

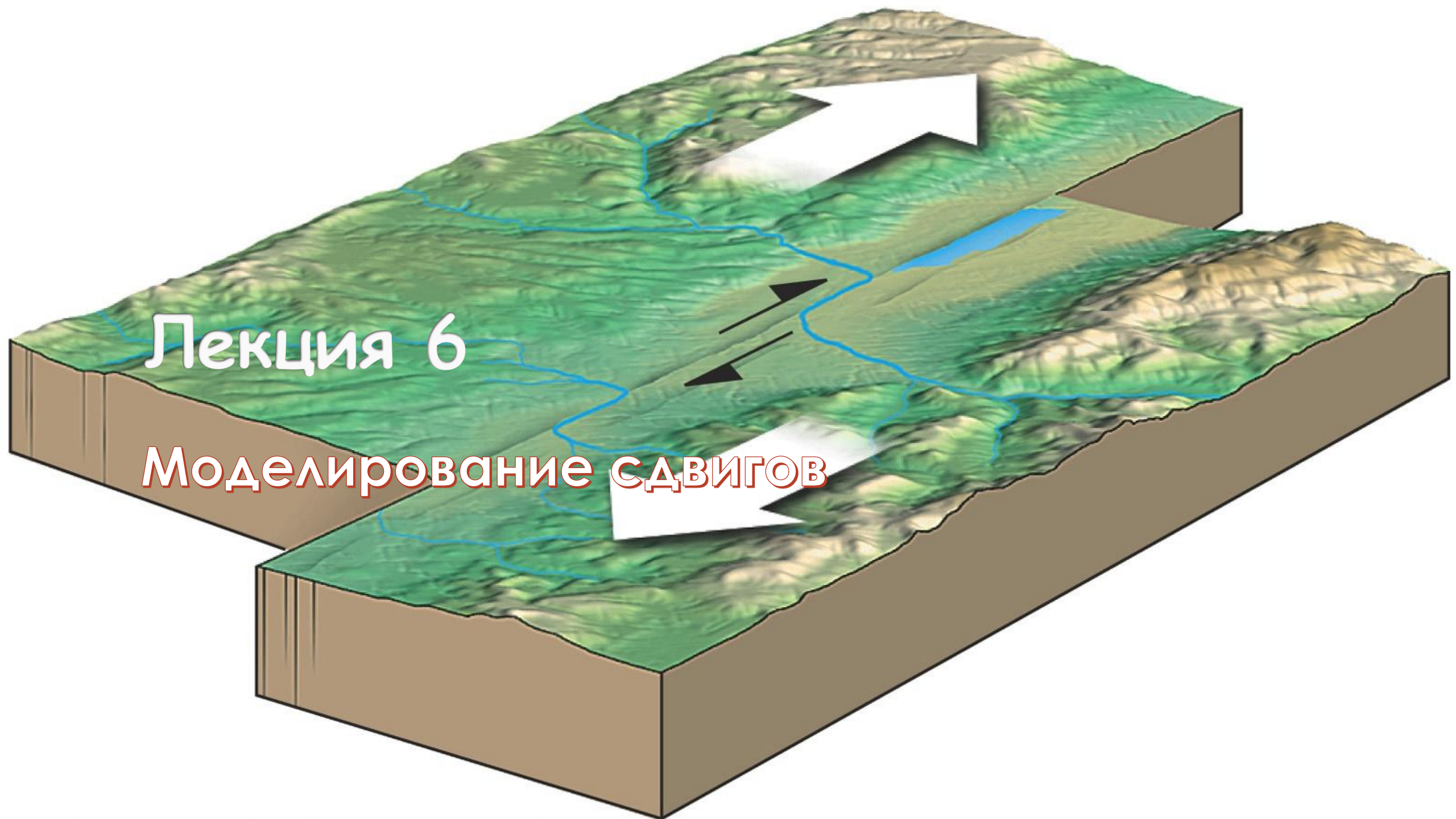


Геологический факультет МГУ
Кафедра динамической геологии
Лаборатория тектонофизики и геотектоники

Лекция 6

Экспериментальная тектоника

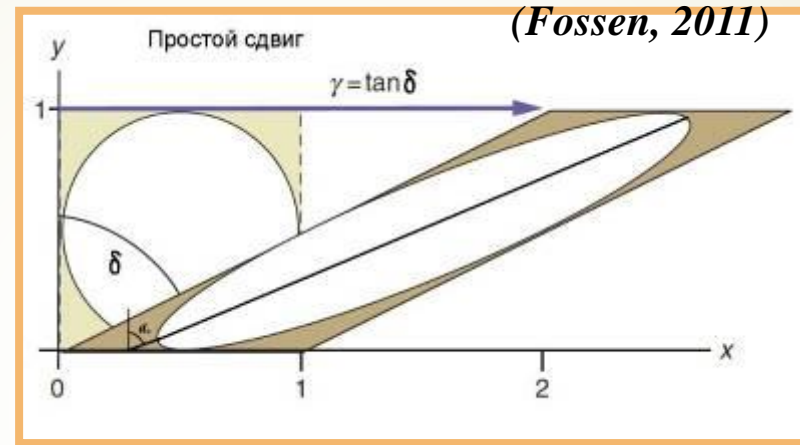
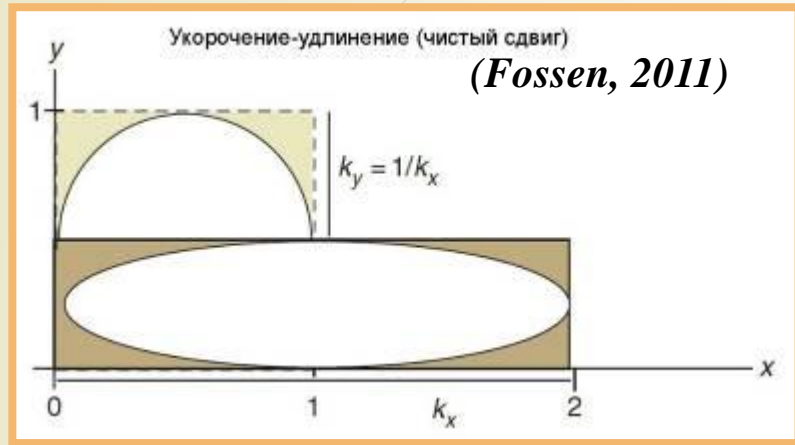
*Курс лекций вед. научн. сотр., канд. геол.-минер. наук
Н.С. Фроловой*



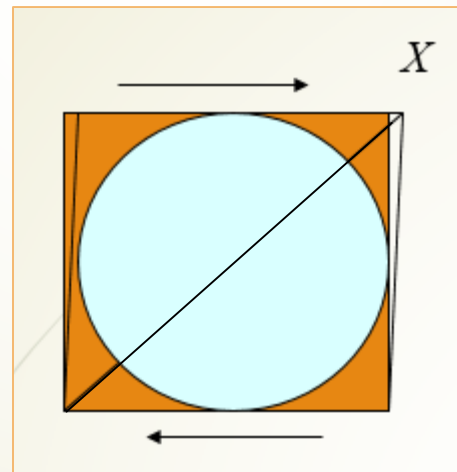
Лекция 6

Моделирование сдвигов

Два типа плоской однородной деформации



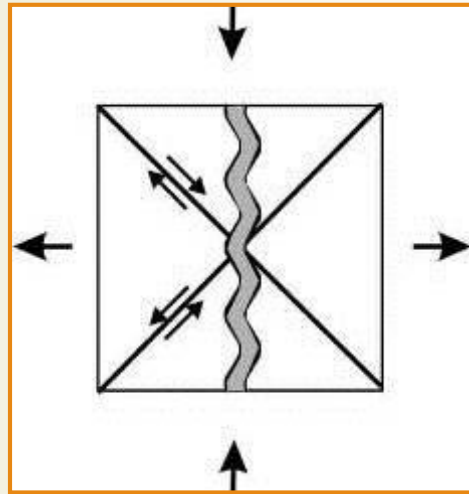
Ось эллипса **малых приращений** деформации простого сдвига (X) ориентирована под углом 45° к направлению сдвига.
В случае малых деформаций оси деформаций и напряжений совпадают



Оси главных нормальных напряжений всегда ориентированы под углом 45° к направлению сдвига.

Доказательство этого приведено в курсе лекций «Тектонофизика»

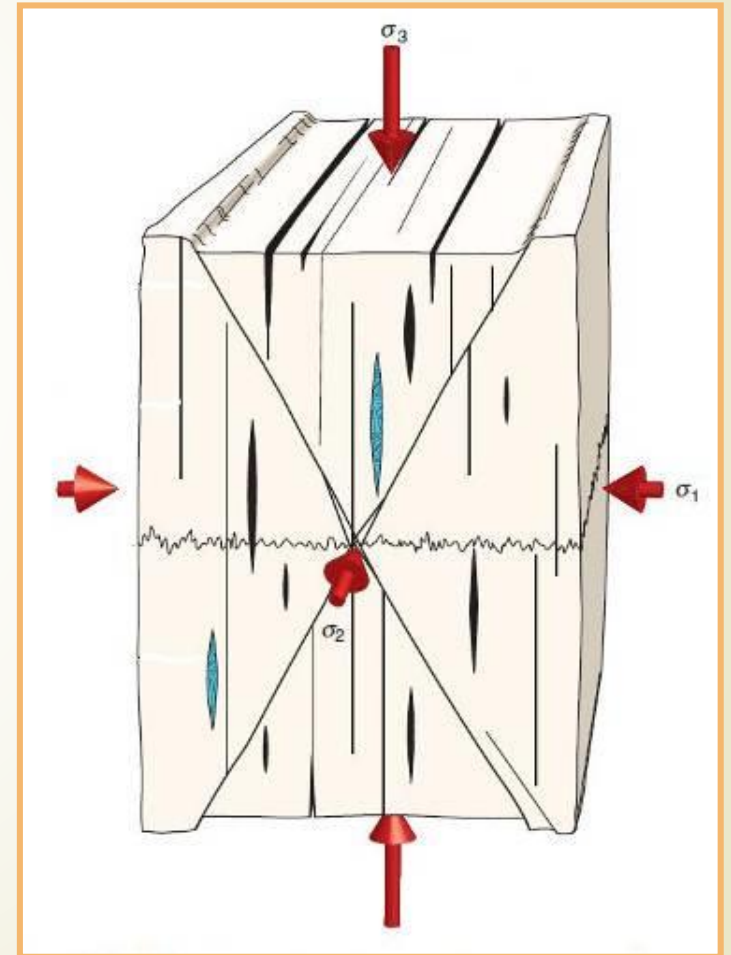
Ориентировка разрывов по отношению к главным осям напряжений



Трещины отрыва и скалывания.
Их ориентировка по отношению
к осям главных нормальных
напряжений

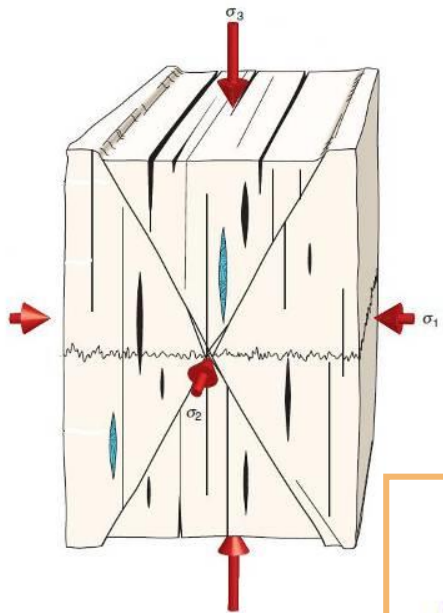
*Угол скалывания в горных породах
в среднем составляет 30 градусов*

(Fossen, 2011)

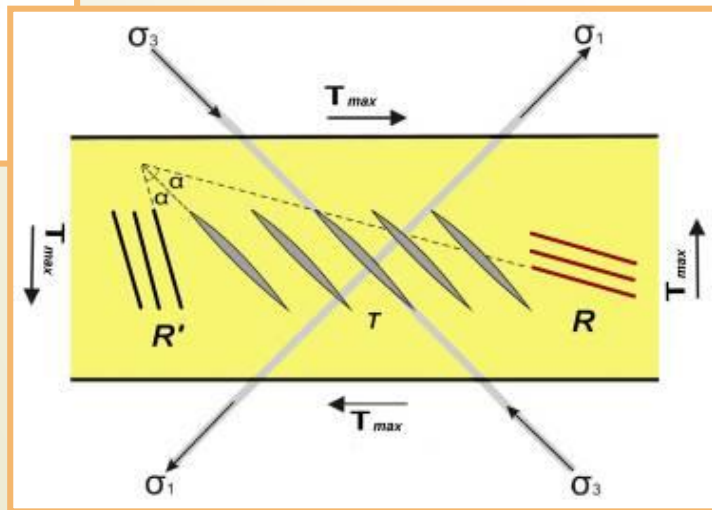


Ориентировка трещин при деформации простого сдвига

Три типа трещин в горных породах (Fossen, 2011)

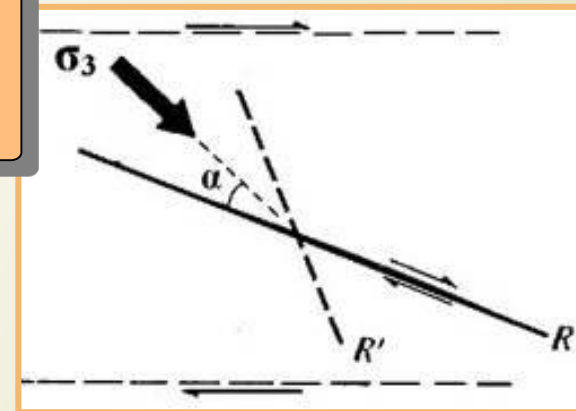


- ✓ В зонах сдвига формируются, в основном, трещины отрыва и трещины скалывания.
- ✓ Все трещины располагаются **эшелонировано**.
- ✓ Трещины скалывания в зонах сдвига называются **сколами Риделя**. Трещины, образующие небольшой угол с направлением сдвига, обозначаются R, а трещины, ориентированные под большим углом — R'



Трещины в зоне сдвига

Здесь α – угол скалывания, среднее значение которого равно 30°



Как ориентированы сколы Риделя по отношению к направлению сдвига? (в градусах)

Типы сдвиговых зон по характеру напряженного состояния

- ▶ 1) сдвиг с однородным напряженным состоянием.
- ▶ 2) сдвиг, в котором напряженное состояние однородно по глубине и неоднородно по латерали;
- ▶ 3) сдвиг, в котором напряженное состояние однородно по латерали и неоднородно по вертикали (вероятно, очень редкий случай);
- ▶ 4) сдвиг, в котором напряженное состояние неоднородно как по горизонтали, так и по вертикали. Это случай, когда на движущихся параллельно друг другу блоках фундамента, лежит чехол.

Большинство описанных в литературе экспериментов посвящено структурообразованию в условиях (4).
За рубежом такой тип сдвига назван зонами сдвига Риделя (RIEDEL SHEAR ZONES).

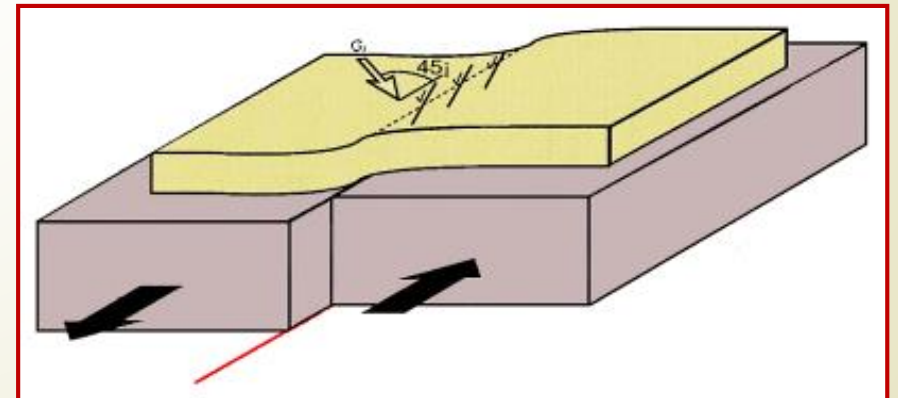
Сдвиговые зоны играют огромную роль в земной коре. С ними также связаны многие полезные ископаемые.

Изучить структурообразование в сдвиговых зонах можно только с помощью моделирования.

СДВИГОВЫЕ ЗОНЫ В АНАЛОГОВЫХ МОДЕЛЯХ

Прямолинейный разлом в фундаменте. Неоднородное поле напряжений в чехле

- ▶ Начало моделирования.
- ▶ Сдвиговые зоны Риделя. Принцип. Неоднородное поле напряжений. Аналогия с природой
- ▶ Результаты и нерешенные проблемы
- ▶ Усложнение экспериментов

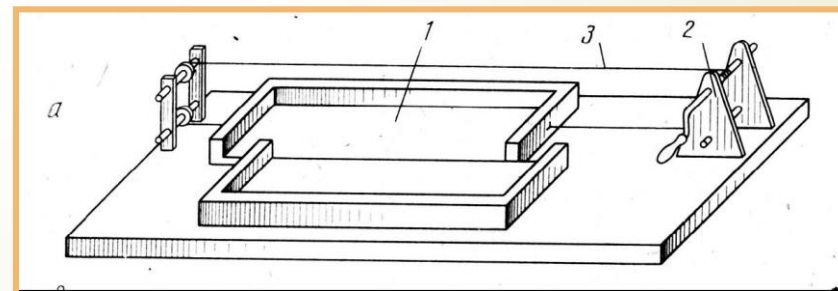
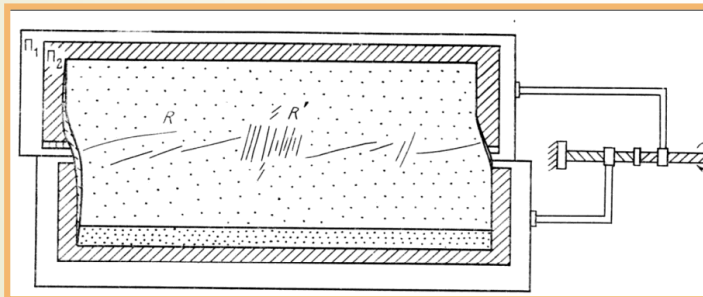


Модели неоднородного по латерали и вертикали простого сдвига



(По Ю.Л. Ребецкому)

Первыми широко известными, тщательно подготовленными и изученными стали эксперименты Г. Клооса (1928) и В. Риделя (1929). Сдвиговые зоны, в которых нагружение осуществляется так, как показано на рисунках, за рубежом получили наименование сдвиговых зон Риделя.

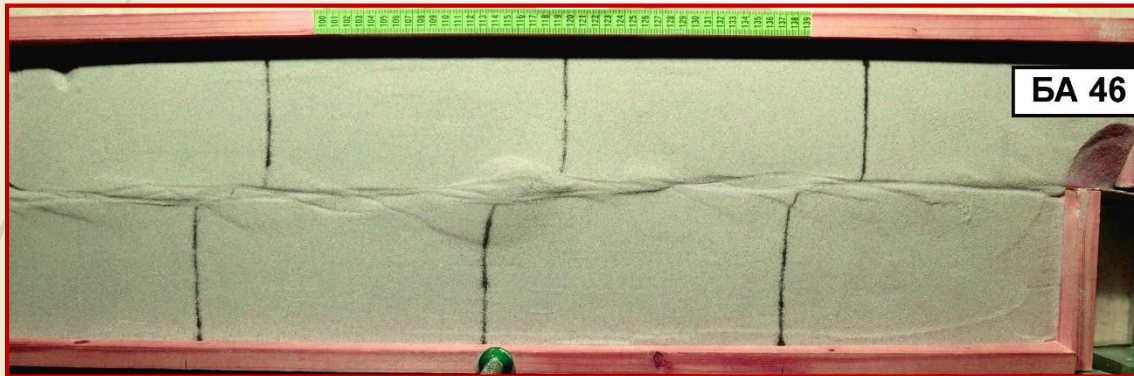


Установки для создания нагружения простого сдвига в виде неоднородного по глубине сдвига: слева с плоскими пластинами-подложками (например, опыты С.С. Стоянова), справа – с коробками-подложками, имеющими продольные и торцевые стенки (например, опыты С.А. Борнякова)

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

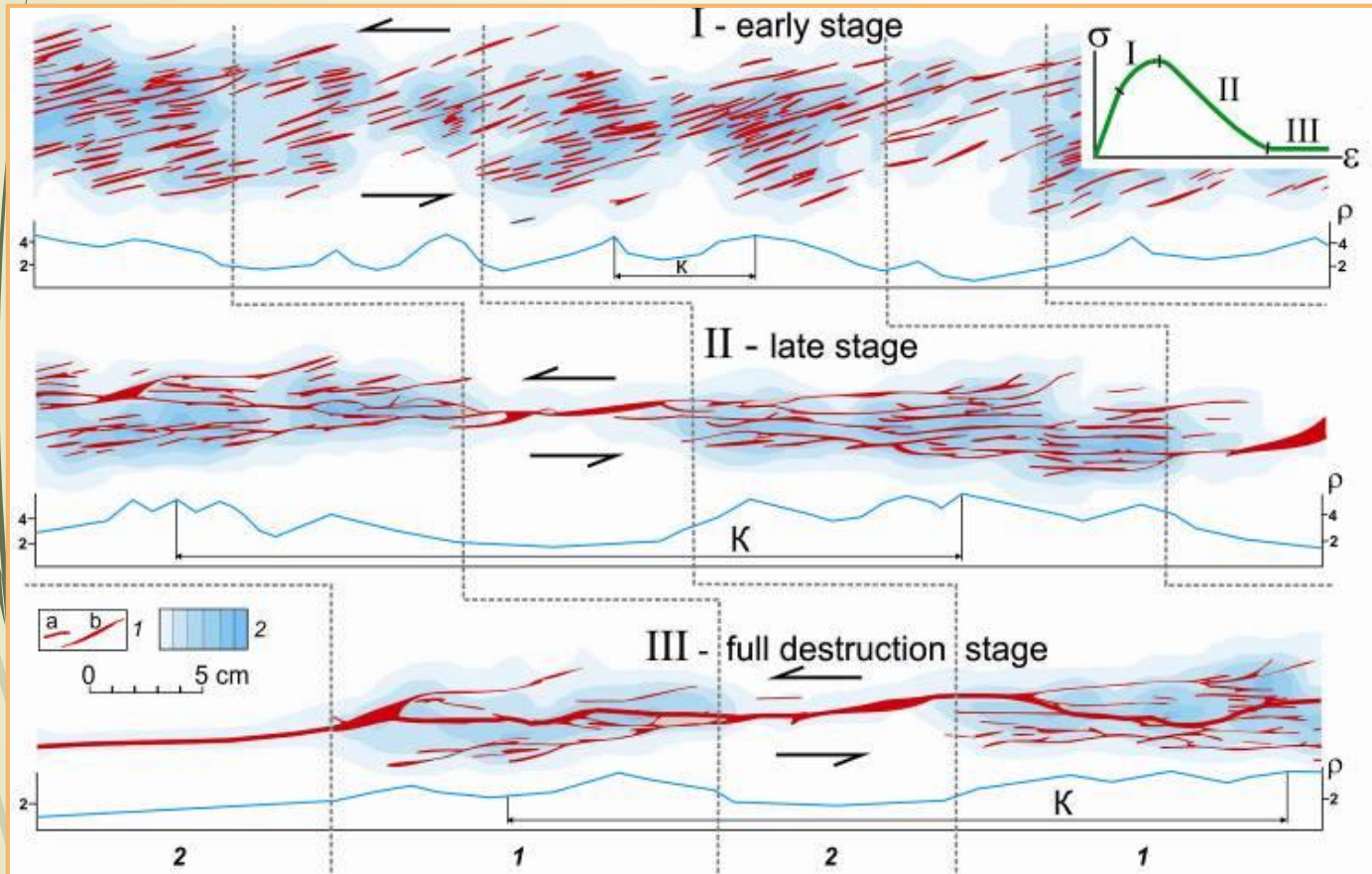
Примеры моделей, созданных в Лаборатории
тектонофизики и геотектоники МГУ

Прямолинейный разлом в фундаменте.



