

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗРЫВНОГО ПАРАГЕНЕЗА НЕКОТОРЫХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ СТРУКТУР ЧЕХЛА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ, ОБУСЛОВЛЕННЫЙ СДВИГАМИ В ФУНДАМЕНТЕ

Малышева Анна Николаевна

Геологический факультет МГУ, Москва, ester_pentakl@mail.ru

Постановка задачи. Сдвиги играют очень большую роль в структуре земной коры к тому же с ними связаны месторождения нефти и газа, поэтому они, начиная с 30-х годов прошлого столетия, были экспериментально изучены многими исследователями [1, 4, 7 и мн. др.]. Возникающие в опытах структурные парагенезы, когда более, когда менее, успешно сопоставлялись с природными. Однако в связи с развитием методов сейсморазведки 3D, позволяющей увидеть детальную геометрию структур на глубине, появились данные, которые не согласуются с результатами моделирования. Из этого следует, что какие-то важные факторы в таких моделях не учитываются. Рассмотрим это противоречие на примере одной из нефтегазоносных структур Западной Сибири и покажем возможный путь выхода из него.

Структуры, возникающие в чехле над сдвиговым разломом фундамента, – *зоны сдвига Риделя* (Riedel shear zones [например, 8]) – моделировались чаще всего.

В Лаборатории тектонофизики и геотектоники им. В.В. Белоусова МГУ автором совместно со студентами А.В. Богатовым и И.А. Никитиным под руководством к. г.–м. н. Н.С. Фроловой также была проведена серия экспериментов.

На ранних стадиях развития этих зон (рис. 1а) доминируют *R*-сколы, которые: (а) расположены эшелонированно и симметрично относительно линии проекции разлома на поверхность; (б) пересекают ось сдвиговой зоны под углом в среднем 15°; (в) вертикальны в своей центральной части, а на флангах падают под крутыми углами друг навстречу другу. В разрезе, проведенном поперек смежных сколов, наблюдается “структура цветка”; (д) в обстановке дополнительного сжатия, перпендикулярного сдвиговому разлому (транспрессия), углы между направлением сдвига и *R*-сколами увеличиваются. Над разломом возникает поднятие, выраженное в рельефе и сопровождающееся взбросами и надвигами [6]; (е) в обстановке сочетания сдвига с растяжением, перпендикулярным его направлению (транстенсия), углы *R*-сколов с осью сдвига уменьшаются, в рельефе образуются впадины, находящиеся в парагенезе со сбросами [5].

В осадочном чехле севера Западно-Сибирской плиты сейсморазведкой 3D выявлены линейные в плане эшелонированные системы малоамплитудных сбросов. Имеются основания полагать [3], что они связаны с происходившими в

новейшее время сдвигами вдоль разломов в фундаменте. На детально изученной площади Еты-Пуровского вала имеется несколько таких систем, которые обладают следующими особенностями: (а) в большинстве случаев отдельные сбросы не образуют единого разрыва, пересекающего ось системы; (б) средние величины углов между простиранием этой оси и простиранием самих сбросов составляют около 30° в самой нижней части разреза чехла и увеличиваются до 50° в его средней и верхней частях; (в) по разные стороны от осей эшелонированных систем сместители сбросов падают в противоположных направлениях под средними углами ($50-60^\circ$, реже больше) и нигде не имеют субвертикального залегания; (г) границы слоев полого падают в направлении, противоположном падению сместителей сбросов; (д) амплитуда сбросов и угол падения слоев максимальны в средней части разреза и убывают как вниз, так и вверх; (е) разрывы сходятся к фундаменту, образуя “структуру цветка”, а слои обрисовывают антиформу с просевшим” по сбросам сводом. Перечисленные особенности структуры в схематичном виде отражены на рис. 1в.

С большой долей вероятности можно считать, что эшелонированные системы разрывов в чехле образовались при небольшой амплитуде сдвигов по разломам в фундаменте [3], а сами разрывы являются *R*-сколами, сдвиговая составляющая которых не выявляется методом сейсморазведки. Между тем, описанная структура сильно отличается от полученной в экспериментах: (а) разрывы чехла не пересекают ось зоны сдвига; (б) угол между простиранием сместителей разрывов и сдвигом в фундаменте слишком велик для сдвиговой зоны Риделя (см. рис. 1а), однако сбросовая кинематика разрывов не позволяет предполагать режим транспрессии; (в) в любых разрезах отсутствуют вертикальные и крутые углы наклона сместителей разрывов; (г) нетипичным является сочетание антиформных поднятий со сбросами. Таким образом, структурный парагенез Еты-Пуровского вала не мог сформироваться в поле напряжений сдвиговой зоны Риделя, а также зон транспрессии или транстенсии.

