

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ ТЕКТОНИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. М.В.ЛОМОНОСОВА
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**ОБЩИЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ
ПРОБЛЕМЫ ТЕКТониКИ
И ГЕОДИНАМИКИ**

**Материалы
XLI Тектонического совещания**

Том 2

Москва
ГЕОС
2008

О диагностике деформированного состояния крыльев разломов и их внутренней зоны по типам вторичных нарушений

При изучении сдвиговых зон основной интерес вызывает восстановление полей напряжений и то, как они выражаются в появлении вторичных структур. Соответственно наличие известных типов вторичных структур в экспериментах и в природных структурах используется для интерпретации напряженного состояния общей структуры (см. работы С.И. Шермана, К.Ж. Семинского, С.А. Борнякова, Л.М. Расцветаева, А.В. Михайловой, Ю.Л. Ребецкого и др.). В целом исследователи ограничиваются представлениями об отсутствии существенных деформаций среды как самой зоны, так и ее крыльев, оставаясь, тем самым, в рамках исследования только полей напряжений. Развивая намеченный ранее [3] подход к совместному рассмотрению полей напряжений и полей деформаций в сочетании с анализом развития вторичных нарушений в окрестностях единичного разлома, рассмотрим, каким условиям возникновения деформаций отвечают парагенезы тех или иных вторичных нарушений. Такой анализ деформаций, как предполагается, позволит уточнить условия возникновения структур.

В качестве исходной модели (рисунок, А) рассмотрим общую схему вторичных нарушений в зоне сдвига [2], на которой представлено (как декларировано) поле напряжения при кинематическом простом сдвиге. Все вторичные нарушения здесь собраны в одном рисунке; при этом детального рассмотрения, в каком поле они проявлены, не делалось. С нашей точки зрения для двумерного случая в целом (напряженное состояние чистого сдвига в плоскости рисунка – средняя ось, перпендикулярная этой плоскости, является нейтральной) должны быть развиты трещины растяжения «е», системы вторичных сдвигов «R» и «R'»; «X» и «P» (попарные, 30 и 60° к оси сжатия), «Y» (одиночные, магистральные трещины), а также стилолиты «St» и кливаж «S₁». Остальные структуры (складки «f», надвиги «t» и сбросы «n») могут появиться в том случае, когда средняя ось не является нулевой, т.е. напряженное состояние не является чистым сдвигом. Теперь представим себе, что в пределах исследуемого участка зоны развиты заметные деформации и возникшие амплитуды смещений являются существенными. Сразу можно сказать, что если возникают деформации по средней оси (перпендикулярно

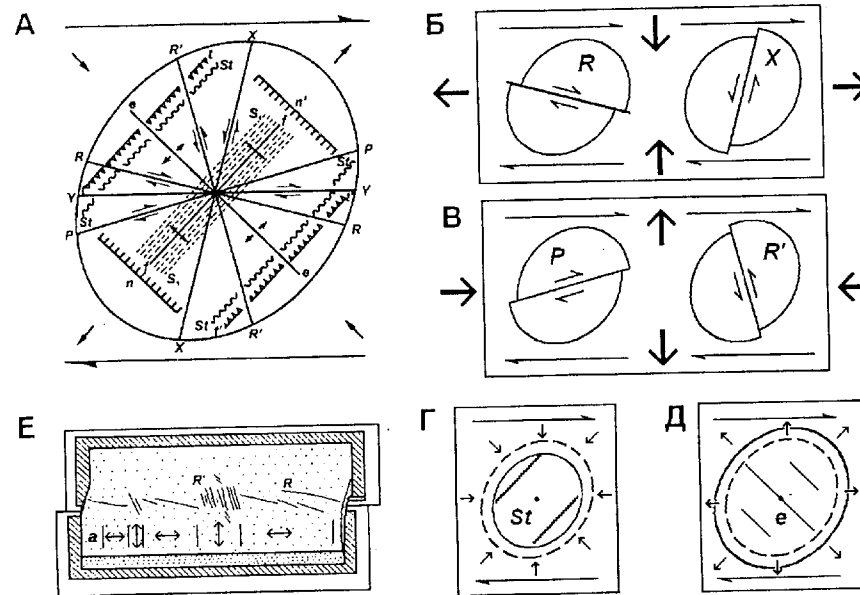


Рисунок. Вторичные нарушения в зоне сдвига при анализе поля напряжений и деформационных обстановок

А – компилятивная диаграмма, иллюстрирующая эшелонированные структуры, характерные для сдвиговой зоны при развитии правого простого сдвига (по [2]), пояснения см. в тексте; Б – вторичные нарушения для обстановки удлинения вдоль зоны сдвига; В – вторичные нарушения для обстановки укорочения вдоль зоны сдвига; Г – стилолитовые швы как индикаторы обстановки уменьшения объема зоны сдвига; Д – трещины отрыва как индикаторы обстановки увеличения объема зоны сдвига; Е – интерпретация деформационных обстановок ареалов распространения трещин двух типов вдоль зоны сдвига при эксперименте (по С.Стоянову, с изменениями): а – стрелками показаны обстановки укорочения и удлинения

плоскости рисунка), то должны развиваться складки «f» и надвиги «t» (удлинение по средней оси) или сбросы «n» (укорочение). Совместное существование этих двух групп маловероятно. Рассмотрим для двумерного случая эффекты увеличения или уменьшения ширины зоны, увеличения или уменьшения длины блока (и крыла разрыва, что то же самое), а также увеличения или уменьшения объема участка зоны. Заметим, что такой случай в самом общем виде рассматривался, например, М.В. Гзовским, который показывал разнонаправленные движения по сопряженным трещинам скалывания в условиях дополнительного сжатия и растяжения (см. [1, рис. 31]).