Для моделей с
неоднородным
полем
напряжения

4 стадии формирования разломной сдвиговой зоны



На основе результатов моделирования установлено, что внутренняя разрывная структура крупных разломов эволюционирует в рамках трех стадий однонаправленно, от многочисленных мелких разрывов, через избирательное разрастание одних и переход в пассивное состояние других при межстадийных перестройках, к единому магистральному шву

0 – пликативная стадия (на рисунке не показана)

I - ранняя дизъюнктивная стадия

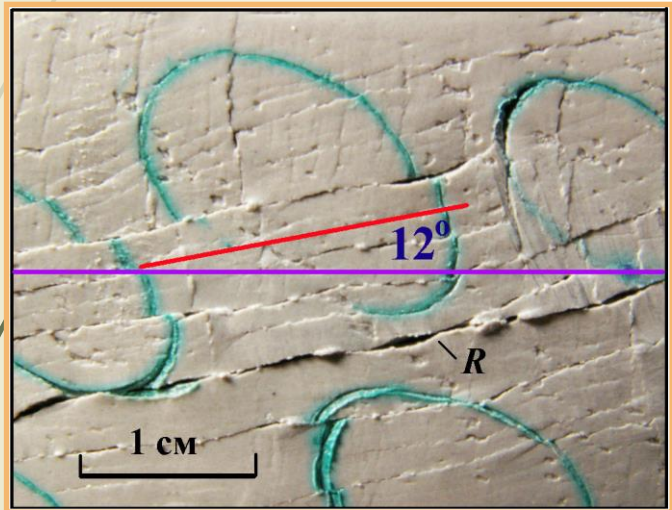
II - поздняя дизъюнктивная стадия

III - стадия полного разрушения

(по Семинскому, 2012)

Ориентировка сколов Риделя

Ориентированы сколы Риделя так, как было нами рассмотрено выше. Углы сколов R с осью сдвига составляют от 10 до 20° (глина) до 20-40° (канифоль). Сколы R' ориентированы в самом начале деформации под углом 75-85° к направлению сдвига, а затем этот угол вследствие поворота увеличивается.



Эксперимент Лаборатории тектофизики и геотектоники МГУ

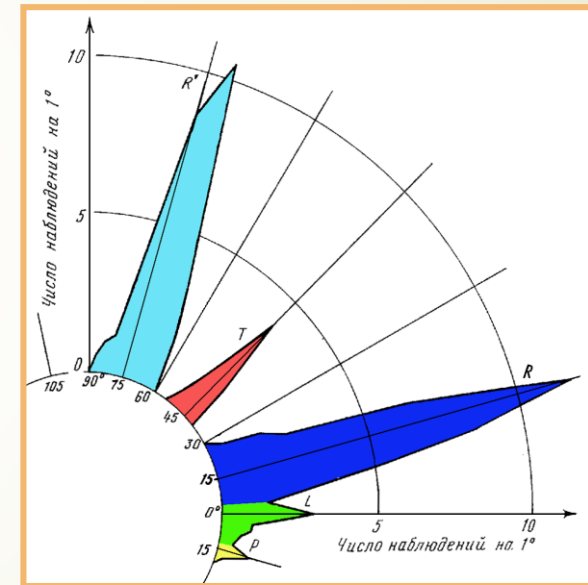
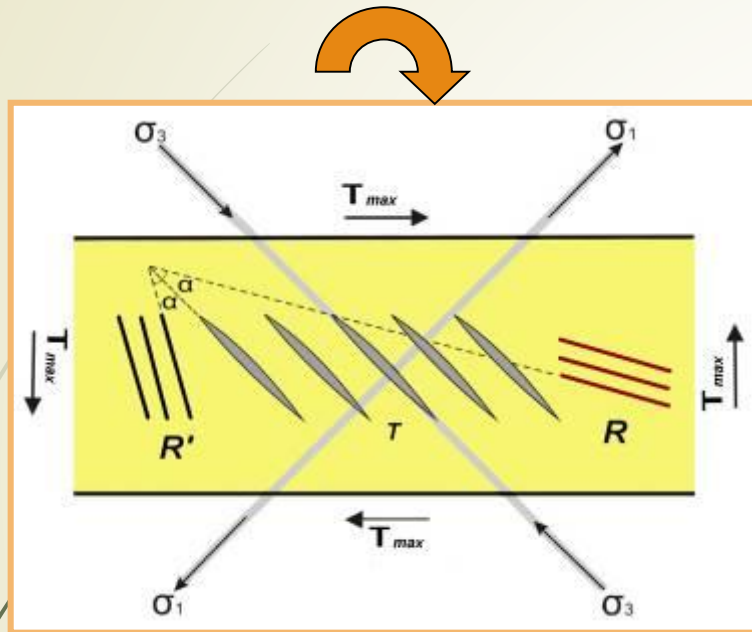


Диаграмма направлений структур в сдвиговых зонах по результатам моделирования (Стоянов, 1977). сколы R имеют хорошо выраженный максимум 15°

Вращение сколов Риделя



R'-сколы, расположенные под **большими** углами к направлению сдвига, вращаются намного быстрее, чем **R-сколы**, ориентированные под **небольшими** углами к направлению сдвига.

После некоторого поворота R'-сколы попадают в неблагоприятную для себя обстановку: напряжения, нормальные к плоскости трещины и препятствующие сдвиганию, начинают превышать касательные «сдвигающие» напряжения, действующие вдоль этой же плоскости

Все это приводит к тому, что **R'-сколы** перестают развиваться



Вращение R'-сколов

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

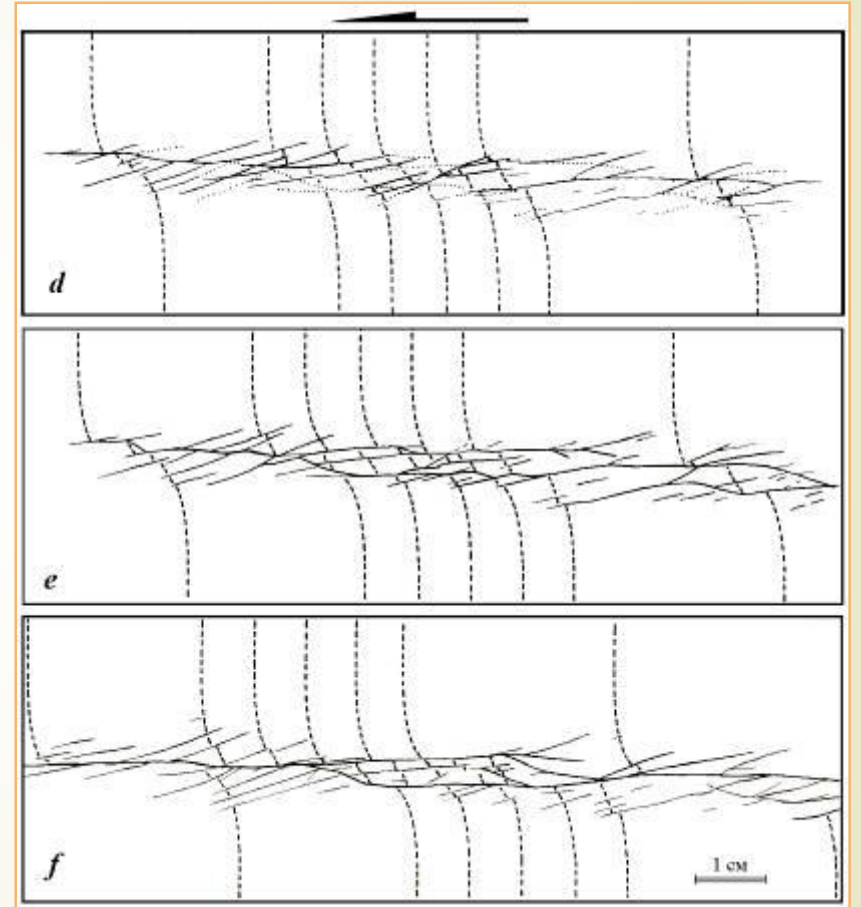
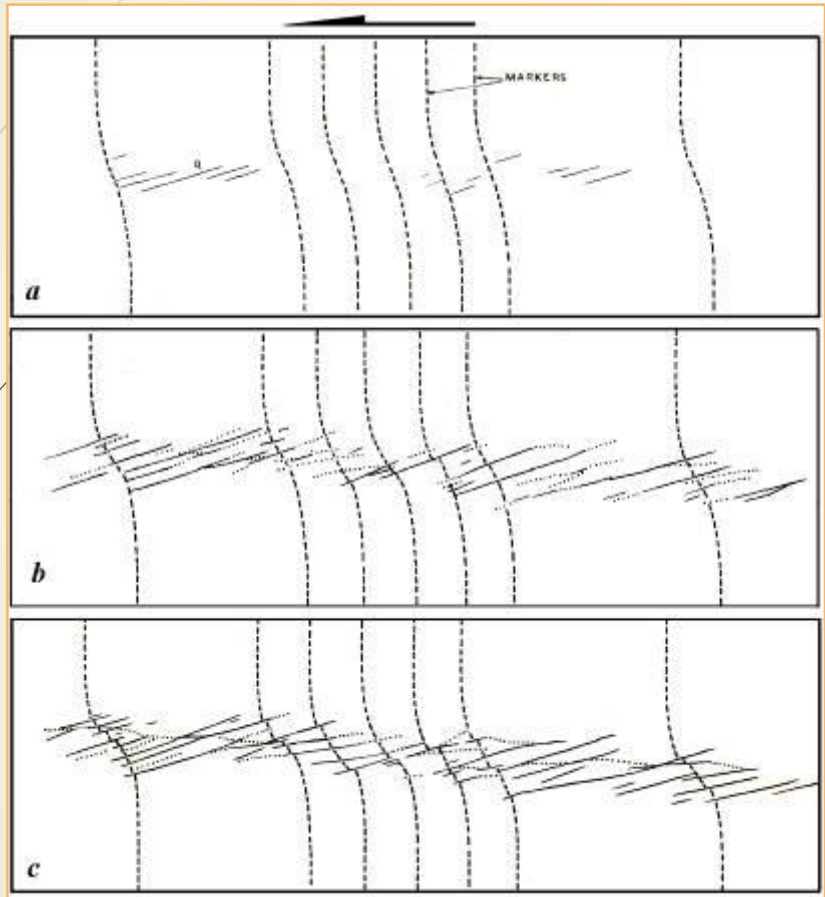
Примеры экспериментов

Модели из влажной глины



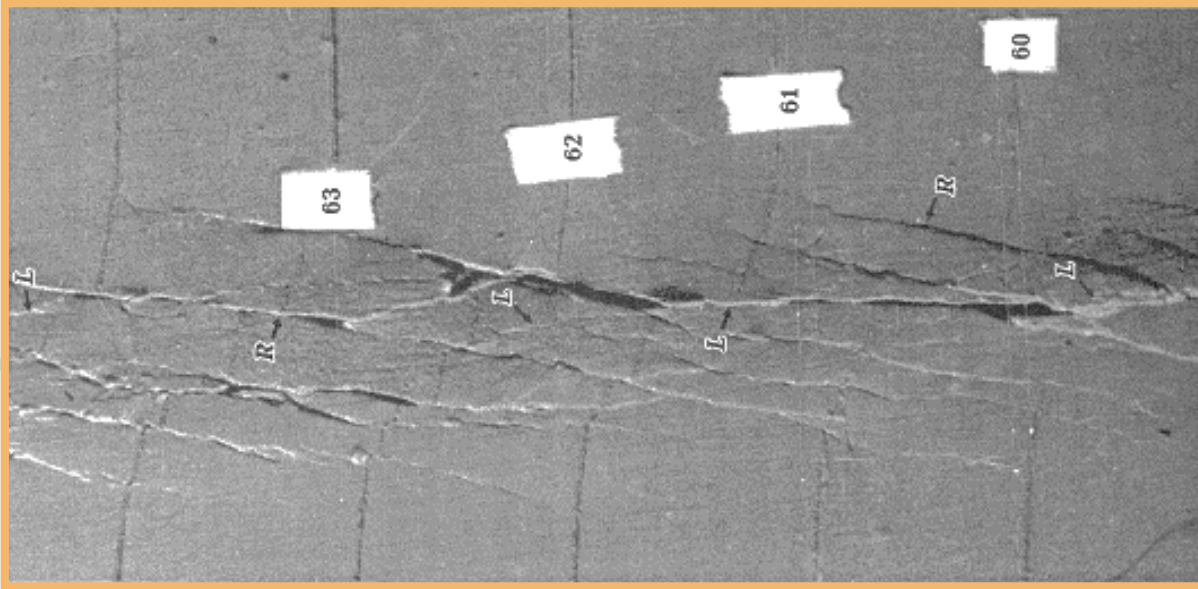
Модели с
неоднородным
полем
напряжения

Развитие сдвиговой зоны Риделя в эксперименте Ж. Чаленко (1970)



Можно видеть все стадии развития сдвиговой зоны. Модель из влажной глины

Эксперимент С.А. Борнякова и В.Б. Кобылянского в лаборатории тектонофизики ИЗК СО РАН (Иркутск)



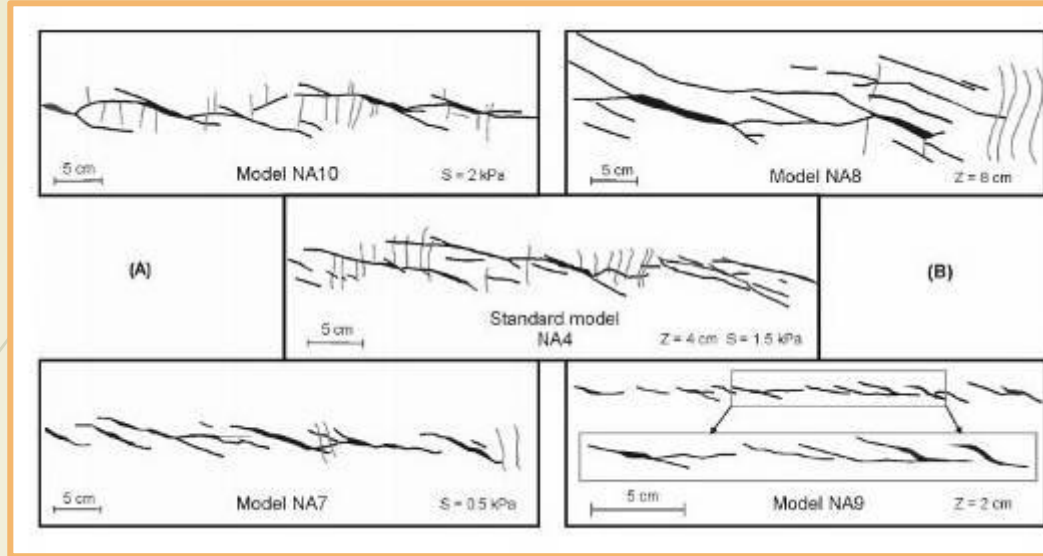
Модель из влажной глины

Завершающая стадия развития сдвиговой зоны Риделя. Видны трещины R (редкие) и L

Для третьей стадии характерно развитие **L-сколов** (их также обозначают как **Y-сколы**). Это тоже разрывы третьего ранга. Они параллельны оси сдвига и соединяют между собой R-сколы. С их появлением начинает формироваться **магистральный разрыв**, знаменующий собой стадию полного разрушения и перерезающий всю толщину «чехла».

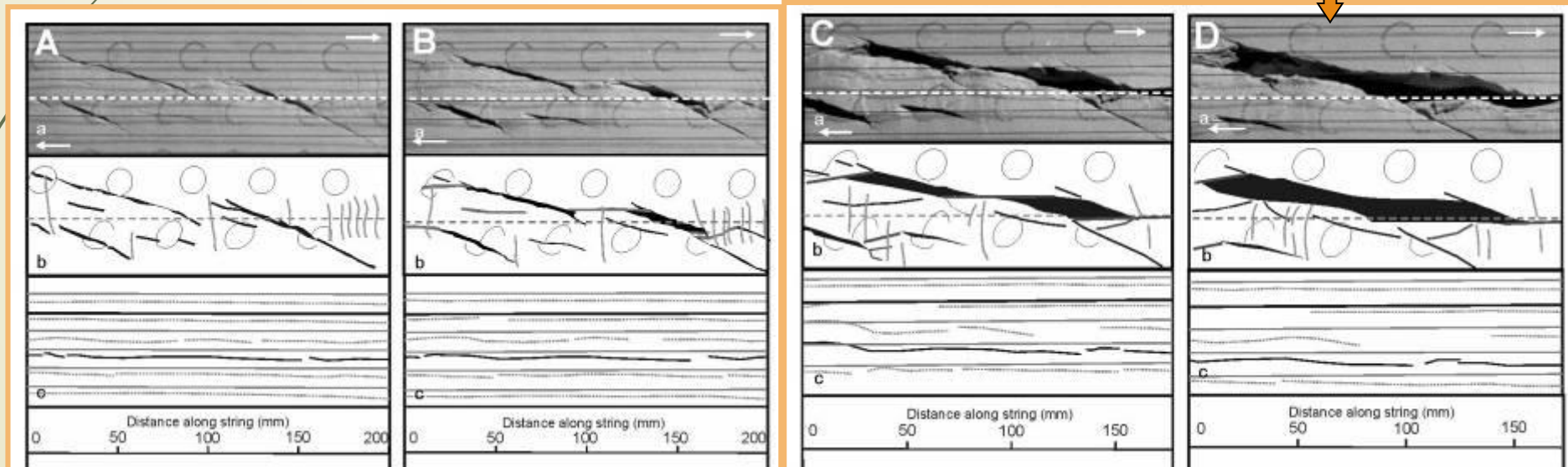
Модели с
неоднородным
полем
напряжения

Эксперименты Nassima Atmaouri et al., 2005



Эксперименты на влажной глине.
Видно появление трещин P и L.
(*Nassima Atmaouri et al., 2005*)

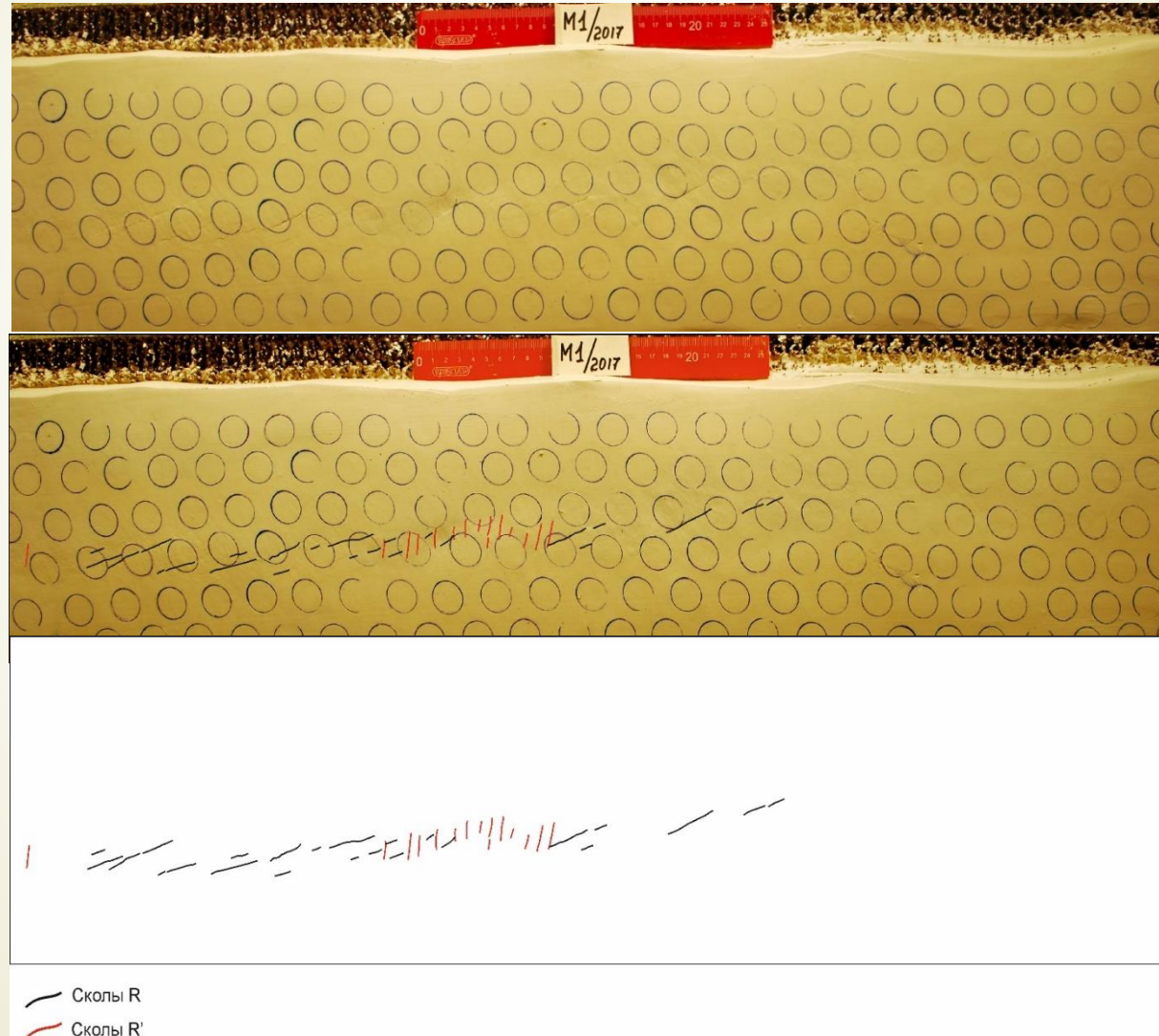
Детали. Движение по ступенчатой
поверхности приводит к появлению
структур типа пулл-апарт