Причина несовпадения природных и экспериментальных даны, по мнению М.А. Гончарова [2], заключается в том, что в опытах “чехол” не оказывает значительного сопротивления сдвиганию пластин жесткого “фундамента”, поскольку имеет те же размеры и перемещается вместе с ними. В природе сдвиговые разломы фундамента имеют конечную длину, а чехол действительно “бесконечен”. Он имеет большую мощность (на Еты-Пуровском валу до 4,5 км), его подошва испытывает большую литостатическую нагрузку, и сила трения на границе чехла с фундаментом значительна. Из всего этого следует, что чехол сопротивляется сдвиганию фундамента, который перемещается под неподвижным чехлом, будучи сцепленным с ним. Нетрудно видеть, что в этой ситуации возникает напряженное состояние простого сдвига с вертикальной ориентировкой плоскости, в которой располагаются оси

максимального сжатия и растяжения. Эту обстановку можно назвать горизонтальным скашиванием и в ней должны формироваться *R*-сколы в виде весьма пологих сбросов с углами падения сместителя около 15° , что и было получено нами в экспериментах на влажной глине (рис. 1б).

Мы полагаем, что в природе происходит интерференция напряжений, возникающих в чехле вследствие сдвига вдоль вертикального разлома в фундаменте (поле напряжений сдвиговой зоны Риделя, см. рис. 1а), и напряжений, возникающих из-за сопротивления чехла (поле напряжений горизонтального скашивания, см. рис. 1б), при этом возникает промежуточное поле напряжений. В первом приближении можно считать, что азимуты и углы падения формирующихся в этом поле сколов Риделя также имеют промежуточные значения. Именно такие углы и зафиксированы в районе Еты-Пуровского вала (см. рис. 1в). Становится понятным и наличие сбросовой составляющей *R*-сколов. Нами был поставлен эксперимент, в котором два блока фундамента сдвигались друг относительно друга, а чехол (влажная глина) удерживался и оказывал сопротивление. В результате сформировались сколы Риделя, образующие угол около 30° с направлением сдвига, а не 15° , как в зонах сдвига Риделя. Падение *R*-сколов наклонное, а не субвертикальное.

Поскольку амплитуда сбросов, по геофизическим данным, уменьшается до нуля как в нижней, так и верхней части разреза, а рельеф дневной поверхности остается плоским, смещения по сбросам неизбежно должны сопровождаться перекашиванием слоев, причем этот перекокс максимален в средней части чехла (см. рис. 1в, разрез ГГ'). Поскольку по разные стороны сдвига блоки фундамента движутся в противоположных направлениях, то геометрия структуры в одном крыле сдвига является симметричным (относительно вертикальной оси) отражением таковой в другом. Это приводит к тому, что в разрезе, проведенном вкрест простирания сбросов (см. рис. 1в, разрез ДД'), имеет место антиформа.

Вывод. Проведенные исследования показали, что кроме известных типов комбинированных геодинамических обстановок, таких как транспрессия и транстенсия, возможно существует сочетание сдвига (зоны Риделя) с горизонтальным скашиванием. Именно в этой обстановке сформировался необычный сдвиговый парагенез Еты-Пуровского вала. Сопротивление чехла сдвиговым перемещением в фундаменте и вызванные этим напряжения следует учитывать и в других районах.

