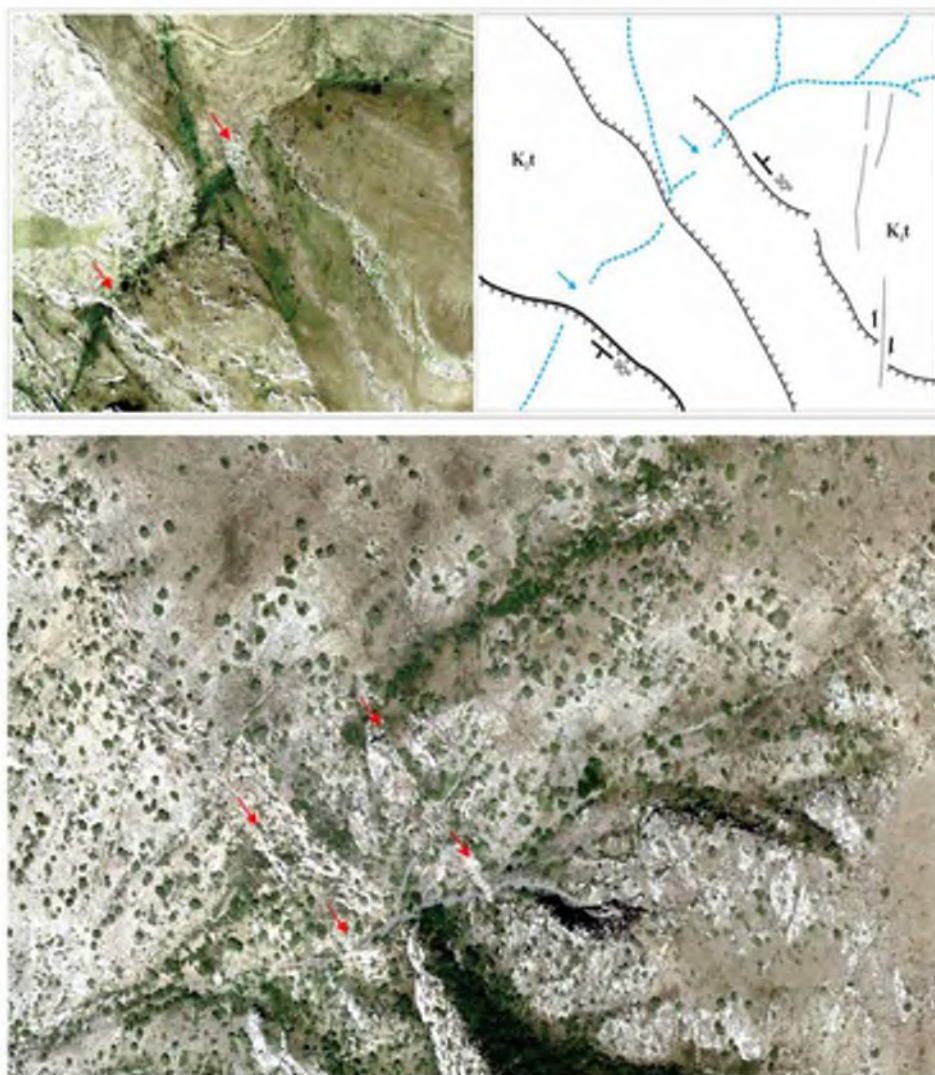


Рис.8. Отсечинные от верховьев и деформированные поперечными тектоническими уступами русла водотоков в зоне активного разлома PSSF-9 ("мертвые долины").

В центральной части главного разлома выделяется система аномальной дренажной сети, выраженная на аэрофотоснимках в виде темных, линейно изогнутых полос благодаря их повышенной обводненности и "просвечиванию" из-под современного почвенного слоя. Анализ топографии участка местности показывает абсолютное несоответствие простираний древних водотоков уклонам рельефа и рисунку современной дренажной сети. Подобная перестройка палеогидросети очевидным образом

связана с изменениями рельефа в голоцене в результате значительных тектонических деформаций в зоне разлома. По данным дистанционного зондирования и крупномасштабных топографических карт в центральной части зоны разлома наблюдается прогибание поверхности рельефа (депрессия), непосредственно граничащая с тектонически приподнятым участком (воздымание). Совместная интерпретация дистанционных изображений и карты уклонов рельефа позволяет реконструировать геометрию древней дренажной сети при переходе из области депрессии в область межрусловых поднятий с реликтовыми следами водотоков на них. При этом фиксируется правостороннее смещение напорных русел от первоначальной позиции на расстояние примерно 40 м вдоль плоскости тектогенного разрыва.

Свидетельством археосейсмичности в исследованном сегменте PSSF-9 служит построенная в древности стена, обнаруженная в области "разбитого" хребта в южной части разломной зоны. Возраст стены, выложенной на поверхности обвалившегося в результате сейсмического удара хребта, может служить в качестве пост-даты возможно исторического землетрясения. При обследовании остатков стены, выстроенной из обвалившихся при землетрясении каменных глыб, обнаруживаются поперечные трещины, пересекающие постройку в нескольких местах. Трещины с шириной раскрытия до 0,5 м и более местами завалены крупными глыбами, вероятно выпавшими уже из самой стены во время последующих сейсмических сотрясений, что свидетельствует о более позднем по времени сейсмическом событии. Результаты более детальных архео- и макросейсмических исследований, планируемых в будущем, могут предоставить более надежную информацию о времени разрушения стены. Полученные данные могут служить пост-датой обрушения хребта во время сильного сейсмического события и одновременно пре-датой для более позднего исторического землетрясения, разрушившего стену.