Важно: несмотря на развитие **только сколов**, на всех стадиях развития сдвиговой зоны формируются мелкие, а затем более крупные полости и повышается проницаемость

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

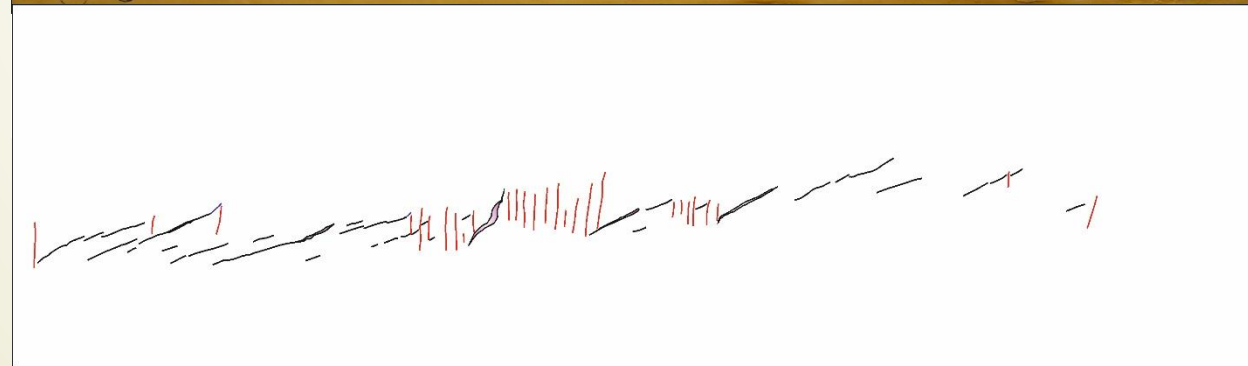
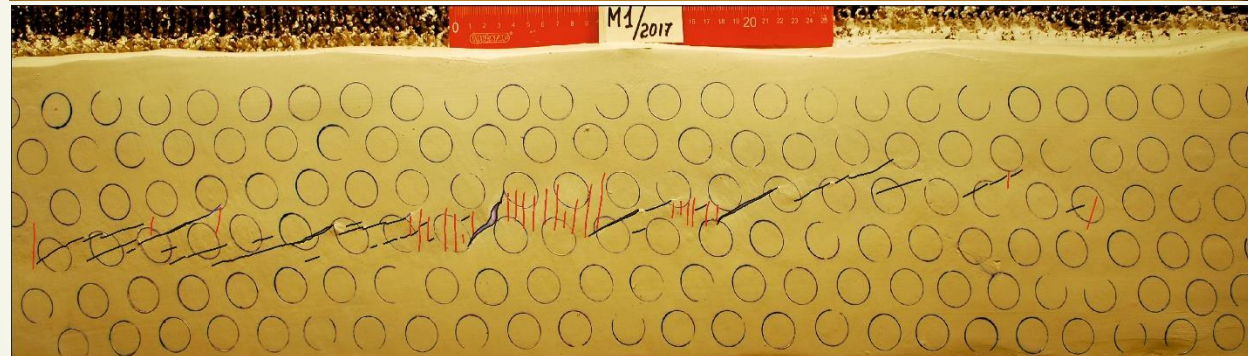
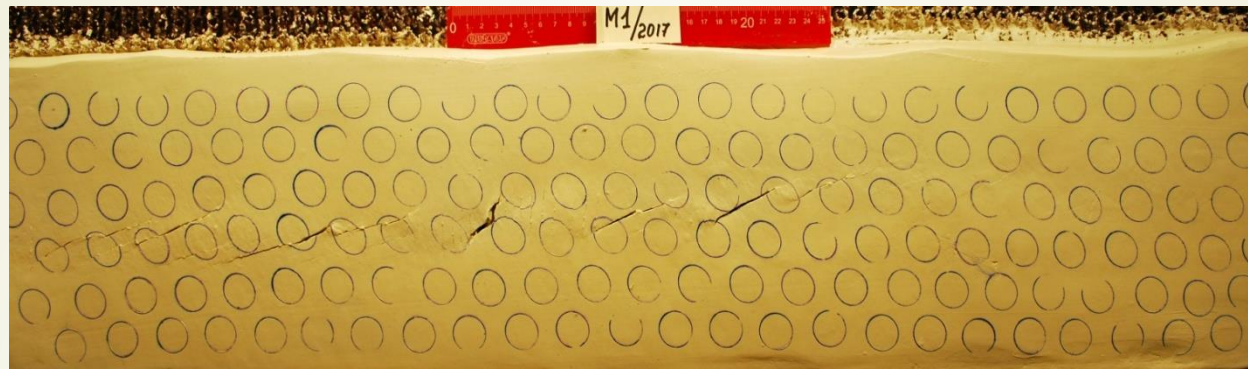
Эксперимент лаборатории Тектонофизики и геотектоники МГУ



Модель из
влажной глины

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

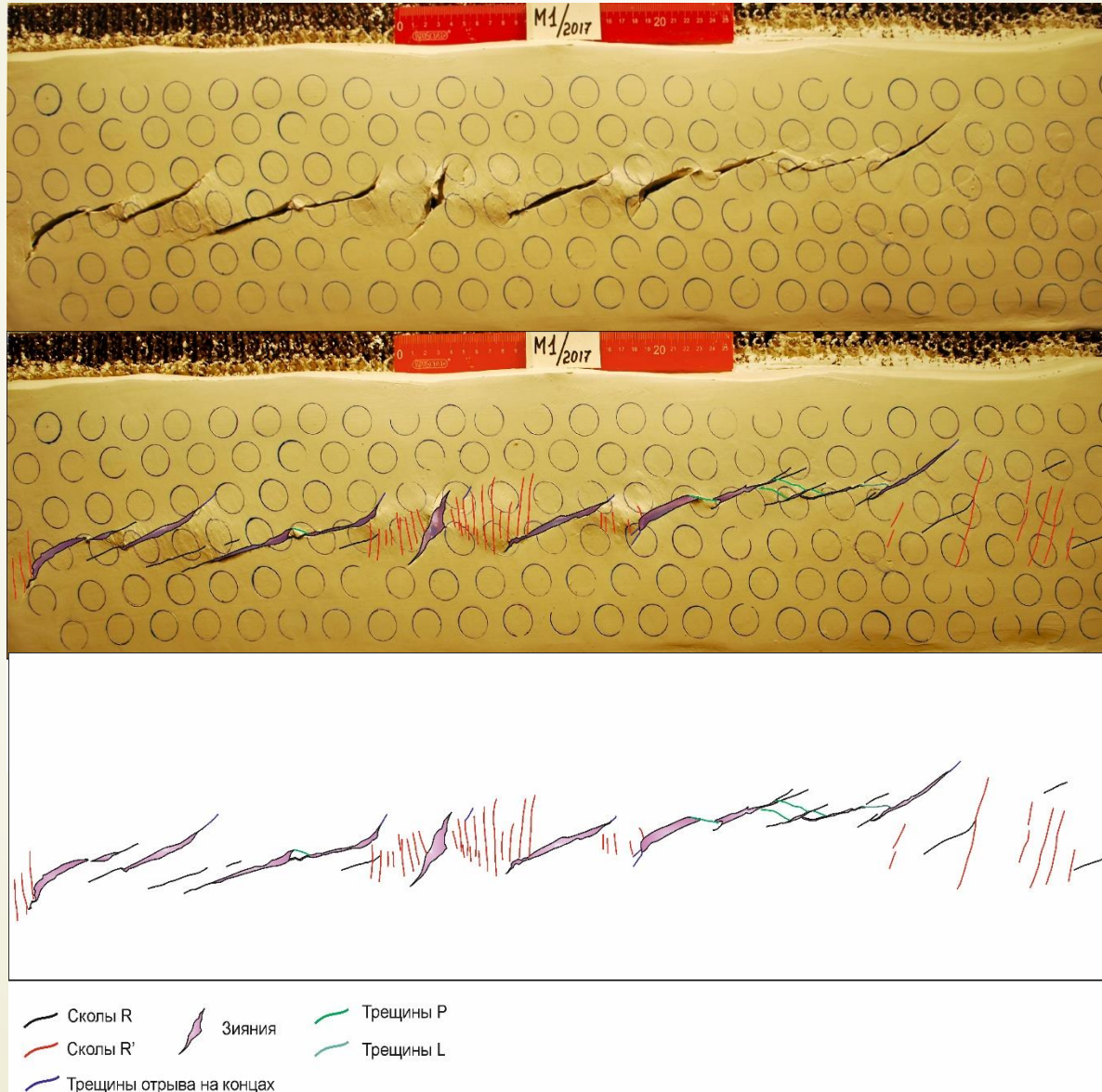
Развитие зоны сдвига



- Сколы R
- Сколы R'
- Трещины отрыва на концах
- Зияния

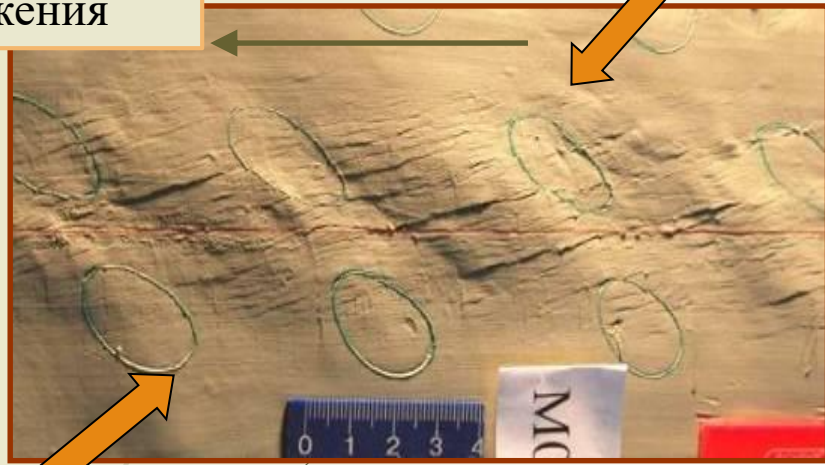
Модели с
неоднородным
полем
напряжения

Развитие зоны сдвига



Модели с
неоднородным
полем
напряжения

Моделирование эшелонированных складок

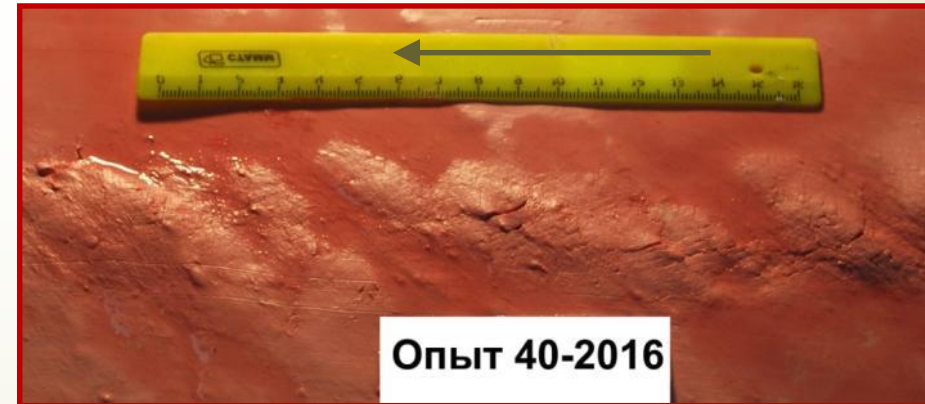


Лаборатория
Тектонофизики
и геотектоники
МГУ

Эксперимент: фундамент – две жесткие доски, чехол – влажная глина со слабой горизонтальной неоднородностью. Отчетливо выражены эшелонированные складки (складки продольного укорочения). Оси складок перпендикулярны оси максимального сжатия. Опыт M09-1



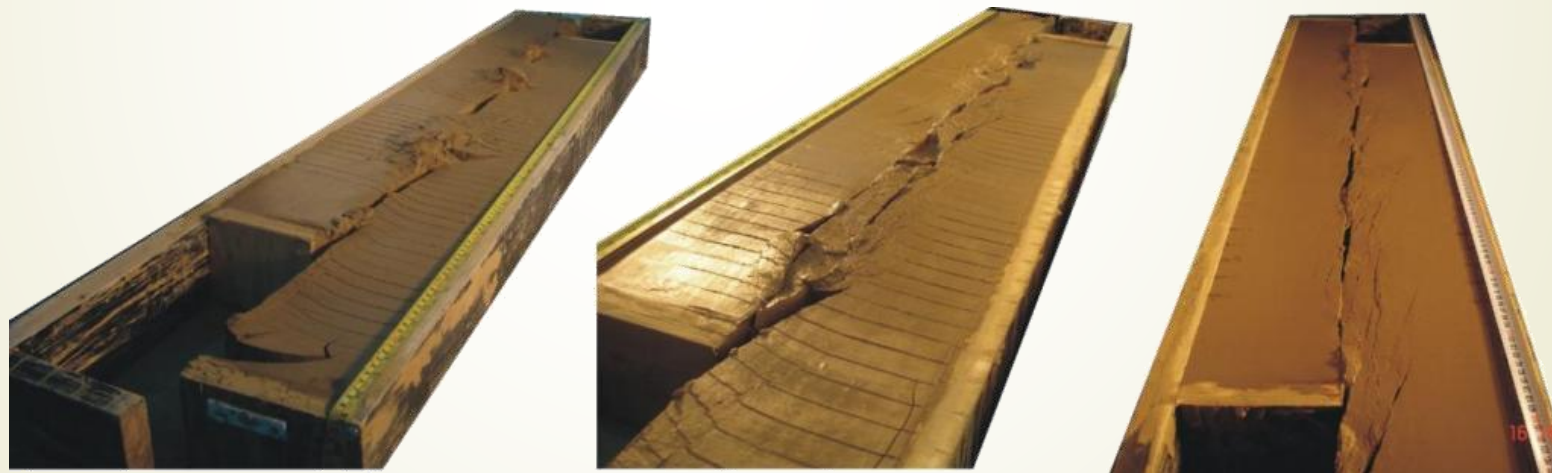
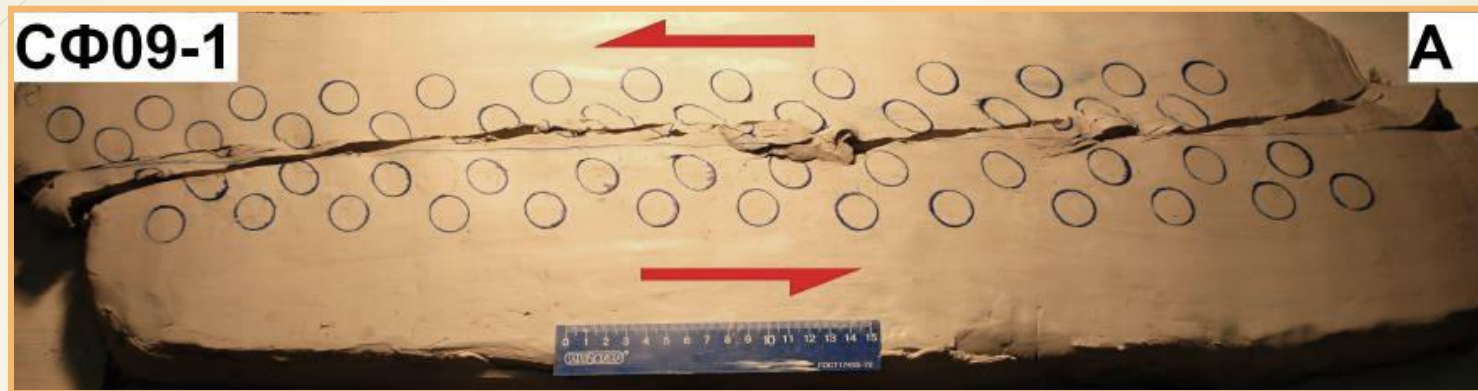
Природа: антиклинальные складки в бассейне Darien (Панама). Радарное изображение (*van der Pluijm, Marchak, 2004*)



Эксперимент. Влажная глина

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

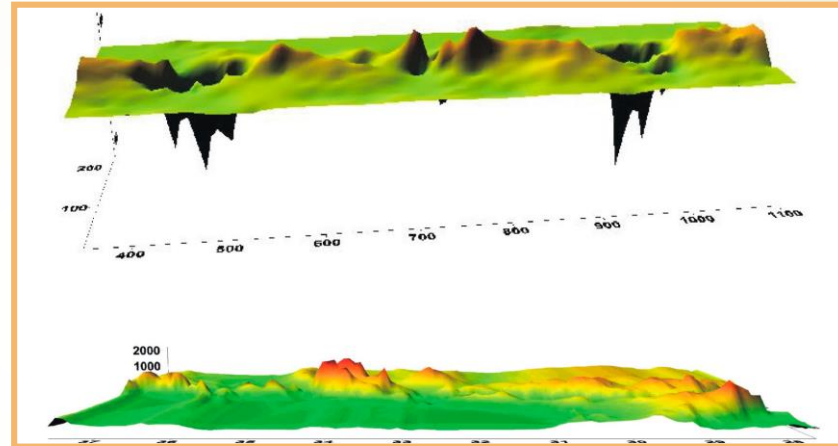
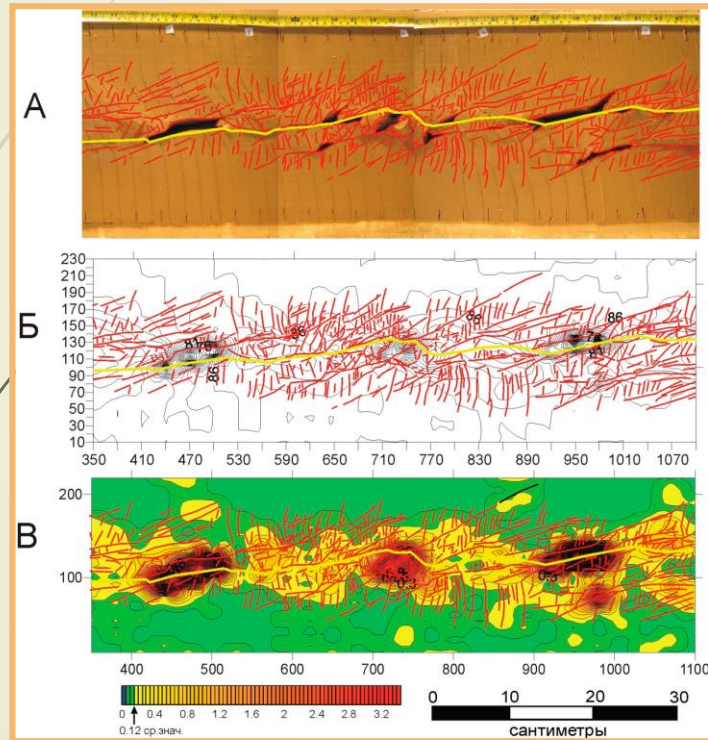
Моделирование поднятий типа рор-ур (влажная глина)



Вверху – лаборатория тектонофизики и геотектоники МГУ,
Внизу - лаборатория тектонофизики ИЗК СО РАН (Иркутск)

Модели с
неоднородным
полям
напряжения

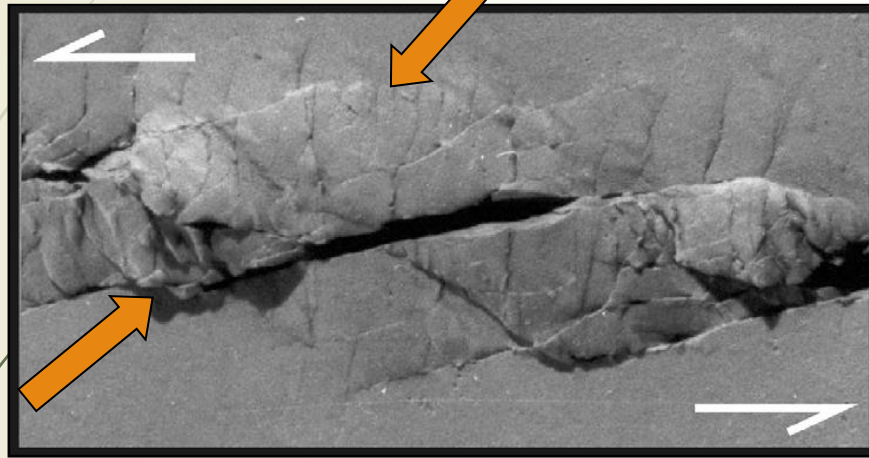
Построение цифровых моделей рельефа с помощью
лазерного дальномера. Эксперименты на **влажной глине**
(Черемных, 2014)



Объемные цифровые модели рельефа
для сдвиговой зоны в модели (А)
и Левантийской деструктивной зоны сдвига

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

Поднятия в глине. Детали



(Atmaoui, 2005)