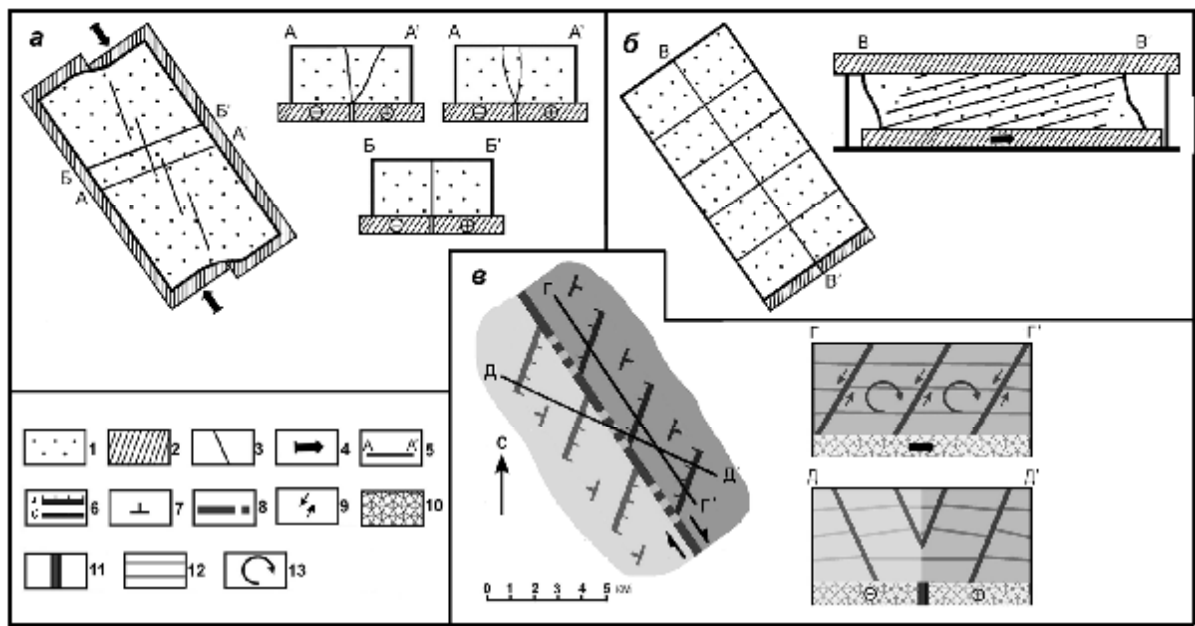


Рис. 1. Сколы Риделя в эксперименте и природе.

а – зона сдвига Риделя. Схема экспериментов и вертикальные разрезы: ББ' – через центральную часть *R*-скола; АА' – два примера разрезов, проведенных через фланги *R*-сколов (справа – по [7]); **б** – схема эксперимента по воспроизведению горизонтального скашивания. Верхняя пластина закреплена, а нижняя смещается. Слева – ориентировка *R*-сколов в плане; **в** – схематическая морфология и кинематика одной из зон сдвига Еты-Пуровского вала. Слева – обобщенная структурная схема по кровле одного из горизонтов осадочного чехла, справа – вертикальные разрезы.

1 – эквивалентный материал; 2 – жесткие пластины; 3 – *R*-сколы в эксперименте; 4 – направление смещения жестких блоков; 5 – линии разрезов; 6 – сбросо-сдвиги: а – в плане, б – на разрезах; 7 – элементы залегания кровли горизонта; 8 – граница смены направления падения сместителей сбросо-сдвигов, расположенная над сдвиговым разломом в фундаменте; 9 – направление смещения по сбросо-сдвигам на разрезе; 10 – фундамент; 11 – сдвиговый разлом в фундаменте; 12 – слои в осадочном чехле; 13 – направление вращения слоев. Более темным тоном обозначен чехол на СВ-крыле правостороннего сдвигового разлома фундамента, движущемся в плане к ЮВ, а на разрезе ДД' – в сторону наблюдателя (знак “плюс” в кружке). Более светлым тоном обозначен чехол на ЮЗ-крыле разлома, движущемся в плане к СЗ, а на разрезе ДД' – в сторону от наблюдателя (знак “минус” в кружке).

Литература:

1. Борняков С.А. Тектонофизический анализ процесса формирования трансформной зоны в упруговязкой модели // Проблемы разломной тектоники. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1981. С. 26–44.
2. Гогоненков Г.Н., Гончаров М.А., Короновский Н.В., Тимурзиев А.И., Фролова Н.С. Механизм формирования нефтегазоносных структур «пропеллерного» типа (на примере Западно-Сибирской плиты) // Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики (Материалы ХLI Тектонического совещания.) Том 1. М.: ГЕОС, 2008. С. 204–208.
3. Гогоненков Г.Н., Кашик А.С., Тимурзиев А.И. Горизонтальные сдвиги фундамента Западной Сибири. Геология нефти и газа. 2007. №3. С. 3–11.
4. Стоянов С. Механизм формирования разрывных зон. М.: Недра. 1977. 144 с.
5. Dooley T., McClay K. Analog modeling of pull-apart basins // Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 1997. Vol. 81. N 11. P. 1804–1826.
6. McClay K., Bonora M. Analog models of restraining stepovers in strike-slip fault systems // Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 2001. Vol. 85. N 2. P. 233–260.
7. Naylor M.A., Mandl G , Sijpesteijn C.H.K. Fault geometries in basement-induced wrench faulting under different initial stress states // Jour. Struct. Geol. 1986. Vol. 8. P. 737–752.
8. Sylvester A.G. Strike-slip faults // Geol. Soc. Amer. Bull. 1988. Vol. 100. P. 1666–1703.

ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ВЕРХНЕДЕВОНСКИХ (D3FR-FM) ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ХОРЕЙВЕРСКОЙ ВПАДИНЫ (ТИМАНО-ПЕЧОРСКАЯ НЕФТЕГАЗОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ)

Мальшева Екатерина Сергеевна

Геологический ф-т МГУ, Москва, tigrakatenok@rambler.ru

В результате изучения карбонатных пород верхнего девона автором были выявлены следующие постседиментационные изменения: структурно - минеральные и текстурные. Среди первых отмечается перекристаллизация, в основном это перекристаллизация иглокожих (а) и частично цементирующей массы (б) (рис. 1). В одном случае видны как бы тени криноидей – в центральной части загрязненность – из-за мельчайших включений, образовавшихся за счет сетчатого строения иглокожих (включения слабо ориентированы по сетке) (в), а вокруг них светлая, более чистая регенерационная кайма кристаллического