Согласно имеющемуся каталогу исторических землетрясений, на расстоянии примерно 4-5 км к западу от села Татев располагаются эпицентры 4-х исторических землетрясений, произошедших в 429 AD ($M=6.5$), 439 AD ($M=6.5$), 1138 AD ($M=6.6$) и 1308 AD ($M=6.1$). Учитывая расстояние от линии главного разлома до эпицентров исторических землетрясений и, приняв их эмпирическую глубину равную 10 км, можно оценить примерный угол падения плоскости смещения главного разлома в 65° - 70° при азимуте падения на юго-запад.

Таким образом, сеймотектонические исследования, впервые проведенные в южном окончании 9-го сегмента Памбак-Севан-Сюнникского разлома (PSSF-9), позволяют выяснить и уточнить не только геометрию и кинематику смещений по разлому, но и оценить и обосновать его сейсмическую активность на протяжении голоцен-исторического времени.

Լիտերատուրա

- Գեոթերմալ գիտահետազոտական ընկերություն. 2009. Գոթիձոր և Կարկառ երկրաջերմային տեղամասերում երկրաբանական դաշտային աշխատանքներ, Մագնիսաթելուրային (MT) խորագնում: Հայաստանի երկրաջերմային ծրագիր, GEF Դրամաշնորհ թիվ TF:092563, E82009, Երևան, թ., 214 էջ
- Hart E., Bedrossian, T., Ridley A. 1980. Greenville fault, east Livermore Valley: California Division of Mines and Geology, field trip guide. 9p.
- International Commission on Stratigraphy. 2020. International Chronostratigraphic Chart, www.stratigraphy.org
- International Consortium composed of AIR International (USA), GEM (Italy) and GEORISK Scientific Research CJSC (Armenia). 2018. Probabilistic Seismic Hazard Assessment for the Republic of Armenia, Project #7179350, 739p.
- Interpretation of the data of geothermal investigations at the Karkar Site. 2012. Independent interpretation of the results of the 3D MT, gravity and CO2 surveys conducted at the Karkar Site Project GEF-CS-4/2008, Final Report by GEORISK CJSC, 170 p.
- Karakhanyan A., Badalyan R., Harutyunian A., Avagyan A., Philip H., Davtyan V., Alaverdyan G., Makaryan K., Martirosyan M. 2016. SPE525-14. Archaeoseismological Studies at the Pambak-Sevan-Syunik Fault System, Armenia, Geological Society of America Special Papers, 525 p.
- Ritz J.-F., Avagyan A., Mkrtchyan M., Nazari H., Biard P.-H., Karakhanian A., Philip H., Balescu S., Mahan S., Huot S., Münch P., Lamothe M. 2016. Active tectonics within the NW and SE extensions of the Pambak-Sevan-Syunik fault: Implications for the present geodynamics of Armenia. Quaternary International, volume 395, p.61-78 (<https://www.journals.elsevier.com/quaternary-international>)
- Walker M., Johnsen S., Rasmussen S.O., Popp T., Steffensen J.-P., Gibbard Ph. , Hoek W., Lowe J., et al. 2008. Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. Journal of Quaternary Science, vol. 24, issue 3, p.3–17
- White J.T., Karakhanyan A., Connor C.B., Connor L., Hughes J.D., Malservisi R., Wetmore P. 2015. Coupling geophysical investigation with hydrothermal modeling to constrain the enthalpy classification of a potential geothermal resource. Journal of Volcanology and Geothermal Research, p.59–70.

ԱՎԱԳՅԱՆ ԱՆՆԱՐԿՈՒՄԻ ԿԻՆԵՄԱՏԻԿԱՅԻ ԵՎ ՈՒԺԵՂ
ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ՀԵՏՔԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ
ՓԱՍՏԱԿ-ՍԵՎԱՆ-ՍՅՈՒՆԻԲ ԽՉՎԱԾՔԱՅԻՆ ԳՈՏՈՒ
ՀԱՐԱՎԱՅԻՆ ՍԵՓՄԵՆՏՈՒՄ

Բաղդասարյան Հ.Ռ., Առաքելյան Դ.Գ.

Ամփոփում

Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի 9-րդ սեգմենտում աերոտիեզերական նկարների վերլուծության և դաշտային աշխատանքների արդյունքում ստացված նոր տվյալները թույլ են տալիս վերագնահատել խզվածքի երկրաչափական պարամետրերը, որոշել ակտիվ տեղաշարժերի կինեմատիկան և ճշգրտել խզումնային զոտու առանձին կառուցվածքային տարրերի առնաձևահատկությունները: Ուսումնասիրման արդյունքում բացահայտվել են հնում տեղի ունեցած պատմական երկրաշարժերի հետքերը, հաստատվել են տվյալ տարածքում բարձր արխետեսյամիկության դրսևորման վկայությունները:

STUDY OF THE KINEMATICS OF ACTIVE DISLOCATIONS AND SIGNS OF STRONG EARTHQUAKES ON THE SOUTHERN SEGMENT OF THE PAMBAK-SEVAN-SYUNIK FAULT ZONE

Baghdasaryan H. R., Arakelyan D. G.

Abstract

The new data produced as a result of remote-sensing analysis of air photos and satellite images and the field works conducted on the 9th segment of the Pambak-Sevan-Syunik Fault enable a re-evaluation of the geometrical parameters of the fault, determination of the kinematics of active dislocations and clarification of individual features of structural elements of the faulting zone. The study enabled identifying signs of historical earthquakes that occurred in the past and recording evidence of high archeo-seismicity manifestations in the studied area.