*(Лаборатория тектонофизики
и геотектоники МГУ)*

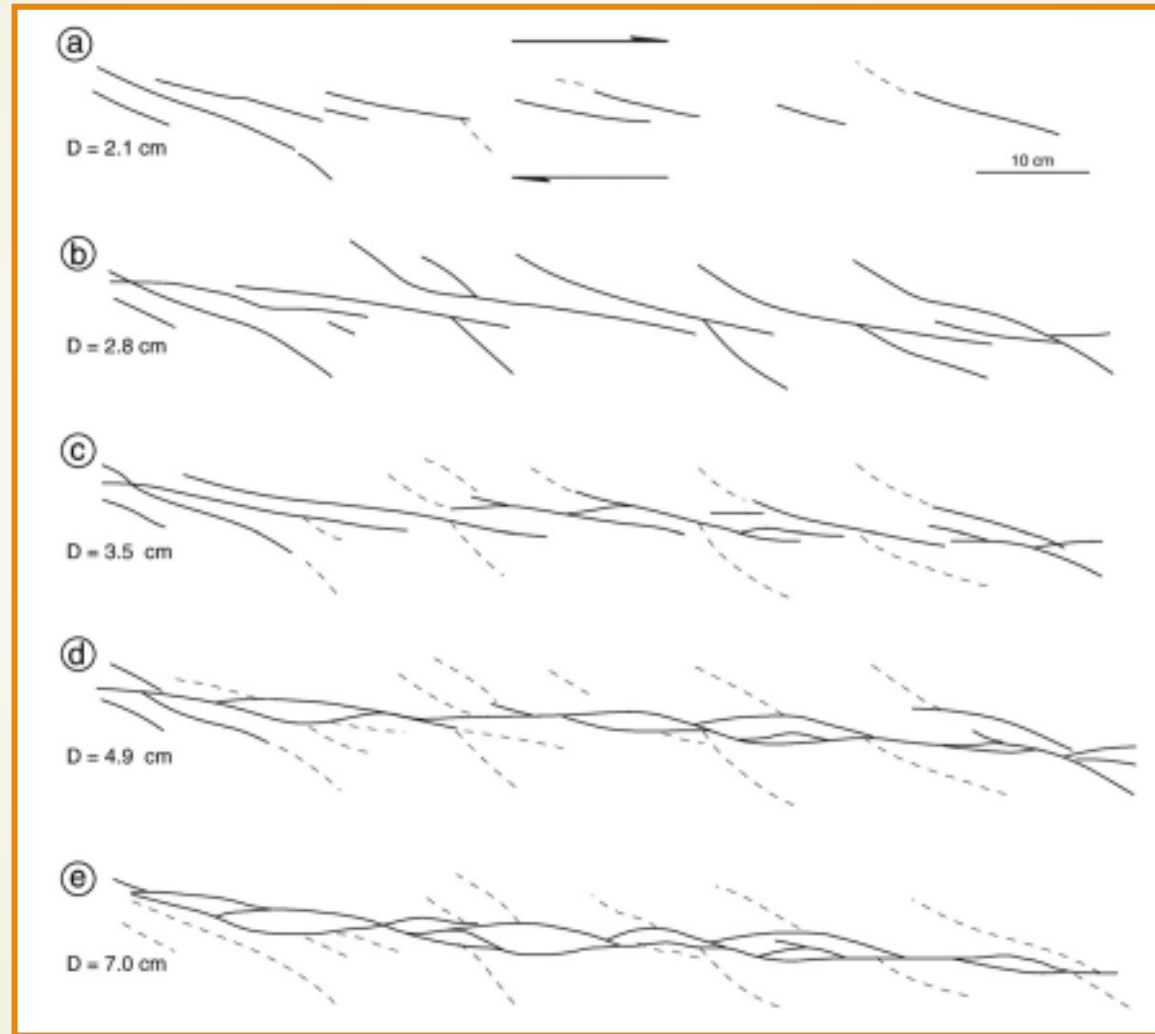
Примеры экспериментов



Модели из песка

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

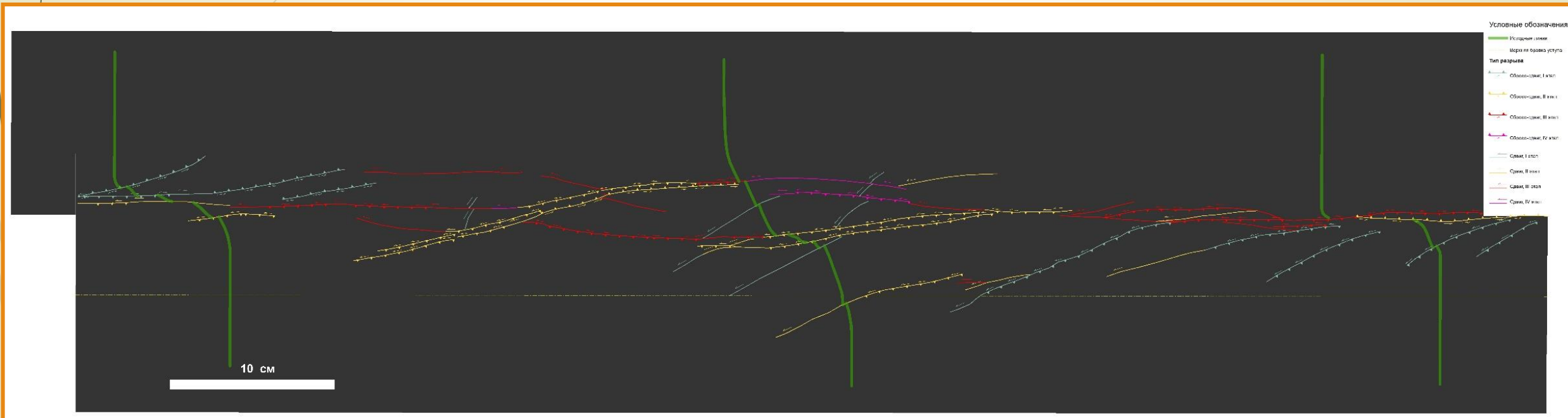
Эксперименты Нейлора (Naylor et al., 1986)



Развитие разрывного структурного парагенеза в модели из сухого песка

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

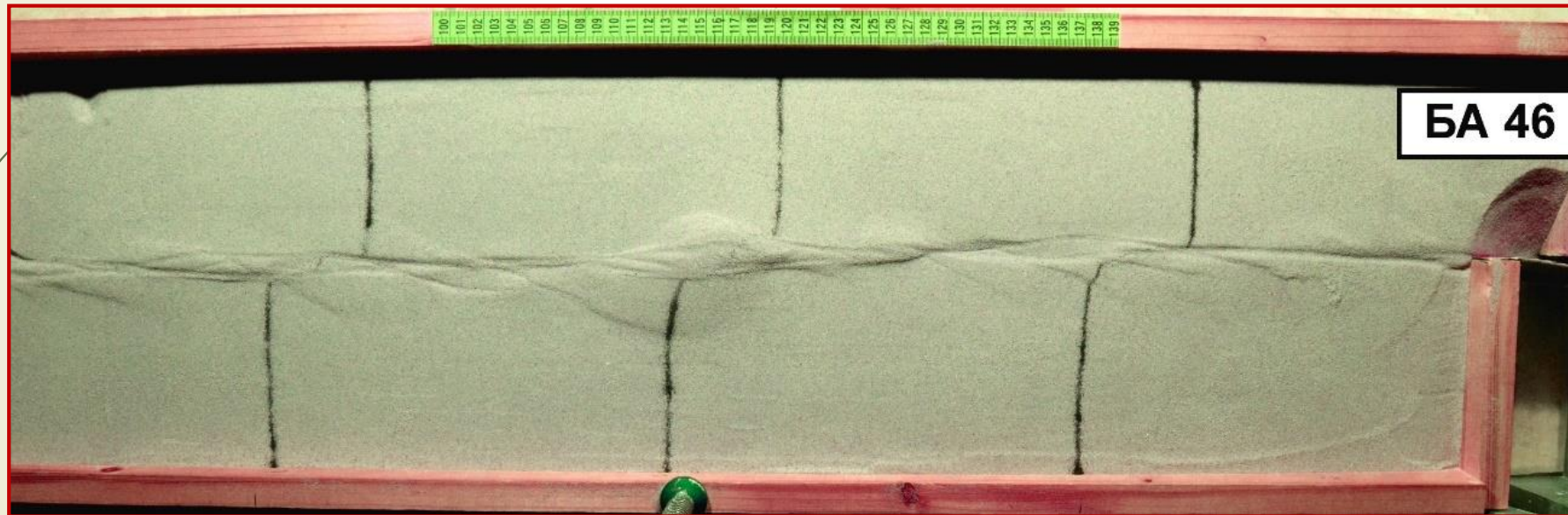
Эксперимент А. Родионовой (СПбГУ) в лаборатории тектонофизики и геотектоники МГУ



Мелко-среднезернистый сухой песок. «Фундамент» с косым уступом

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

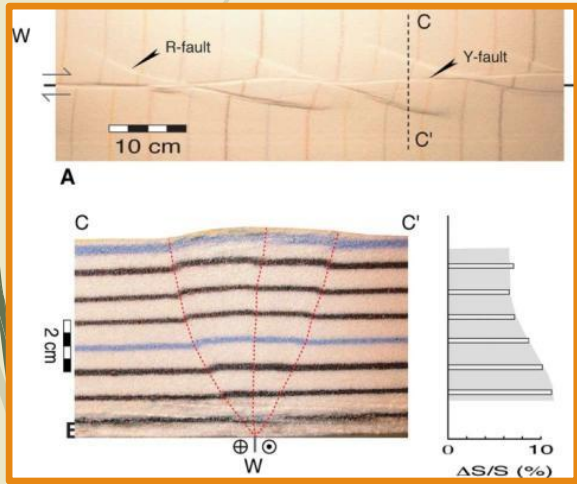
Эксперимент Лаборатории тектонофизики и геотектоники МГУ



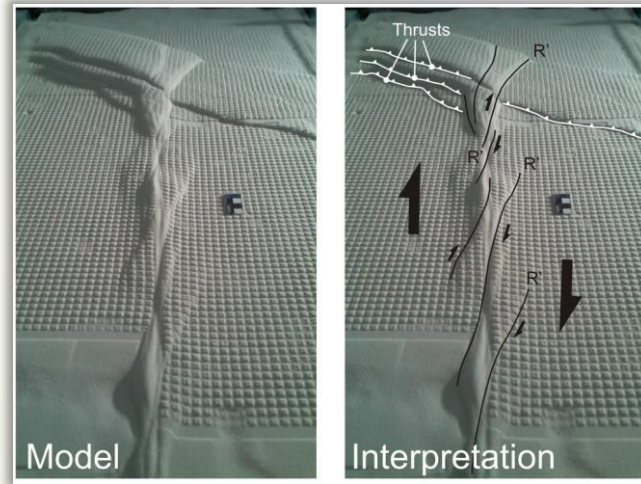
Сухой песок. В центре – «интрузия» из каучука

Регулярные поднятия в зонах сдвига. Структуры рор-ап в моделях из песка

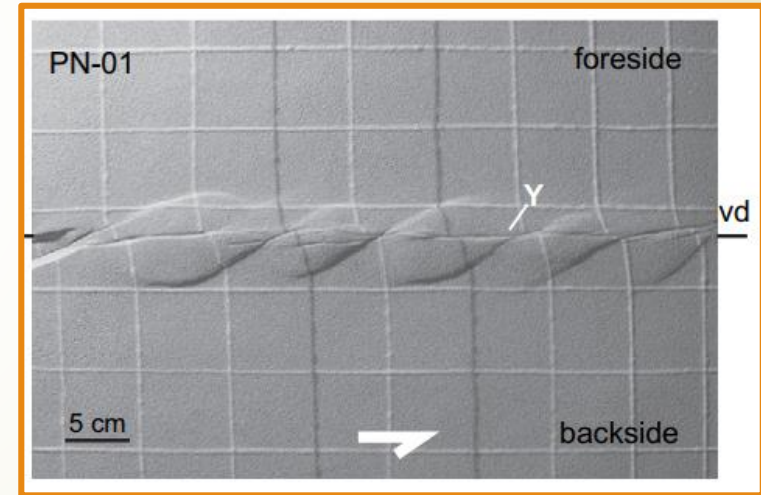
- Такие структуры получены в экспериментах многими исследователями, но тем не менее были плохо изучены и не вошли в качестве члена структурного парагенеза сдвиговых зон



(Guerrou, Cobbold, 2006)



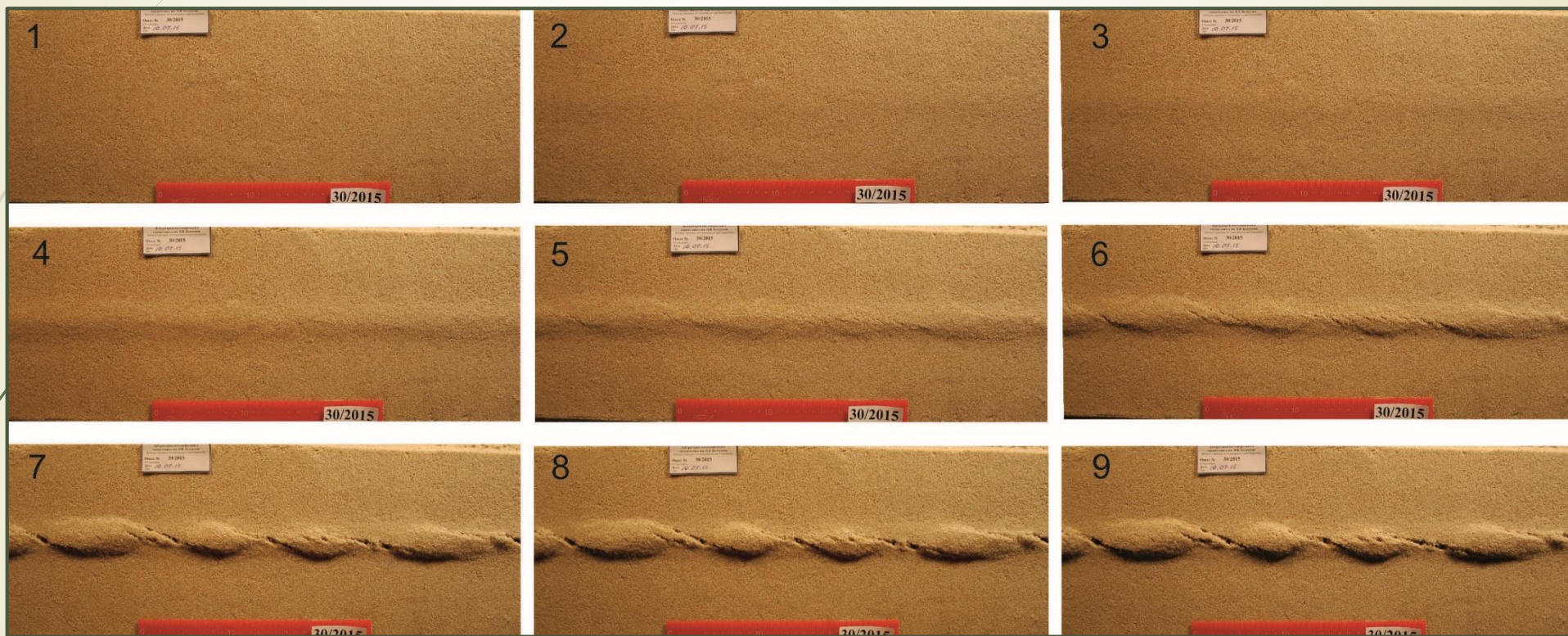
*Rosas F.M. et al. Analogue Modeling
Lab University of Lisbon*



(Soto et al., 2007)

Эксперименты лаборатории тектонофизики и геотектоники МГУ

(Н.С. Фролова, А.Н. Корбутяк, А.А. Мишакина)



Последовательное развитие структуры; крупнозернистый песок с небольшой примесью солидола

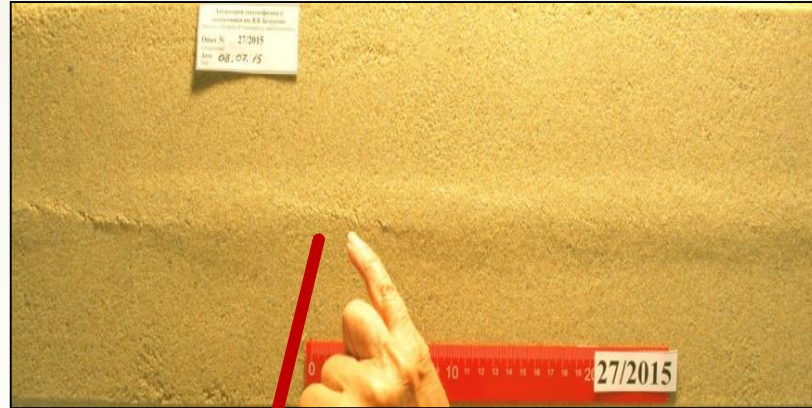
Осуществлено множество экспериментов по воспроизведению валообразных поднятий в зонах сдвига, детально изучены их морфология и развитие

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

Регулярные валообразные поднятия в экспериментах лаборатории тектонофизики и геотектоники МГУ



Весьма правильные валы



Формирование сколов Риделя ,
обособление и рост валов



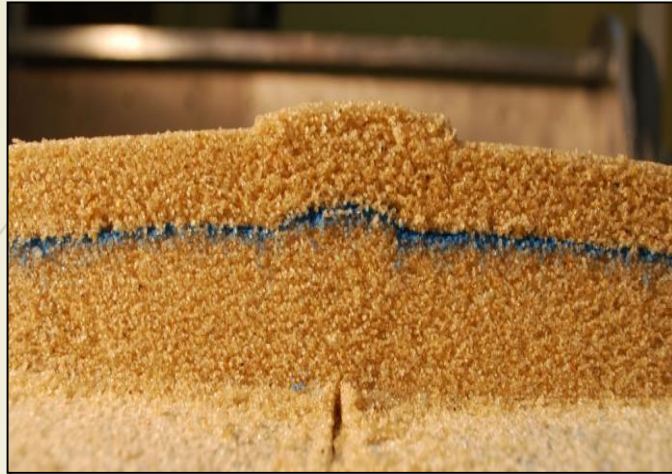
Валы разного размера
и формы



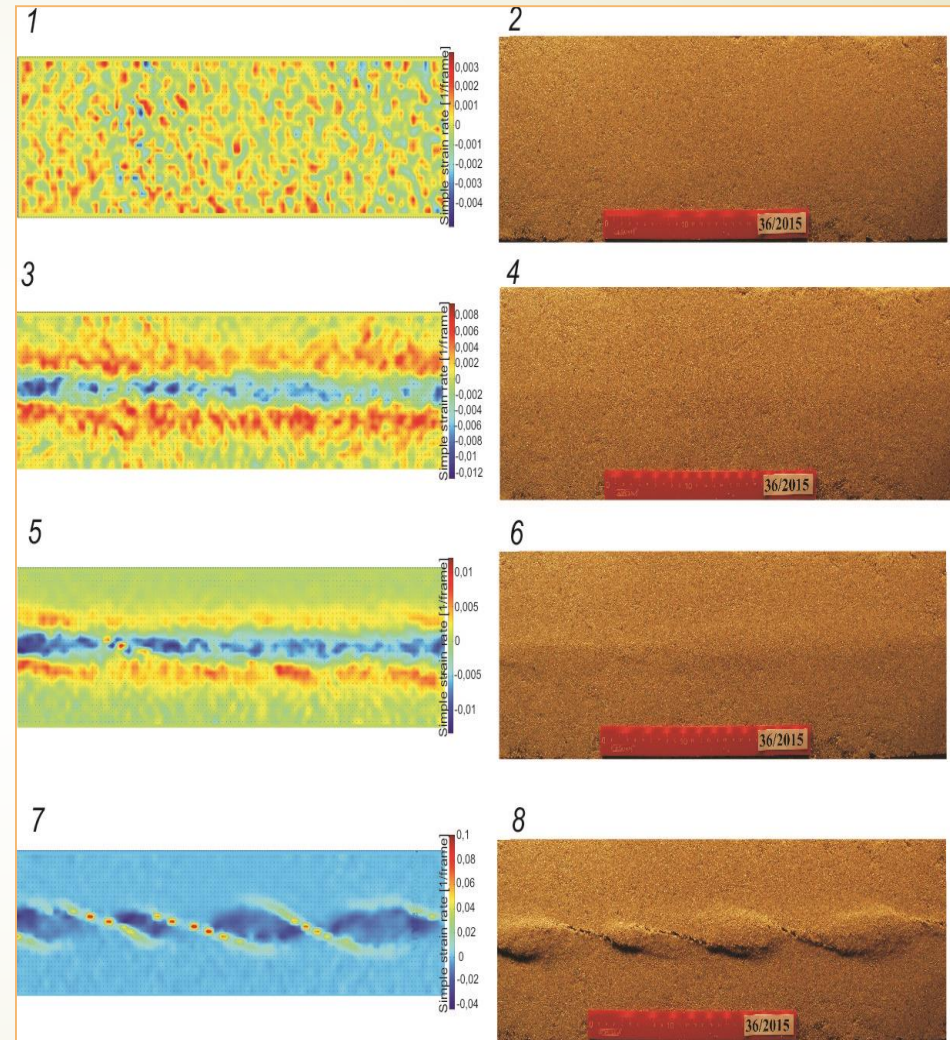
Применение в качестве эквивалентного материала слегка влажного к/з песка или песка с небольшим количеством солидола позволило получить хорошо выраженные поднятия

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

Регулярные валообразные поднятия в экспериментах лаборатории тектонофизики и геотектоники МГУ

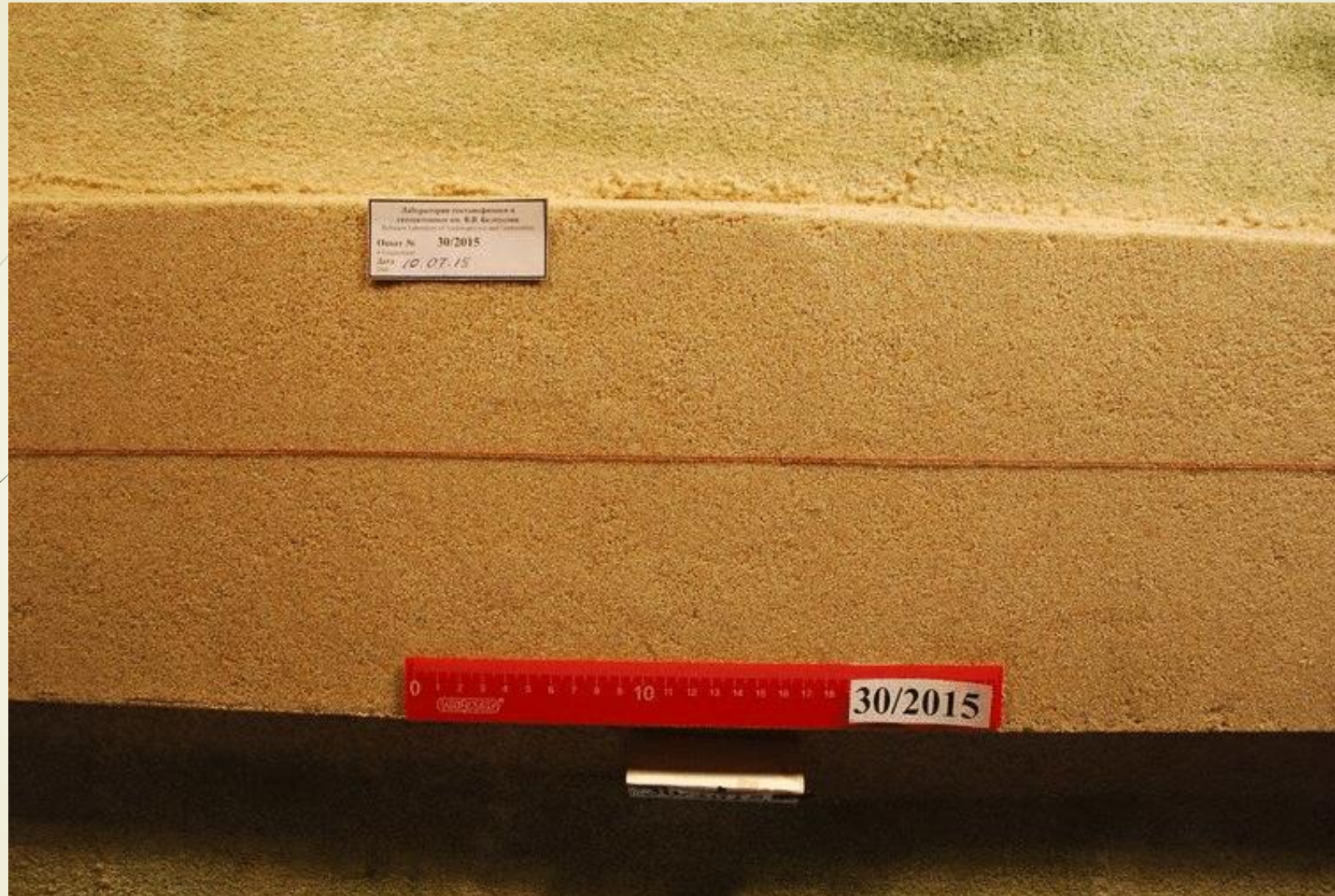


Разрезы. Хорошо видна
цветковая структура и асимметрия
вала



Развитие структуры. Справа – фото, слева –
изображения, полученные после обработки
фотографий с использованием метода PIV