¹ Институт физики Земли (ИФЗ) им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

Проанализируем, какие структуры возникают в указанных случаях (см. рисунок, Б–Д). Начнем с самого распространенного типа – с трещин Риделя «**R**». При смещении по серии этих трещин будет уменьшаться мощность зоны, что при неизменности объема будет приводить к увеличению ее длины. Такой же эффект должен быть для трещин «**X**». Эти структуры («**R**» и «**X**») в смысле возникающих деформаций являются парными. Сопряженные трещины Риделя «**R'**» (по полю напряжений, к «**R**»-типу) приводят к увеличению мощности зоны и к ее укорочению. Этими же свойствами обладают трещины «**P**». Таким образом трещины «**R'**» и «**P**» также являются парными в отношении возникающей деформации зоны разрыва. Трещины «**Y**» не приводят к изменению длины и ширины зоны. При уменьшении объема образуются стилолитовые швы «**St**» (растворение кальцита под давлением), при увеличении – трещины растяжения «**e**» (переотложение в трещинах отрыва).

Попробуем применить полученные правила для деформационного анализа некоторых стандартных структур. 1. В экспериментах по моделированию вторичных трещин в зонах сдвига обычно возникает чередование участков трещин «**R**» и «**R'**», что обычно остается без объяснения (см. рисунок, Е). Предлагаемый подход позволяет интерпретировать это явление как возникающее чередование участков растяжения и сжатия вдоль простирания всей зоны (и соответственно сжатия и растяжения поперек нее). Как это выражается в локальном поле напряжений – изменениями в ориентировке осей или в коэффициенте Лоде-Надаи, пока неясно. 2. Для единичного сдвига характерны накрест лежащие участки сокращения и удлинения материала у концевых участков сдвига. В соответствии с предлагаемой схемой растяжение вдоль разрыва будет сопровождаться появлением трещин «**R**», а по другую сторону основного разрыва возникнут трещины «**P**»-типа. Отклонение тех и других в разные стороны от линии основного разрыва на 20–25° даст известную структуру «елочки, веера», а в случае развития только трещин «**R**» — «конского хвоста». 3. Рассматривая оползни и покровы по частям, следует разделять их тыловую часть (удлинение) и зону перемещения, где распространены «**R**» трещины, и фронтальную часть (укорочение), в которой будут развиты трещины «**P**»-типа.

Особо отметим, что в природе встречаются различные комбинации ситуаций удлинения и укорочения с увеличением и уменьшением объема, а также уменьшения и увеличения мощности зоны с уменьшением и увеличением объема. Для этих ситуаций будут возникать вполне определенные комбинации трещин «**R**»-типа и «**P**»-типа со стилолитовыми швами «**St**» и трещинами отрыва «**e**».

Поскольку разрывные структуры обладают иерархическими свойствами, то возможно рассмотрение их внутренней структуры, например, для трещин «**R**» (II ранг по отношению к магистральному разрыву). В этом случае они могут состоять из многих отдельных трещин «**R**»-типа III ранга (обратные уступы при развитии стилолитовых швов) или из трещин «**P**»-типа III ранга, сопровождаемых прямыми уступами, трещинами отрыва и минерализацией. Соответственно это будут случаи уменьшения объема зоны II ранга и его увеличения. Возникновение небольших трещин, параллельных магистральной «**Y**», рядом с трещинами «**R**»-типа II ранга с этой точки зрения можно рассматривать так же, как локальное укорочение вдоль «**R**» трещин в их приконцевой части, при котором возникают трещины «**P**»-типа (т.е. «**P**» III ранга параллельны «**Y**» I–II ранга в этом случае).

Таким образом, кинематический анализ разрывных структур, основанный на деформационных парагенезах вторичных нарушений, может давать более детальную картину условий их образования, чем обычный анализ полей напряжений.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы № 6 Отделения наук о Земле РАН «Геодинамика и механизмы деформирования литосферы».

Литература

1. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 536 с.
2. Hancock P.L. Brittle microtectonics: principles and practice // J. Struct. Geol. 1985. V. 7, N 3/4. P. 439–457.
3. Osokina D.N., Yakovlev F.L., Voitenko V.N. Second rank fractures and 3D stress & strain local fields of fault with sides friction as ones development's stages evidence: theory, experiment and natural examples (on the basis of «fracture-crack» and «fracture – shear zone» models study) // EGU April 2007, Vienna: Abstracts. EGU2007-A-10465.