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

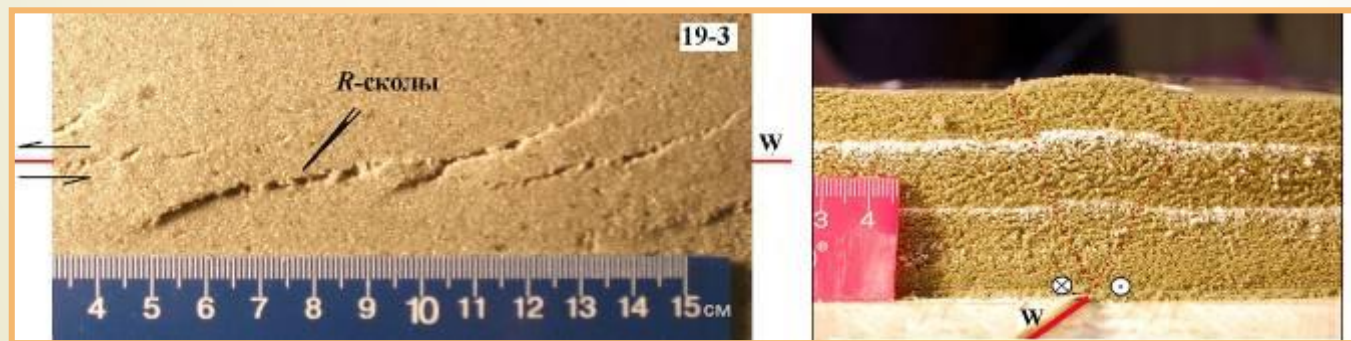
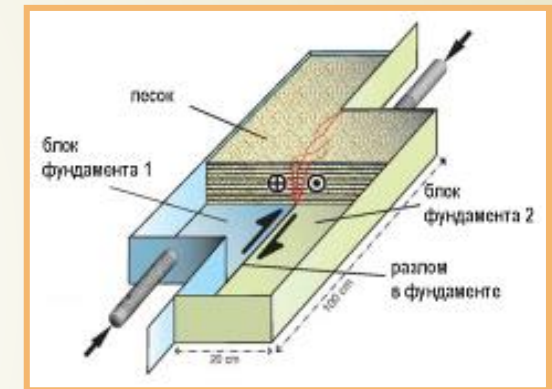
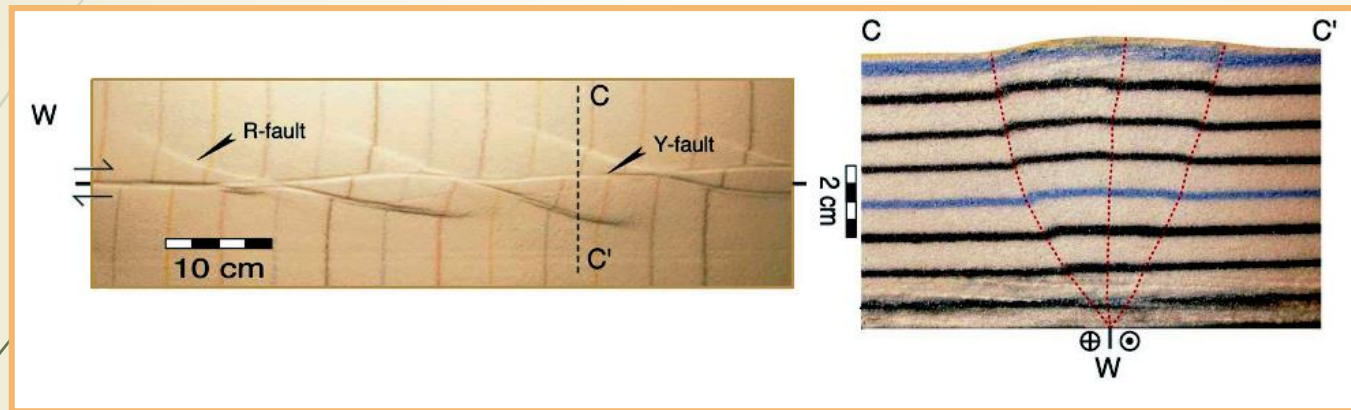


Развитие структурного парагенеза простого сдвига в модели из песка.
Эксперимент Лаборатории тектонофизики и геотектоники МГУ

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

Сдвиговые зоны в разрезе (модели из песка)

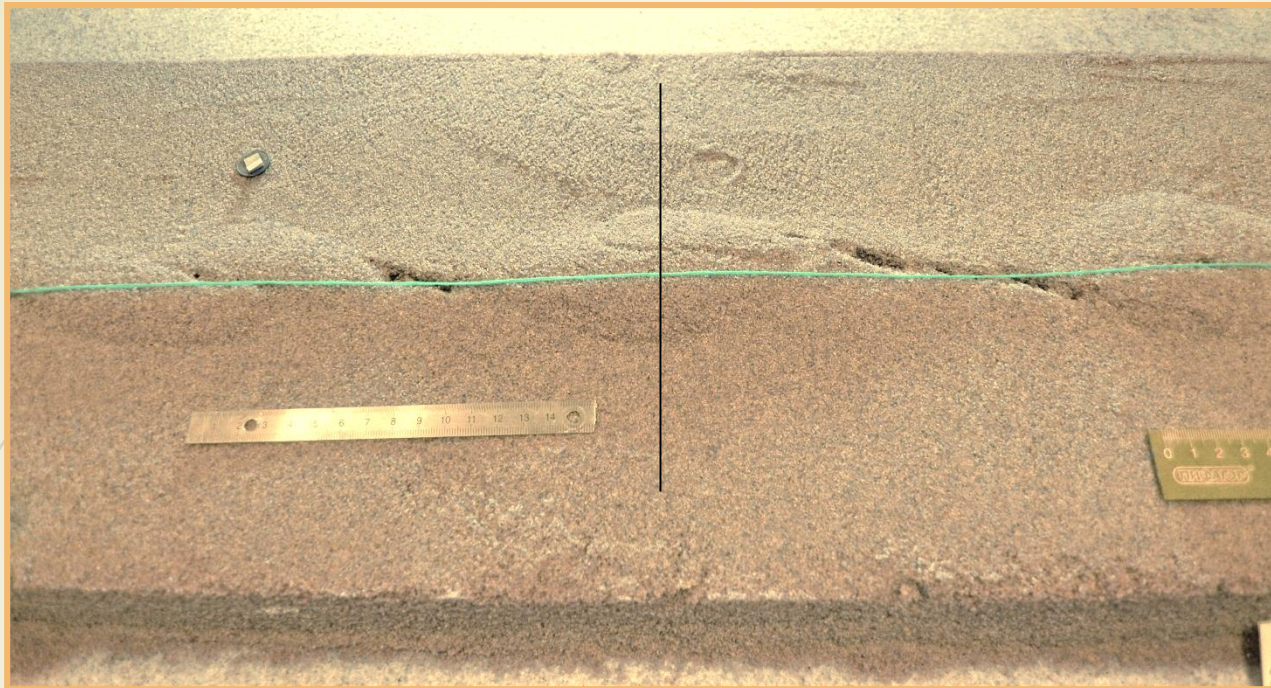
Цветковые структуры воспроизводились в экспериментах (Нейлор, Геруе, МГУ и др.). Форма разрывов в вертикальных сечениях была установлена путем смачивания, а затем разрезания моделей из песка. Позже стали применять методы компьютерной томографии.



а - Guerroué, 2006;
б - Лаборатория
тектонифизики МГУ

Эксперименты по воспроизведению простого сдвига в системе чехол-фундамент (поле напряжений неоднородно по латерали и вертикали)

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

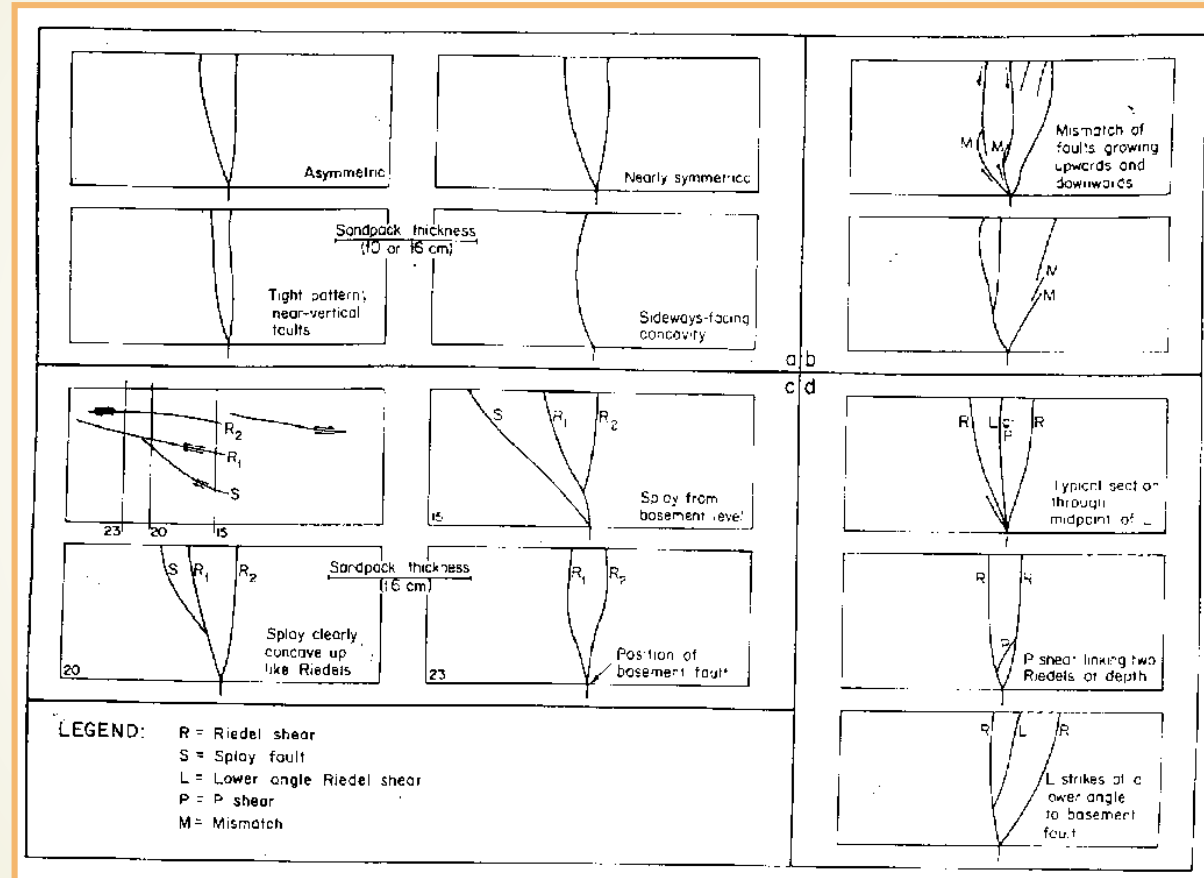


Один из экспериментов
Лаборатории
тектонофизики и геотектоники
МГУ



Модели с
неоднородным
полем
напряжения

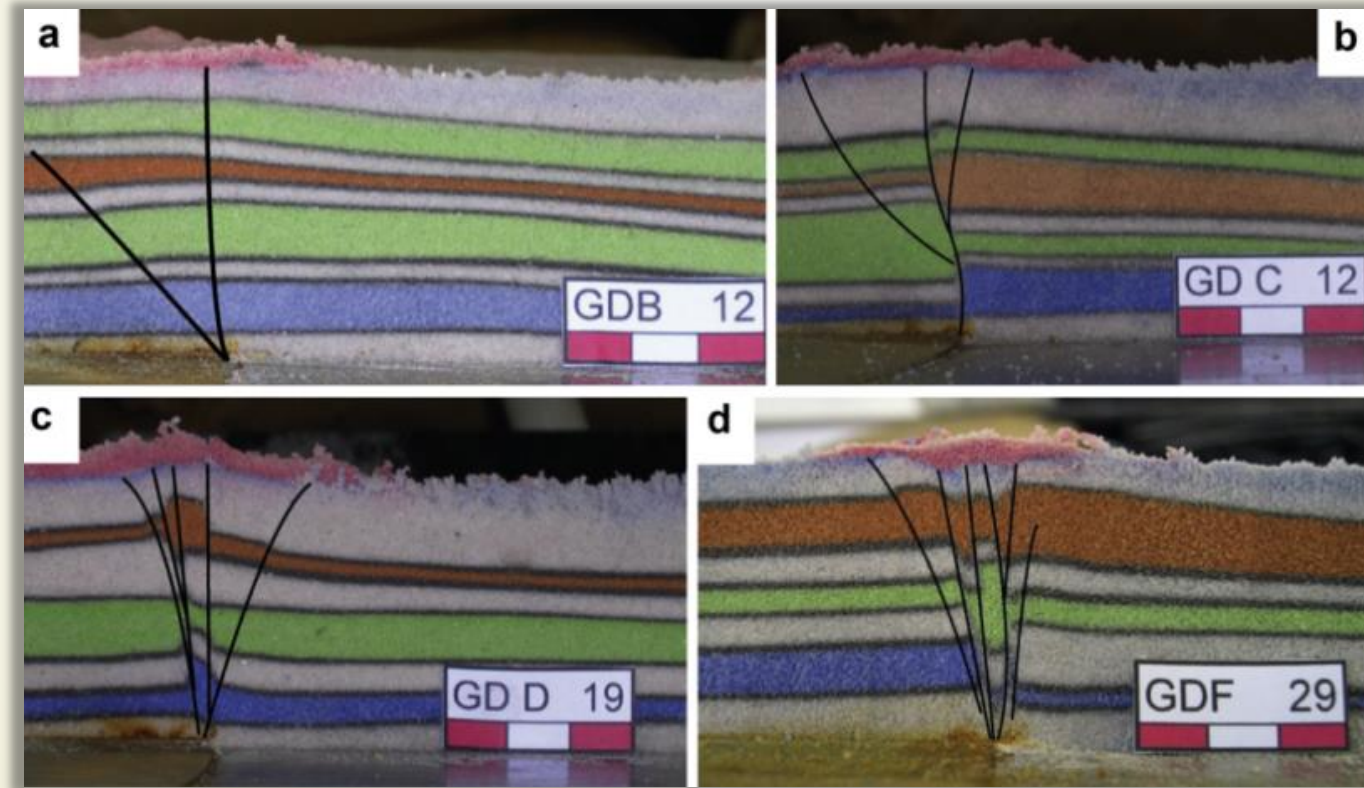
Цветковые структуры, полученные в опытах с использованием песка Нейлором (Naylor et al, 1986)



Маховые цветки своей конфигурацией обязаны появлению более поздних сколов P и L (Y).

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

Сдвиговые зоны в разрезе (модели из песка). Цветковые структуры



Вертикальные сечения в слоистой аналоговой модели
G. Dufréhou, F. Odonne, G. Viola (2011)

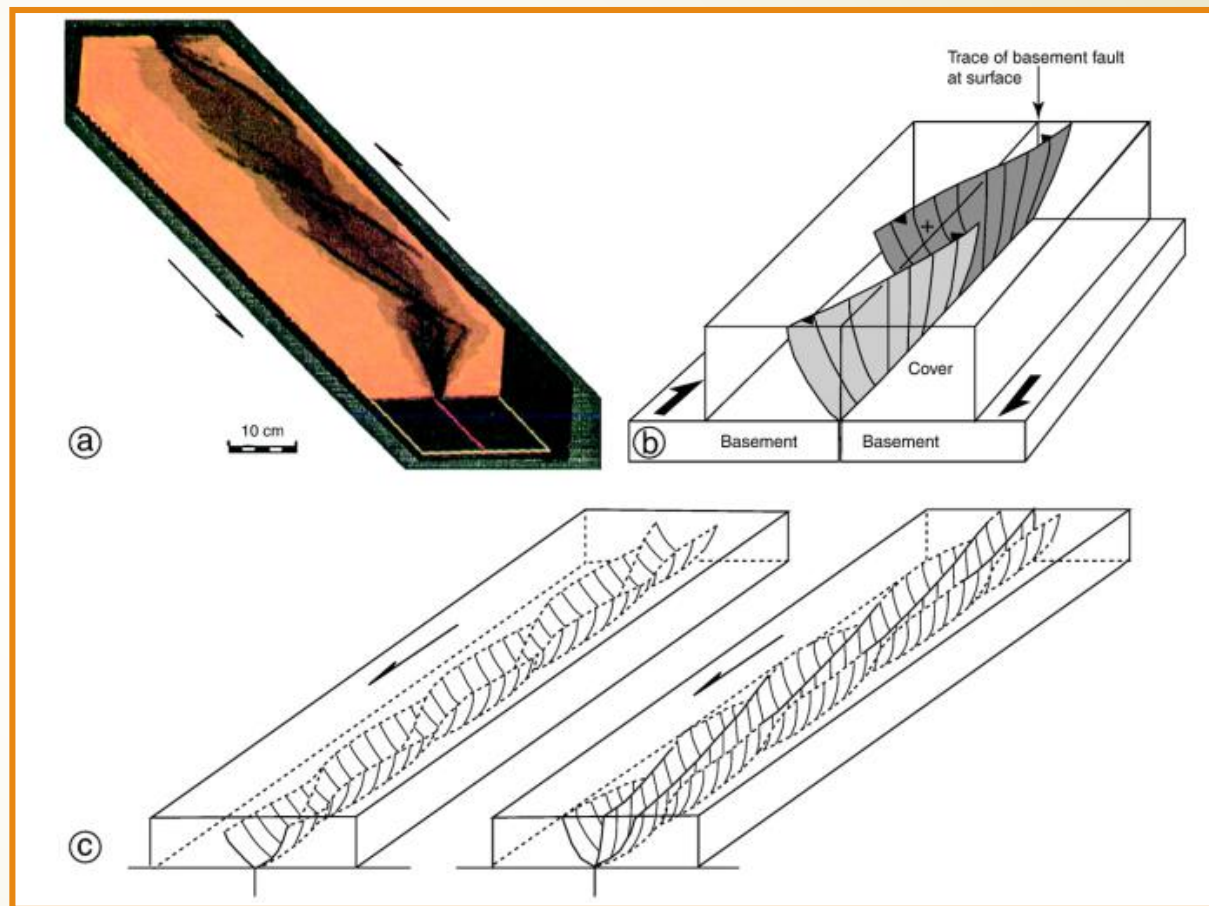
Модели с
неоднородным
полем
напряжения

Изучение внутренней структуры сдвиговых зон Риделя

б - классические опыты Нейлора
1986 год (рис. из Mandl, 1988).

а - X-лучевая компьютерная
томография (no Richard et al., 1995)

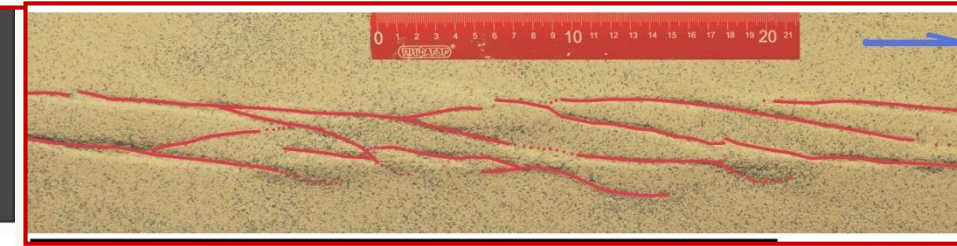
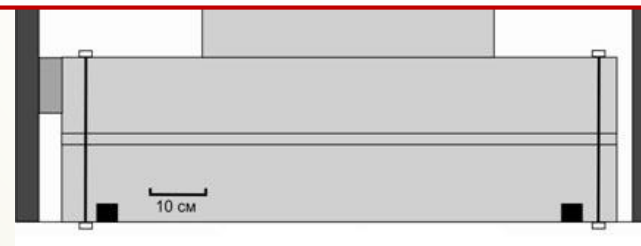
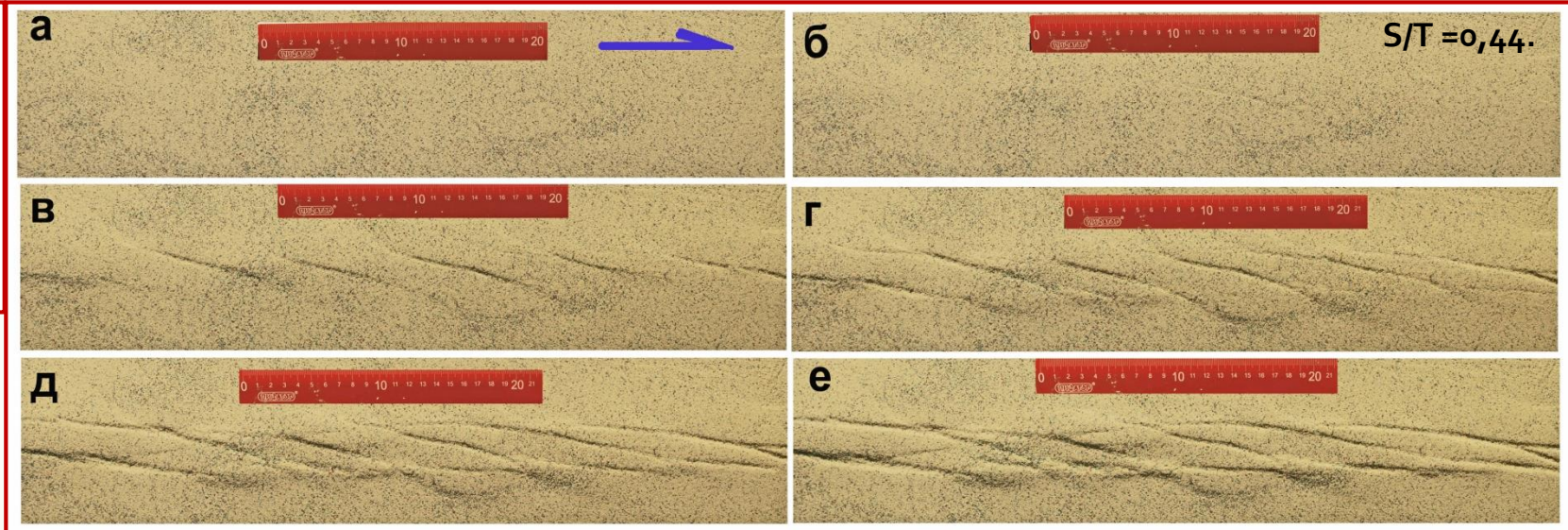
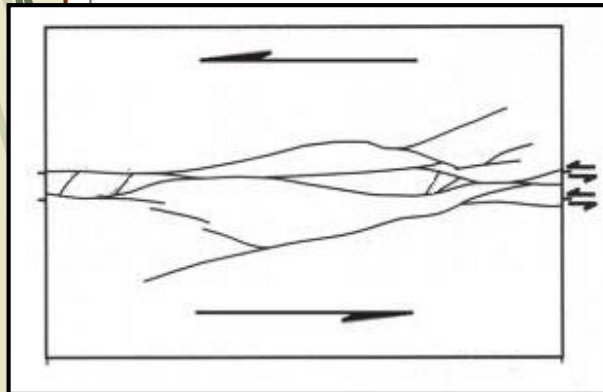
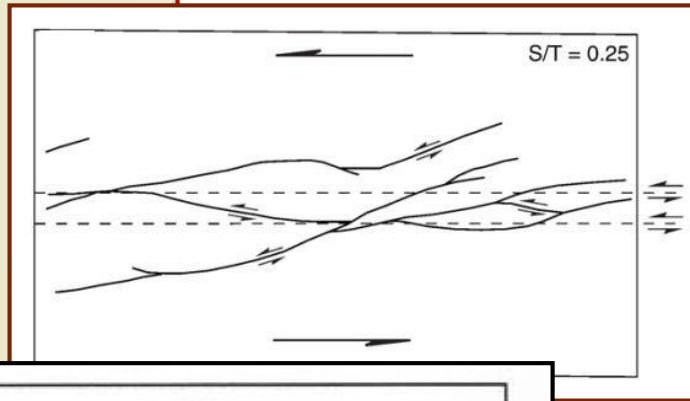
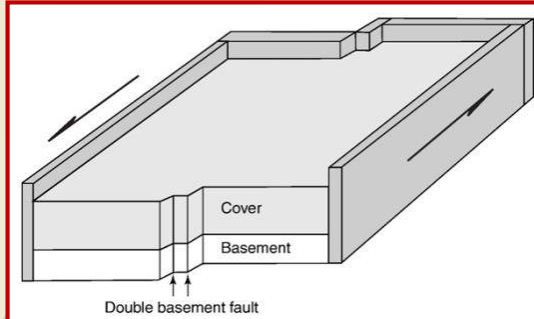
с - эволюция сколов Риделя при
увеличении амплитуды сдвига
(no Ueta et al., 2000).



Из статьи Tim P. Dooley & Guido Schreurs, 2012

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

Моделирование зон сдвига над **двумя** параллельными разломами в фундаменте



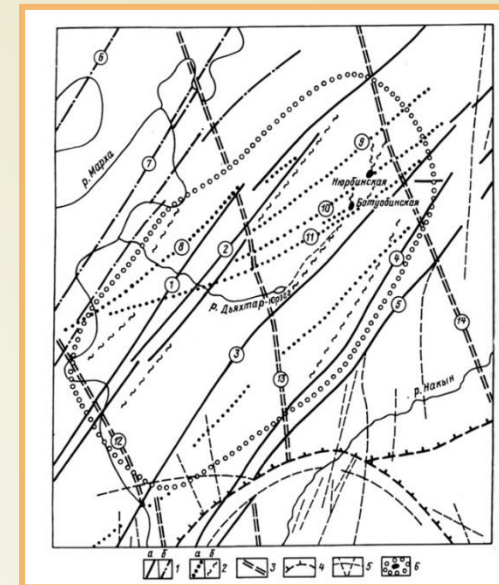
(W.P.Schellart &
D.A.Nieuwland,
2015)

(Фролова и др., 2019)

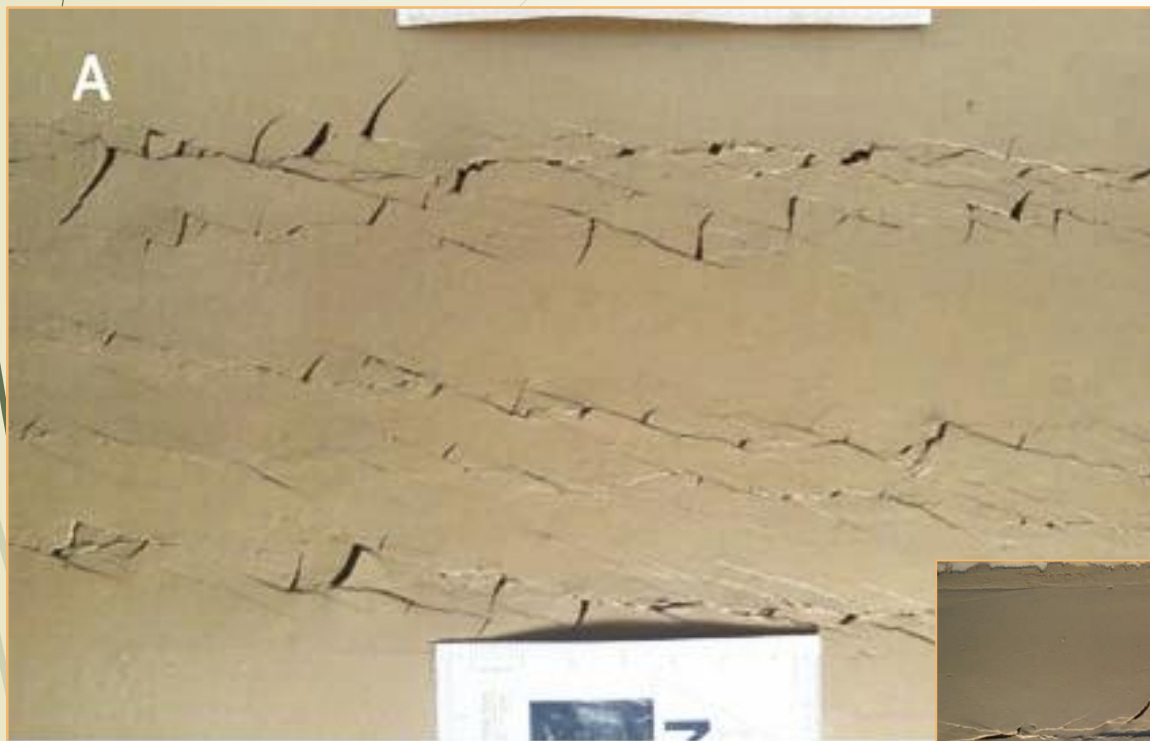
$S/T = 0,25-0,5$, развивающиеся в чехле структуры влияют друг на друга
 S – расстояние между разломами в фундаменте
 T – мощность чехла

Модели с
неоднородным
полем
напряжения

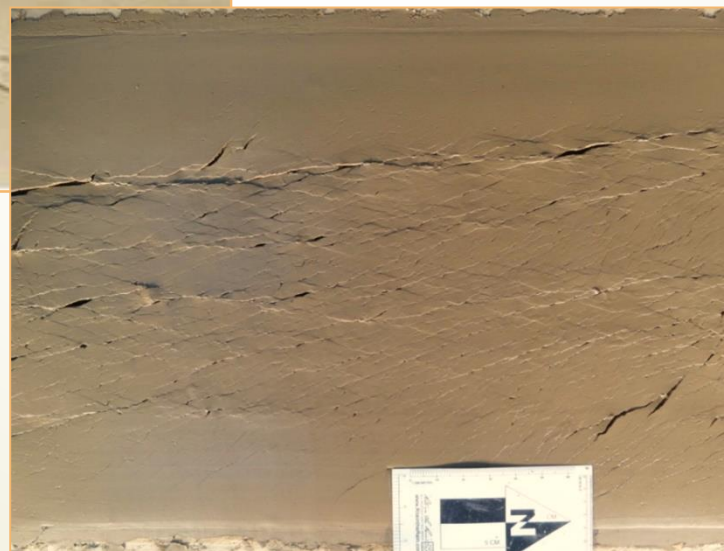
Сдвиговые зоны с несколькими разломами в фундаменте (*Черемных и др., 2016*)



«Фундамент» состоял из серии линейно вытянутых блоков, имитирующих разломно-блоковую структуру Вилуйско-Мархинской зоны (Якутская алмазоносная провинция). Каждый из блоков был соединен с остальными и перемещался относительно соседних с постоянной скоростью. «Чехол» – влажная глина.



В экспериментах менялось направление сдвига на противоположное, скорость сдвига и мощность чехла (влажная глина)



Моделирование сдвиговой зоны с несколькими криволинейными пересекающимися разломами

- ▶ Отсутствие методики
- ▶ Идея прибора (подсказана работами Г. Шреурса и Б. Колетты (Schreurs, Colletta, 2003))
- ▶ Техническое воплощение

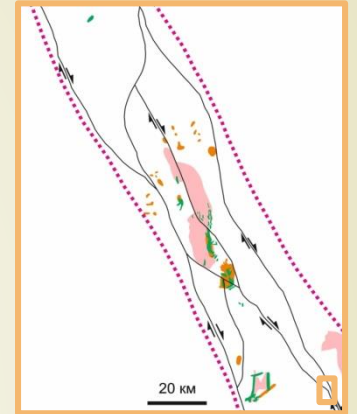


Схема движения столешницы прибора. Зеленым показаны движущиеся детали прибора (столешница и одна из стенок), красным — неподвижные части.

Столешница может перемещаться в обе стороны на 15 см. Таким образом, максимальная амплитуда смещения достигает 30 см. Длина и ширина столешницы прибора составляет 130 и 100 см.



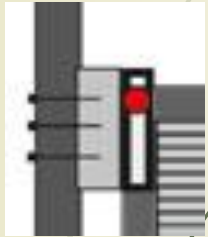
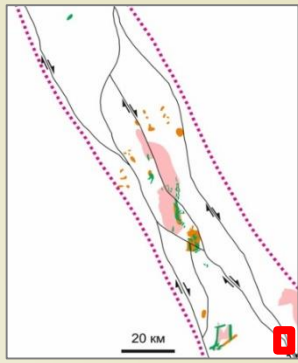
Общий вид прибора для тектонофизического моделирования со стороны панели управления. Скорость движения меняется в пределах 0,1—30 см/ч.



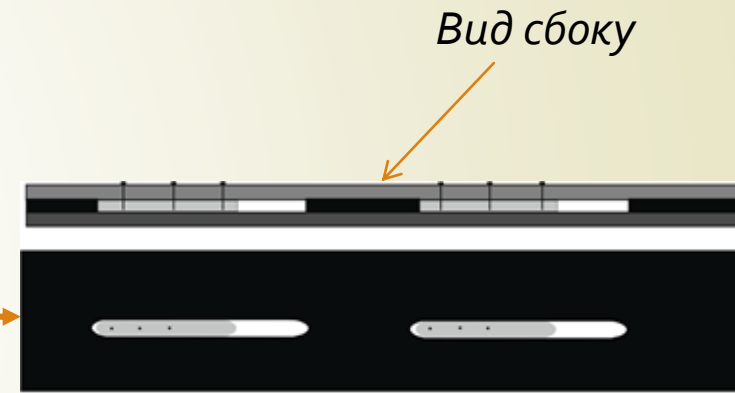
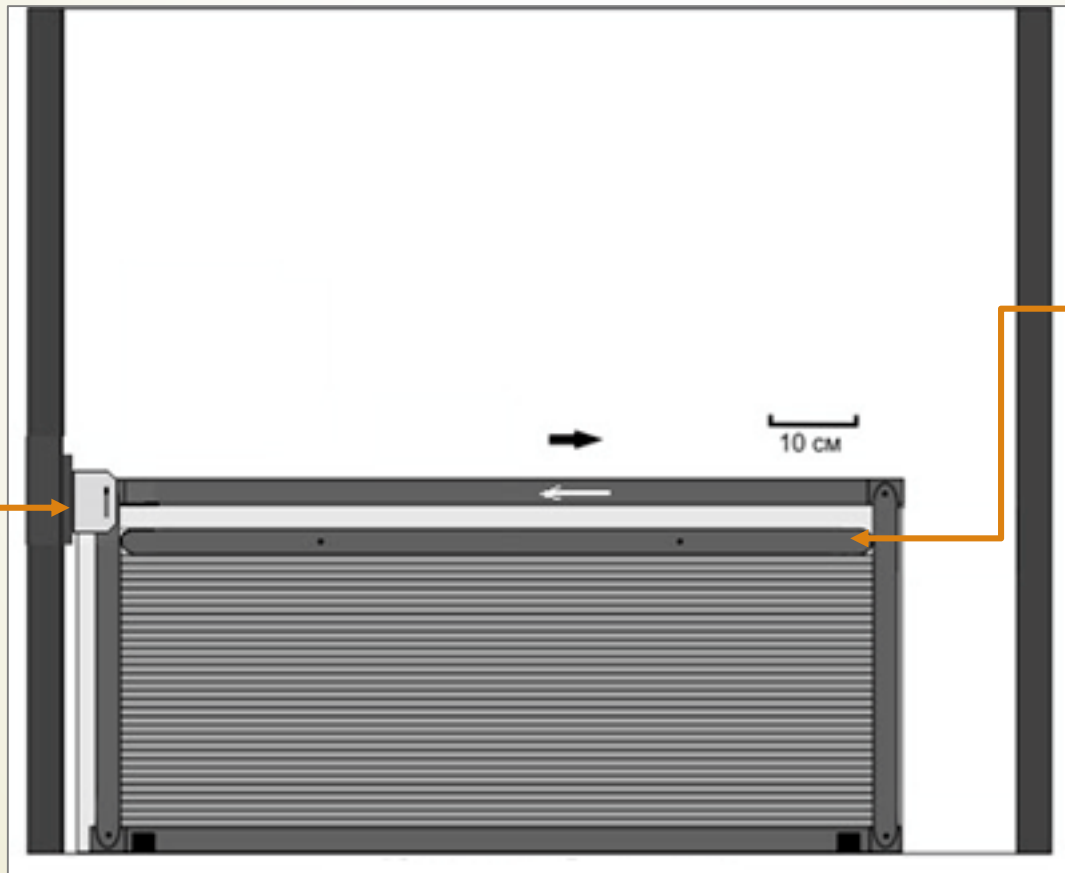
Модель такой зоны.
Баимская рудная сдвиговая зона

Методика моделирования

Устройство приспособления для моделирования сдвига в широкой зоне



Приводящая рельса, позволяющая компенсировать изменение высоты рамы.



Направляющие пазы и ползуны в них

Приспособление для моделирования сдвига в широкой зоне



Смонтированы основание прибора, ползуны дальнего борта рамы, рельса привода рамы и коромысло, сопрягающее боковые борта рамы.

Установлен дальний борт рамы приспособления



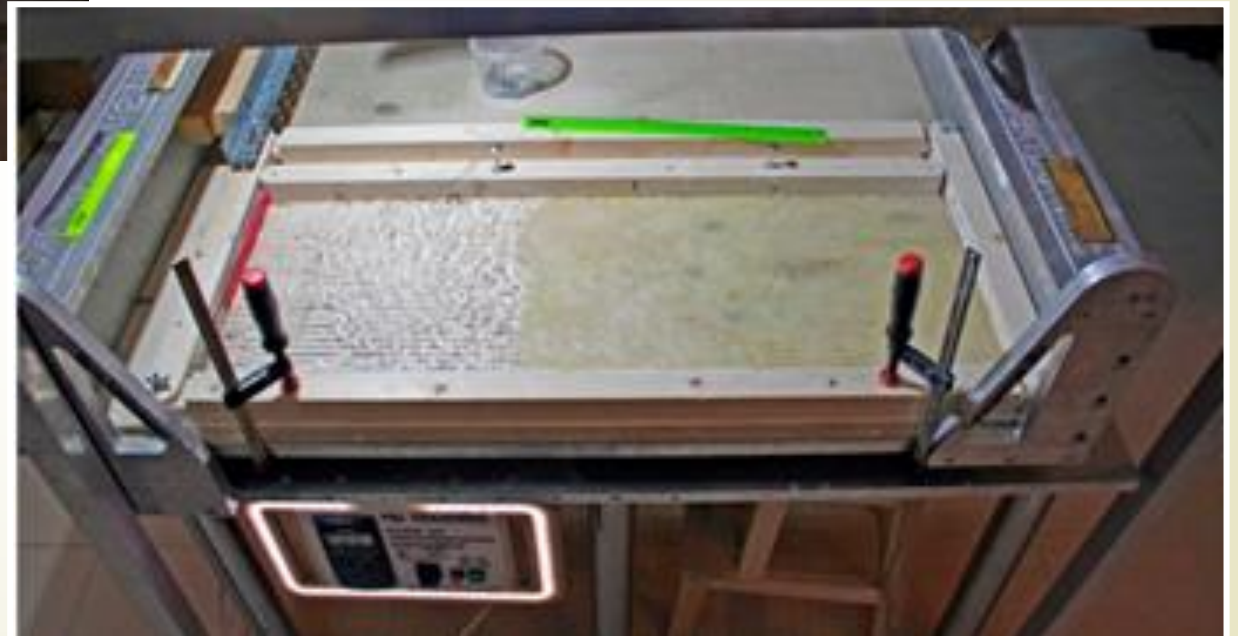
Приспособление для моделирования сдвига в широкой зоне



Ближний борт рамы зафиксирован струбцинами, на основание приспособления уложены плексигласовые рейки шириной 1 см (31 штука)

На плексигласовые рейки уложен силикон

Силикон обеспечивает непрерывное и плавное сдвигание модельного материала



Моделирование сдвиговой зоны с несколькими криволинейными пересекающимися разломами. Методика моделирования

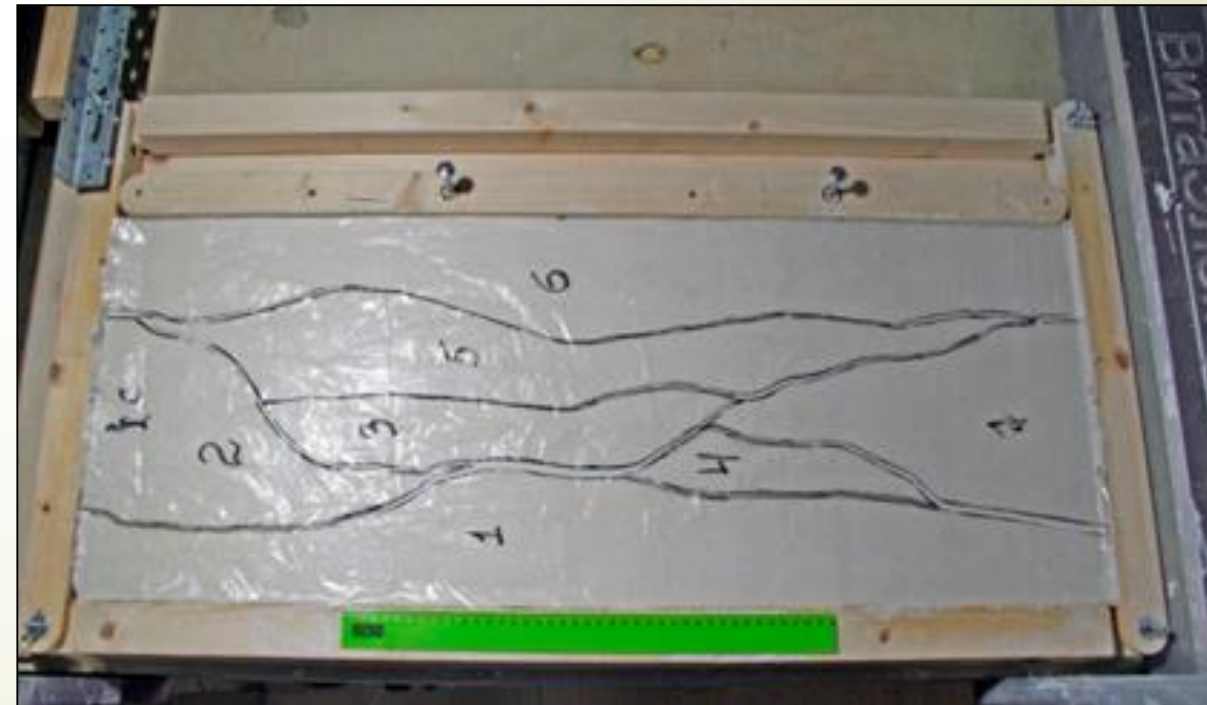


Для того, чтобы задать структуру конкретного объекта (в данном случае — Баимской сдвиговой зоны), в слое глины тонким ножом, по трафарету прорезаются разрывы, аналогичные разрывам Баимской зоны.

Для обеспечения плавности резки, нож немного смазывается машинным маслом. В случае, если образец имеет два слоя («фундамент» и «чехол») разрезы производятся только в нижнем слое.

Изготовление образца

На слой силикона укладывается модельный материал (глина). Его поверхность тщательно выравнивается



Моделирование сдвиговой зоны с несколькими криволинейными пересекающимися разломами. Методика моделирования

45



Первоначальное приспособление.
Вид помещенной в него модели до начала деформирования

Два приспособления для моделирования.
Крепятся к основному прибору



Усовершенствованное приспособление
к прибору для тектонофизического моделирования

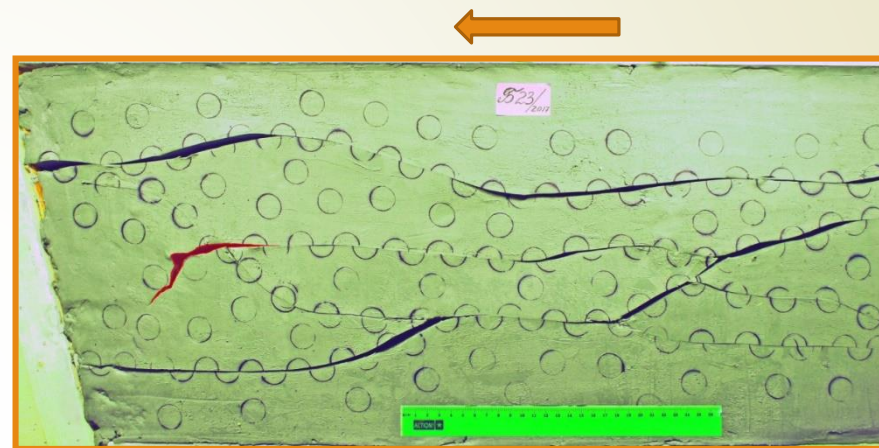
С помощью этих приспособлений
можно моделировать сложные
сдвиговые зоны любой конфигурации.
Предусмотрена возможность реверса

Результаты моделирования

Модель «фундамент + чехол»

Перемещение блоков «фундамента»

Бентонитовая глина 25% влажности, нарезанная на несколько блоков по аналогии с Баимской Сдвиговой зоной. Размеры образца 88x31x3см. Левый сдвиг. $V=3$ см/час. $\gamma_{\max}=0,24$



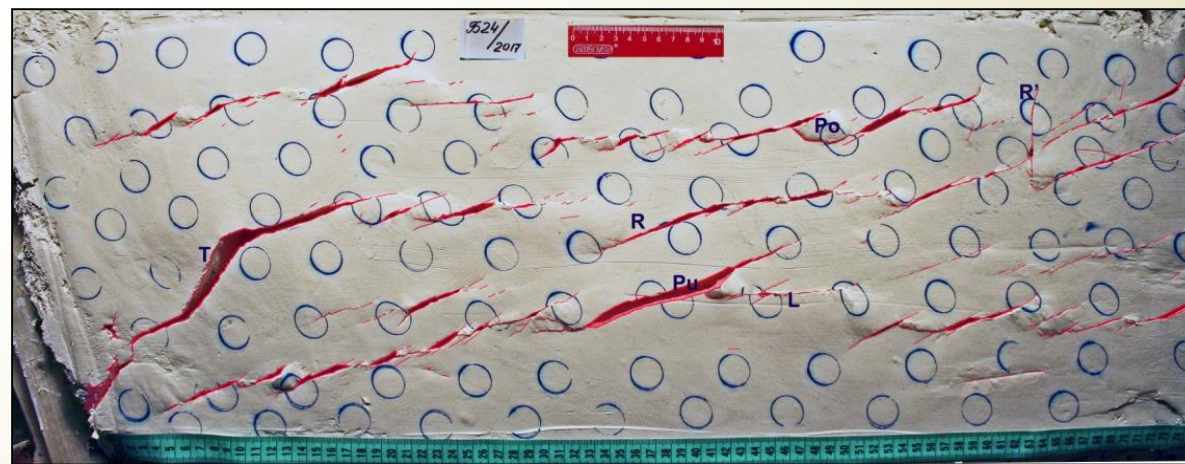
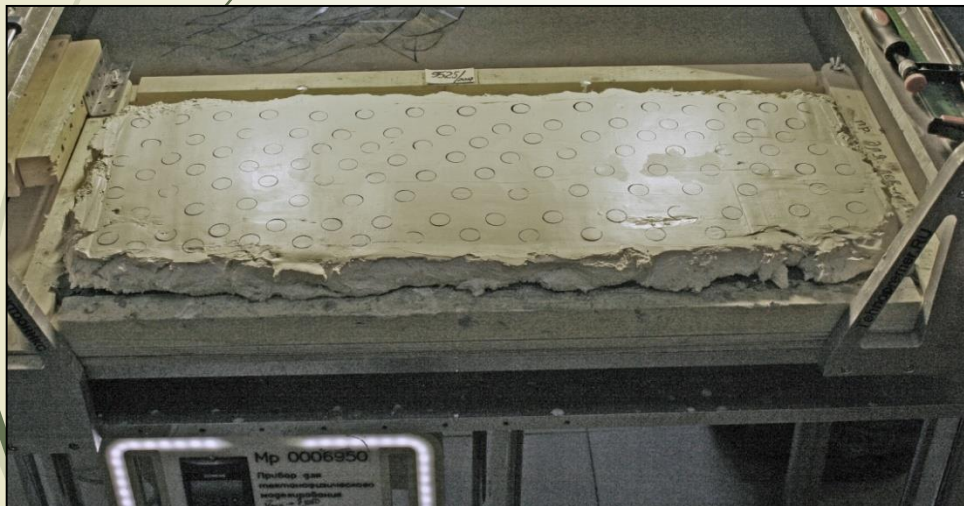
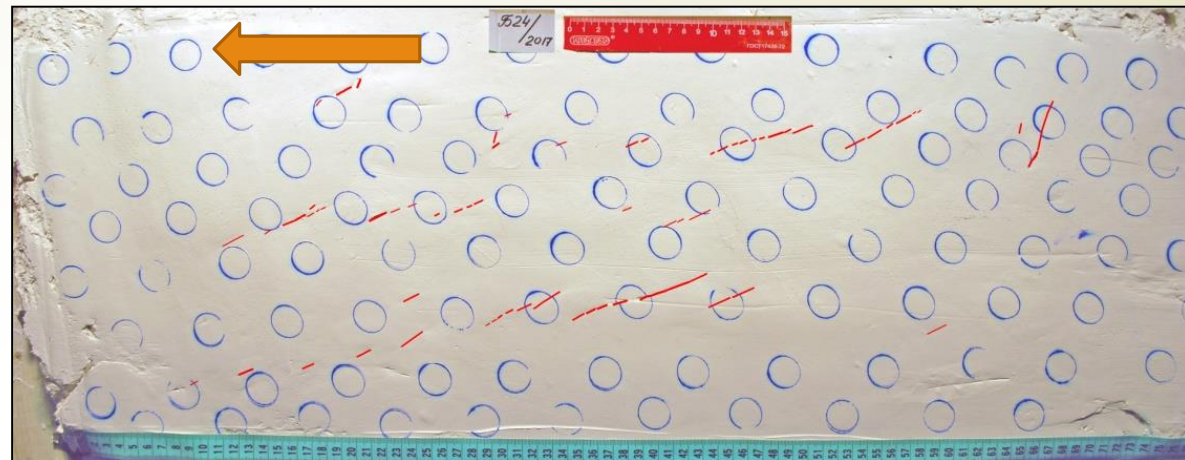
Смещение блоков из вязкой глины при сдвиге в широкой зоне



Относительная величина смещения по каждому из разрывов

47

Модель «фундамент + чехол»



«Чехол»: каолиновая глина 40% влажности. $h=3,5$ см. $V=2,7$ см/час. $\gamma_{\max}=0,2$

Только левый сдвиг

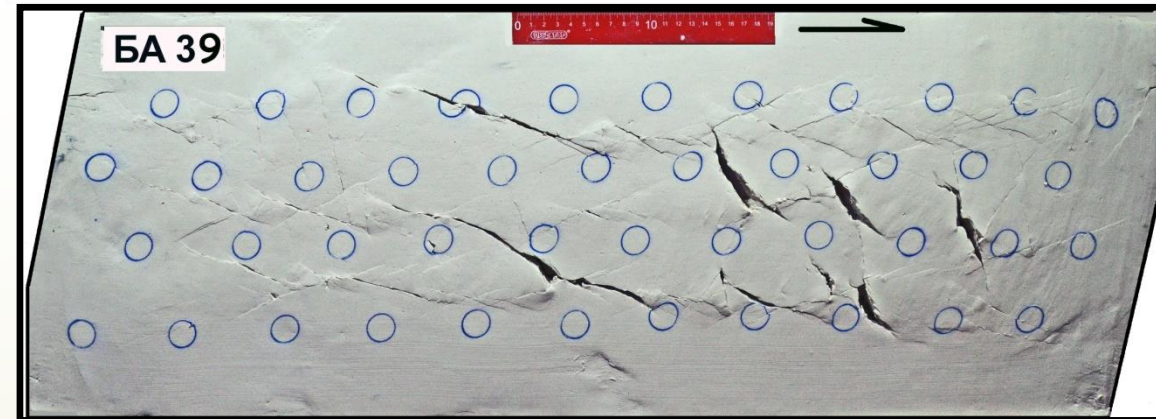
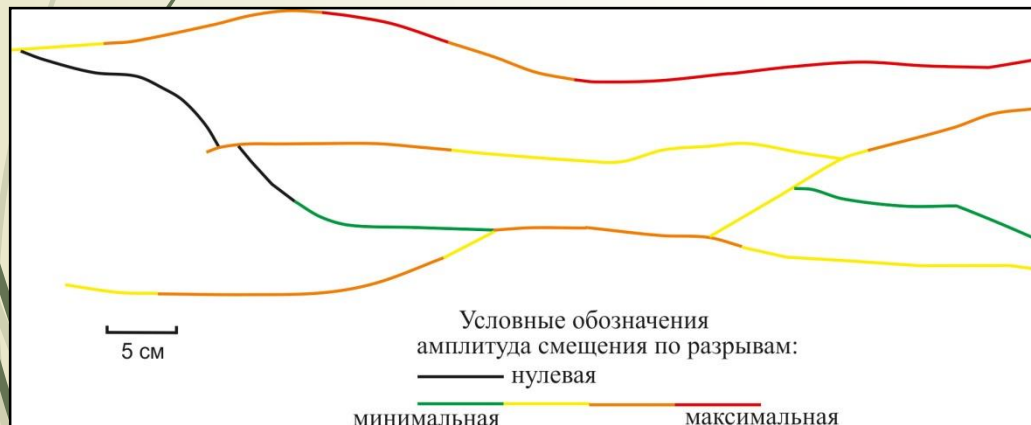
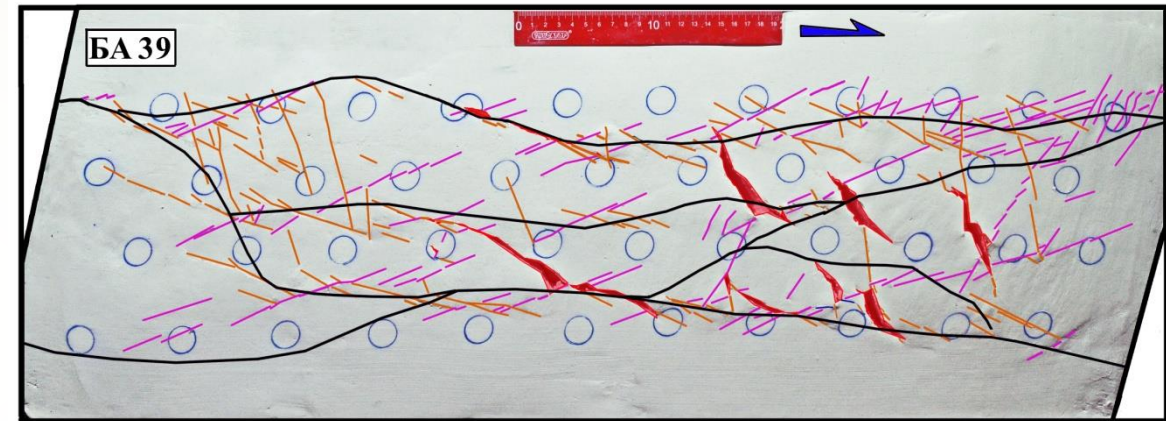
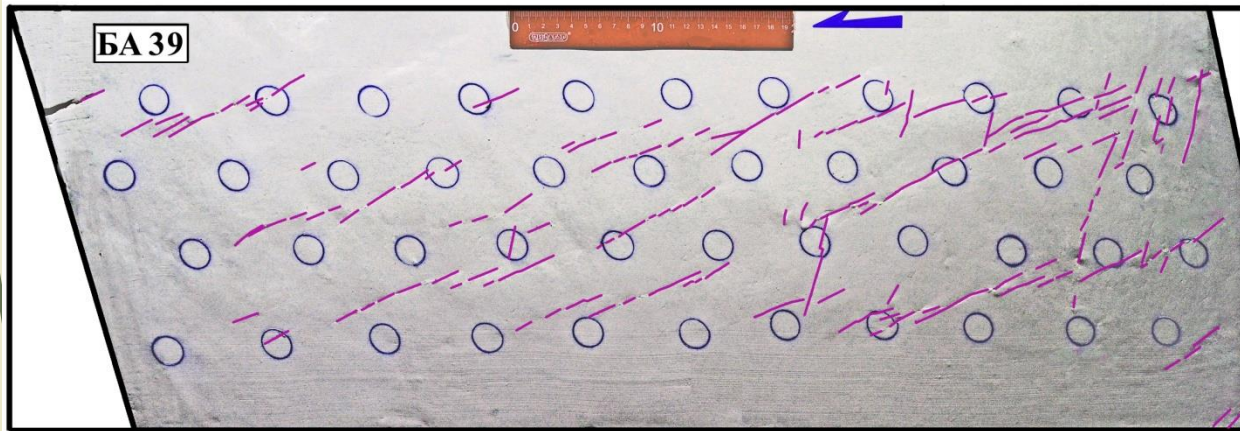
Проводились также эксперименты, в которых чехлом служил песок

Модель «фундамент + чехол»

Двухфазная деформация

левый сдвиг

правый сдвиг



«Чехол»: каолиновая глина 38% влажности. $h=3,5$ см. $V=4,5$ см/час.
Смещение влево 10 см, вправо 17 см.

Общепринятое моделирование сдвиговых зон: перемещения по разломам в фундаменте обуславливают напряжения в чехле, в котором и происходит структурообразование. В природе не всегда можно выделить фундамент и чехол.

Методика, разработанная в Лаборатории тектонофизики и геотектоники МГУ (Фролова и др., 2020) предусматривает этот вариант. В этом случае берется один слой глины. Глина должна иметь меньшую вязкость по сравнению с глиной, используемой для «фундамента».

Методикой предусмотрено моделирование реверсивных движений.

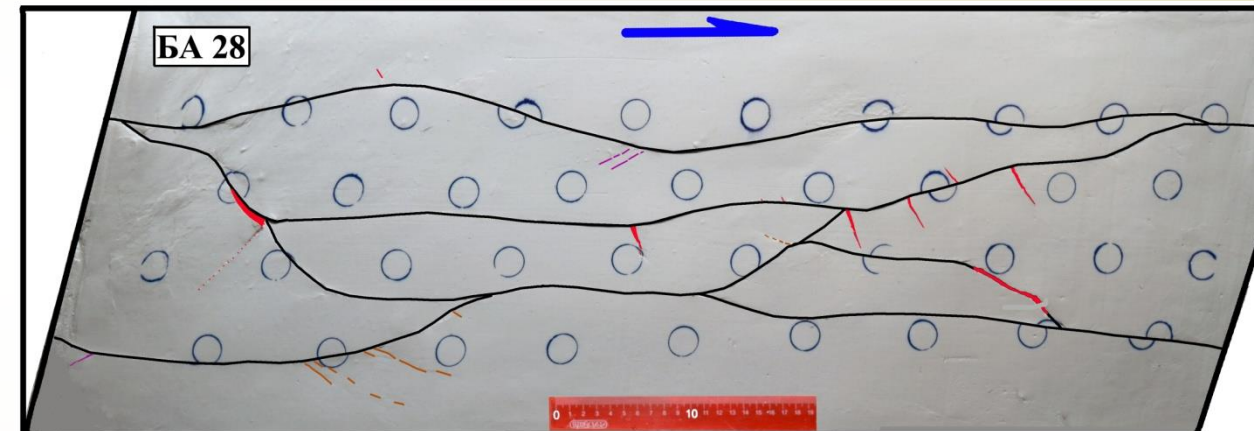
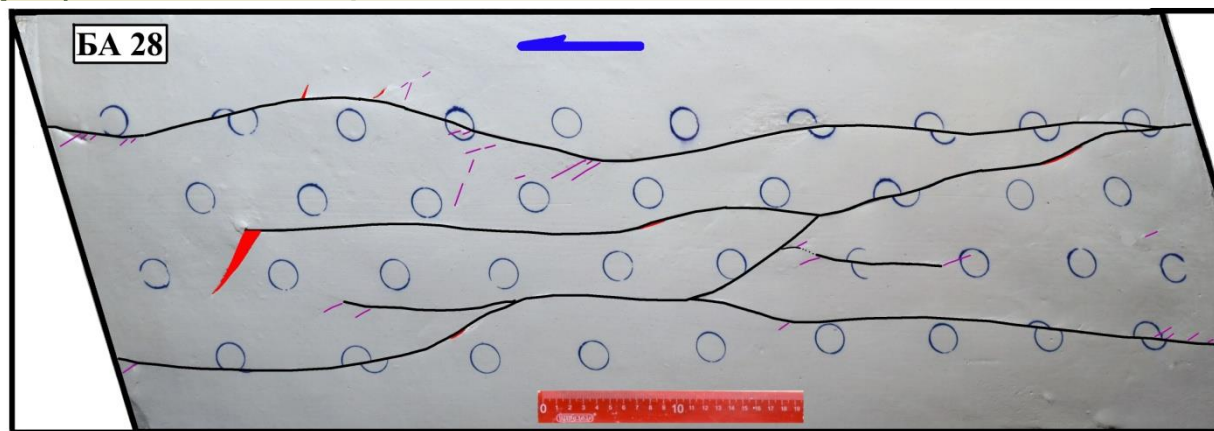
Основные параметры, которые можно менять в модели, это мощность пласта глины, скорость деформации и влажность (и таким образом, вязкость) глины.

Моделирование с некоторыми вариациями параметров:

- Мощность: 3 и 5 см
- Вязкость: «большая» 32-33% влажности, «средняя» 36%, «малая» 43-45%
- Скорость: низкая 2,7–4,5 см/час, высокая: 15,5-17,3 см/час

Модель без разделения на «фундамент» и «чехол»

- «Большая» вязкость, высокая скорость. Двухфазная деформация

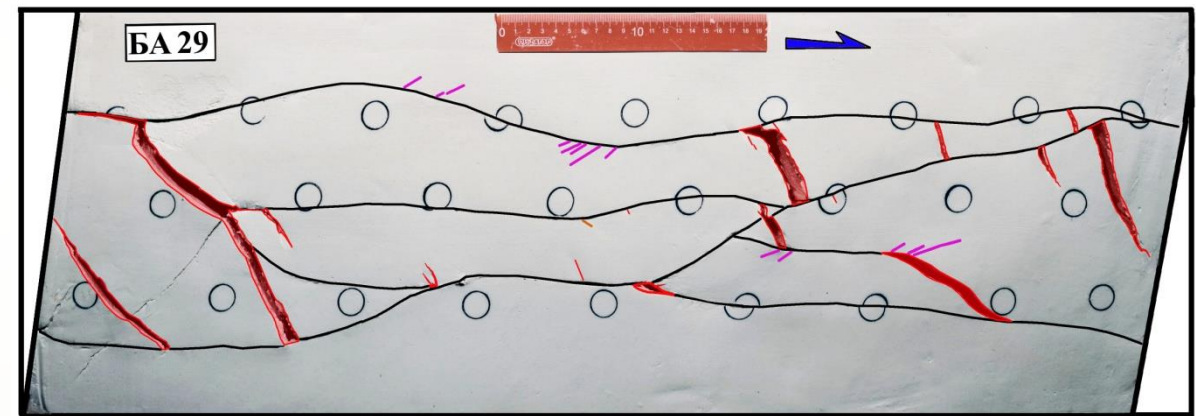
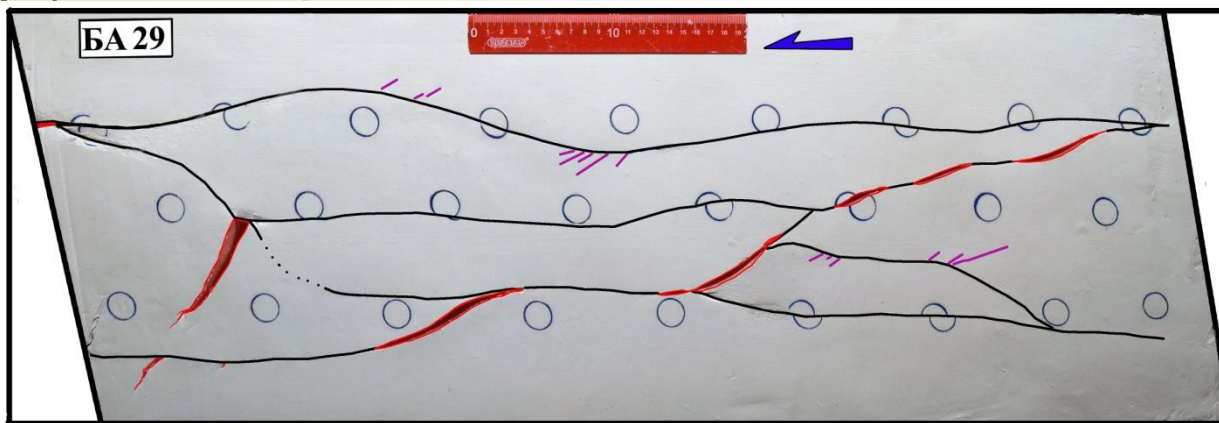


Небольшие трещины отрыва

Каолиновая глина 33% влажности. $h=5$ см. $V=17$ см/час. Смещение влево 10 см, вправо 24 см.

Модель без разделения на «фундамент» и «чехол»

- «Большая» вязкость, низкая скорость. Двухфазная деформация

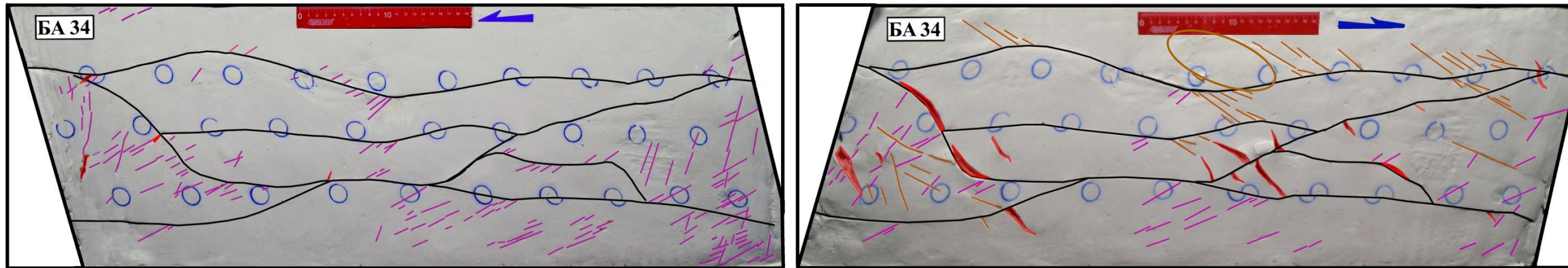


Каолиновая глина 32% влажности. $h=5$ см. $V=3,4$ см/час.
Смещение влево 8 см, вправо 13 см.

Зияющие трещины отрыва
- влияние скорости деформации

Модель без разделения на «фундамент» и «чехол»

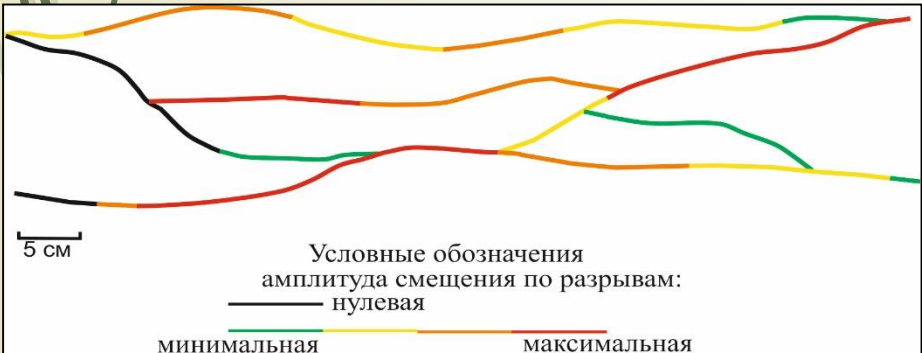
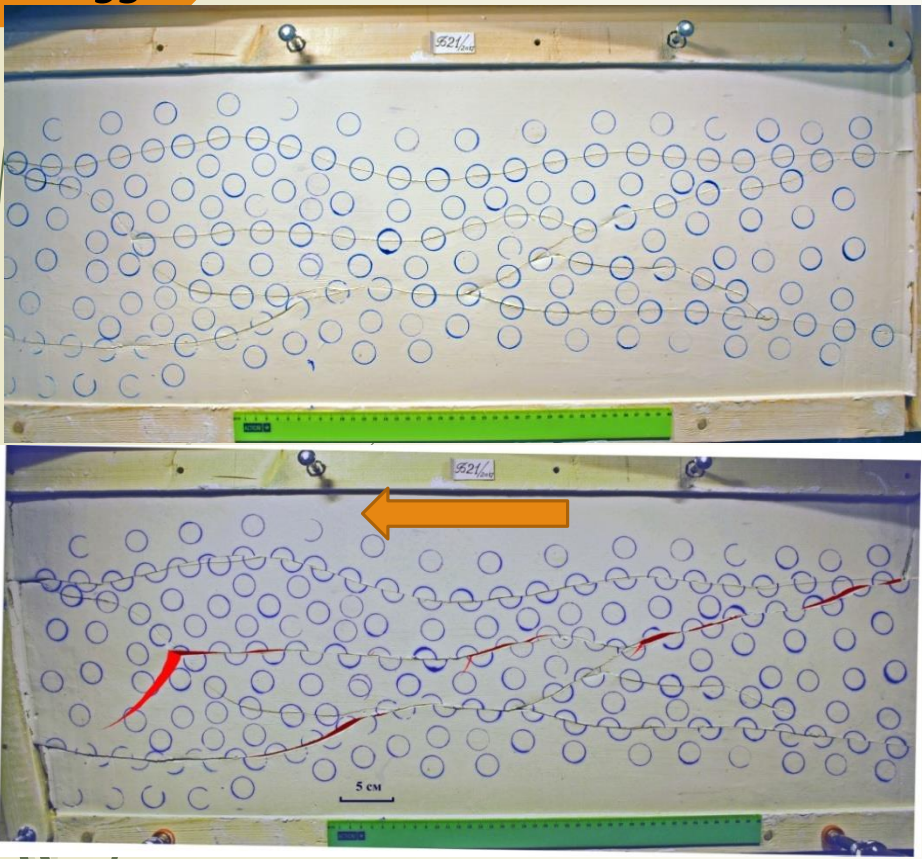
- «Средняя» вязкость, низкая скорость. Двухфазная деформация



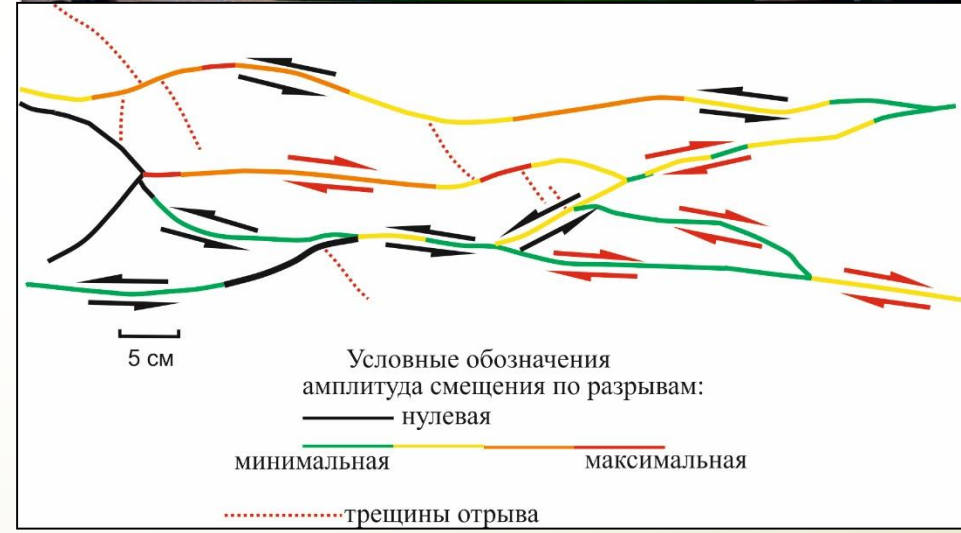
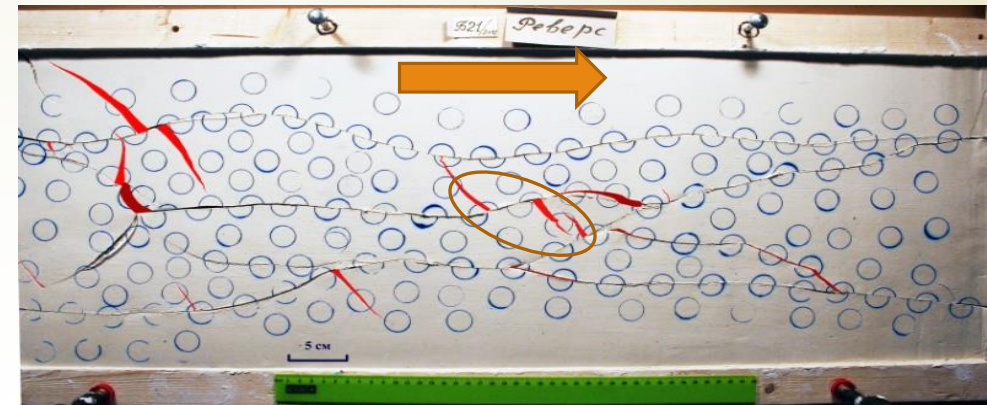
Сколы Риделя двух генераций и зияющие трещины отрыва

Каолиновая глина 36% влажности. $h=5$ см. $V=3,0$ см/час.
Смещение влево 10 см, вправо 20 см.

«Средняя» вязкость, низкая скорость. Двухфазная деформация




Первая фаза деформации – левый сдвиг



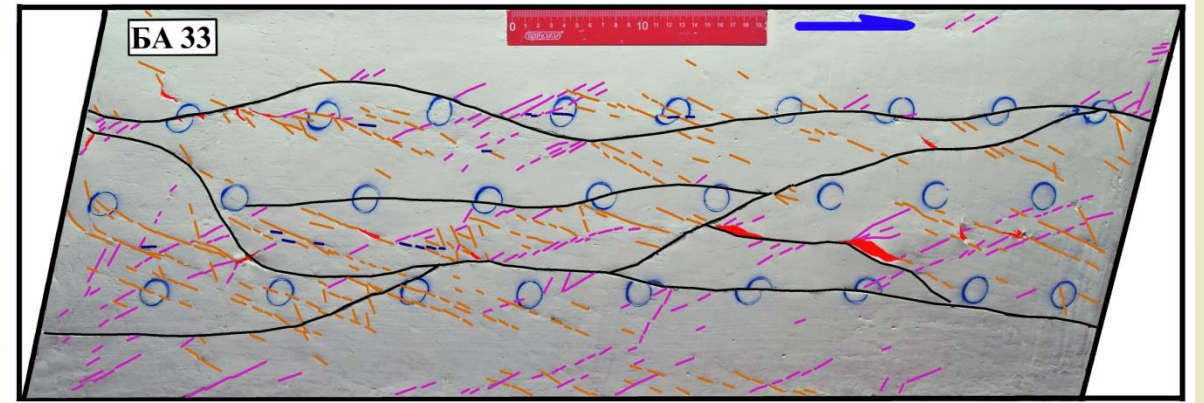
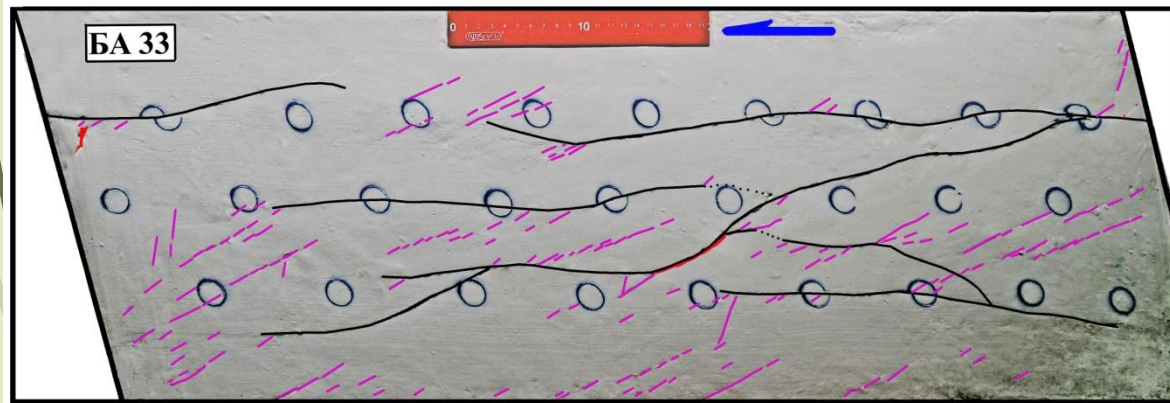
Вторая фаза деформации – правый сдвиг

Глина каолиновая.
 $V=3,25$ см/час. $\gamma_{max}=0,21$

 Место пересечения интрузивного тела с главным сдвигом зоны

Модель без разделения на «фундамент» и «чехол»

- «Малая» вязкость, низкая скорость. Двухфазная деформация

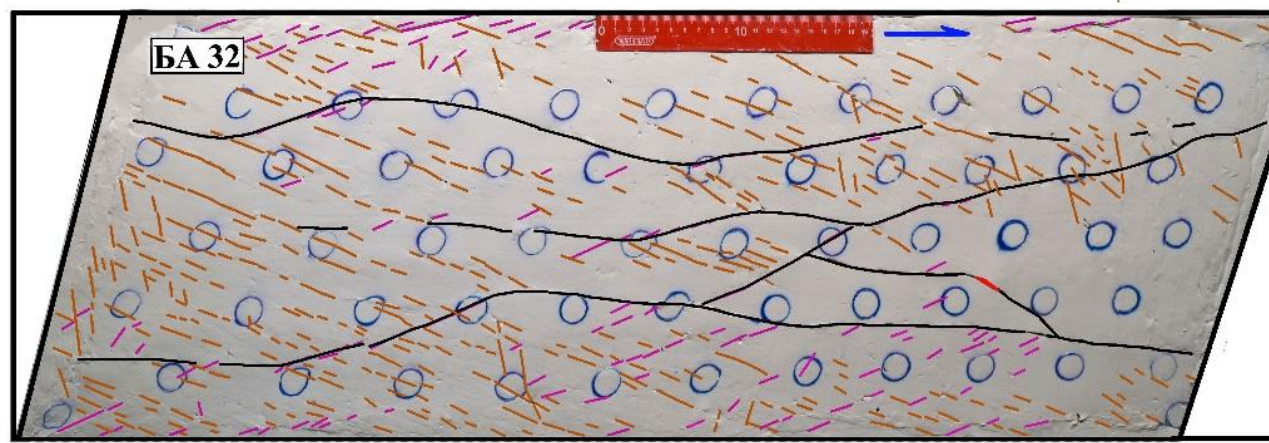
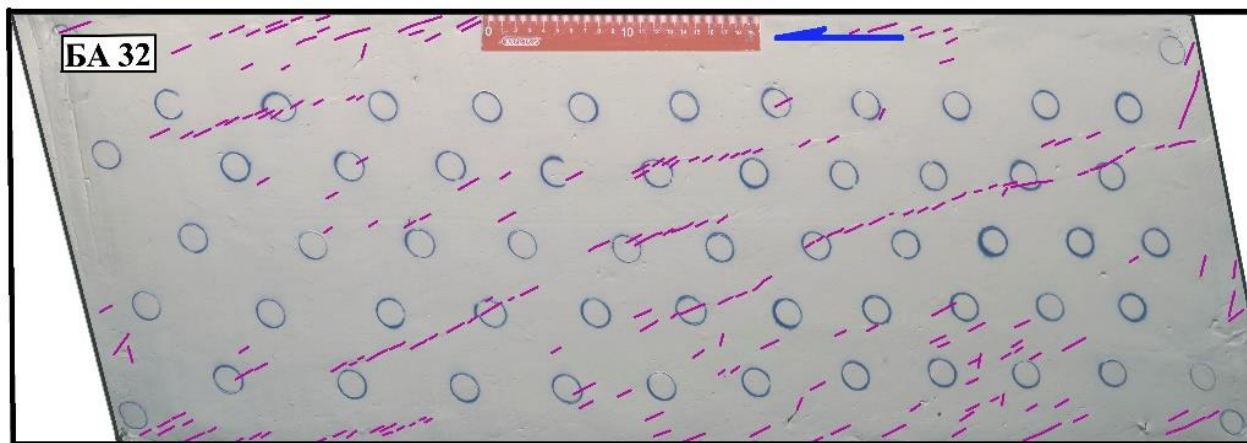


Сколы Риделя двух генераций, трещины отрыва отсутствуют - влияние вязкости

Каолиновая глина 42% влажности. $h=3$ см. $V=3,0$ см/час.
Смещение влево 10 см, вправо 20 см.

Модель без разделения на «фундамент» и «чехол»

- «Малая» вязкость, высокая скорость. Двухфазная деформация



Каолиновая глина 43% влажности. $h=3$ см. $V=16,7$ см/час.
Смещение влево 10 см, вправо 17 см.

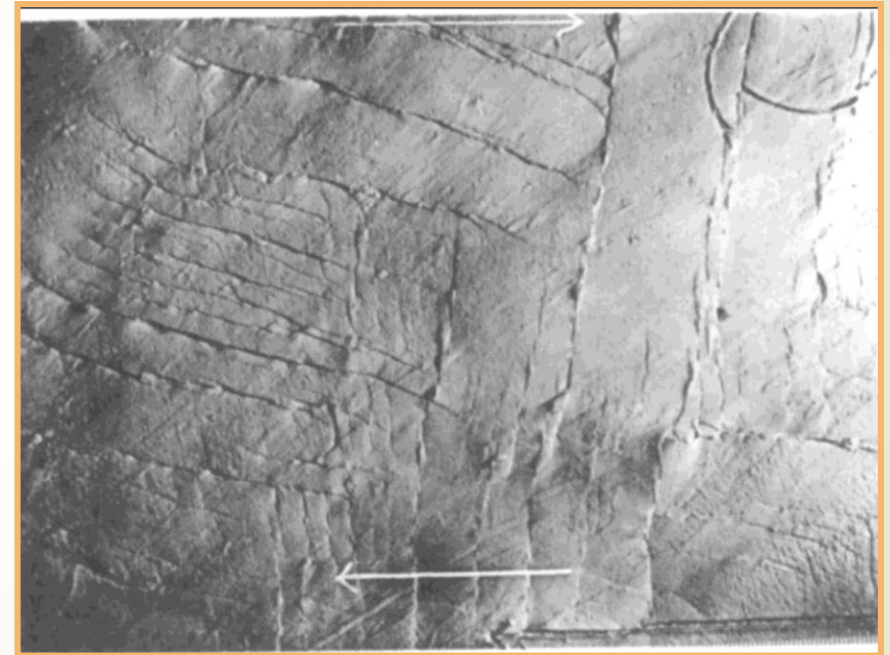
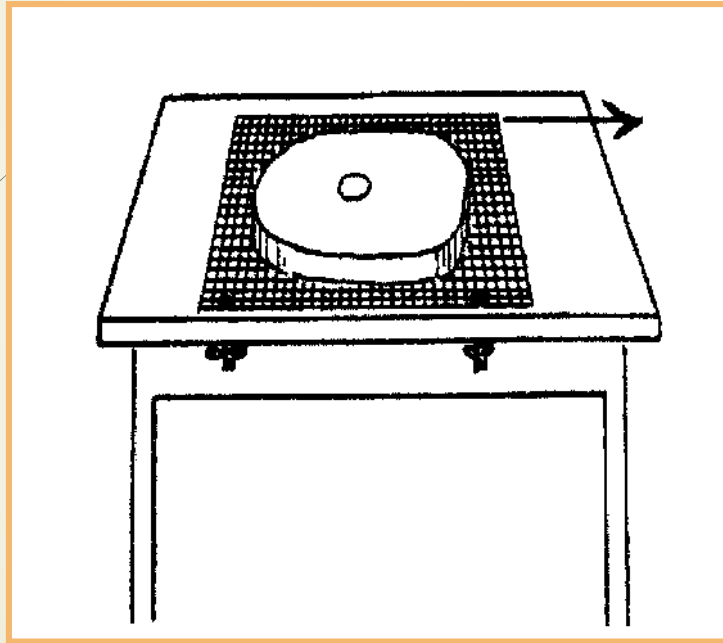
Густая сеть сколов Риделя двух генераций
-влияние скорости

Результаты моделирования сдвиговой зоны с несколькими криволинейными пересекающимися разломами

- ❑ Сконструирован прибор и разработана методика моделирования сложных широких сдвиговых зон с деления на чехол и фундамент
- ❑ Выявлена важная роль второй фазы деформации в формировании структурных парагенезов: именно во время нее формируются трещины отрыва (при однофазной деформации – только в хрупкой среде)
- ❑ Изучено влияние вязкости влажной глины и скорости деформации на характер структурных парагенезов
 - при повышенной вязкости трещины скалывания отсутствуют; развиваются трещины отрыва во время второй фазы деформации (независимо от скорости);
 - при пониженной вязкости формируются трещины скалывания, которые развиваются во время обеих фаз деформации. Трещин отрыва нет;
 - если вязкость промежуточная, то могут формироваться трещины разных типов.
 - при низкой скорости деформации трещины располагаются реже, они крупнее и четче;
 - при высокой скорости деформации развиваются более частые и мелкие трещины.

Поле напряжений
квазиоднородно

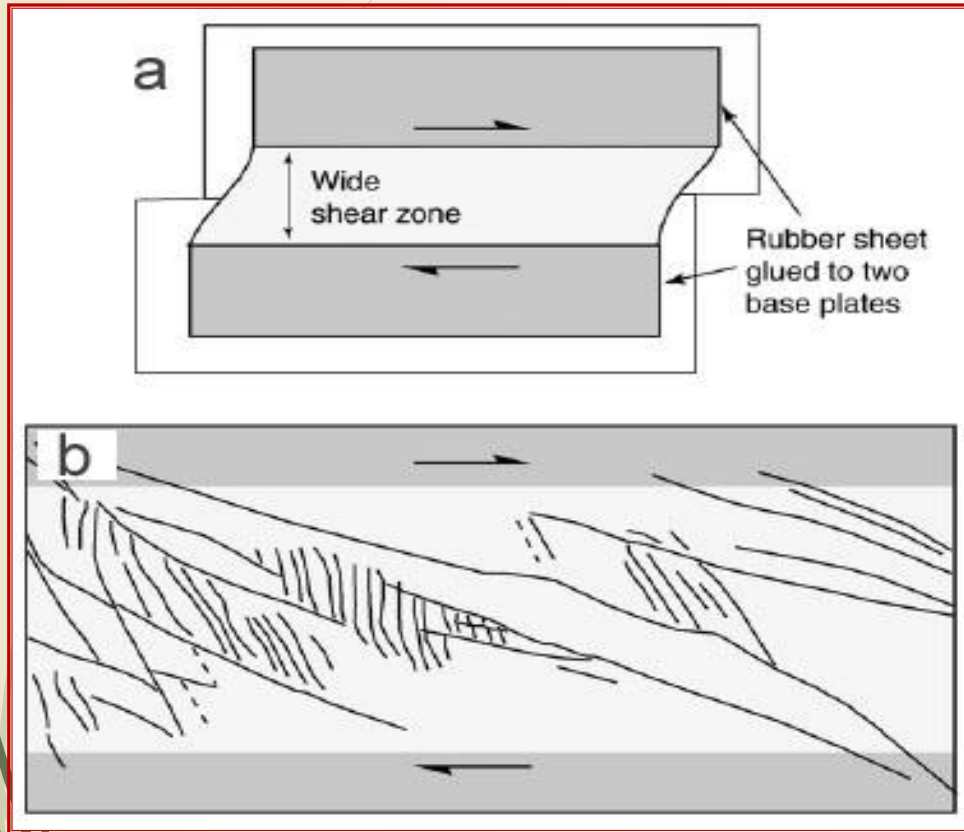
Моделирование зон сдвига с однородным напряженным состоянием



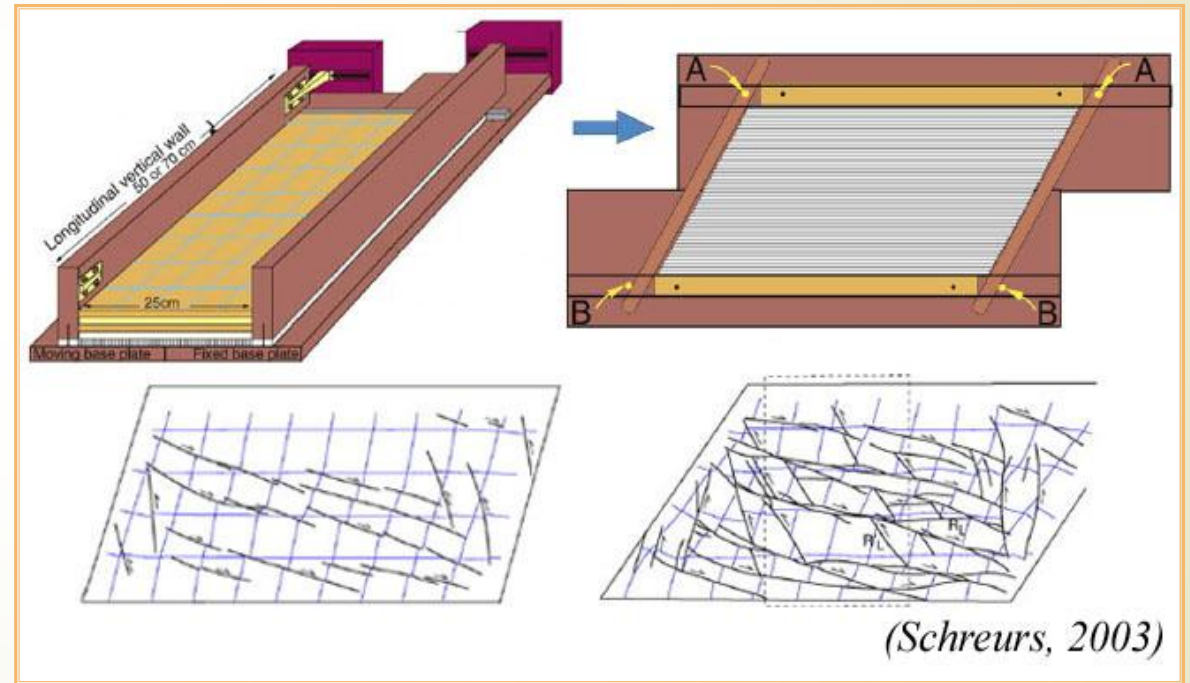
E. Cloos, 1955

Модели с «однородным» полем напряжения (широкие зоны сдвига)

Оригинальный прибор
с 50 скользящими рейками



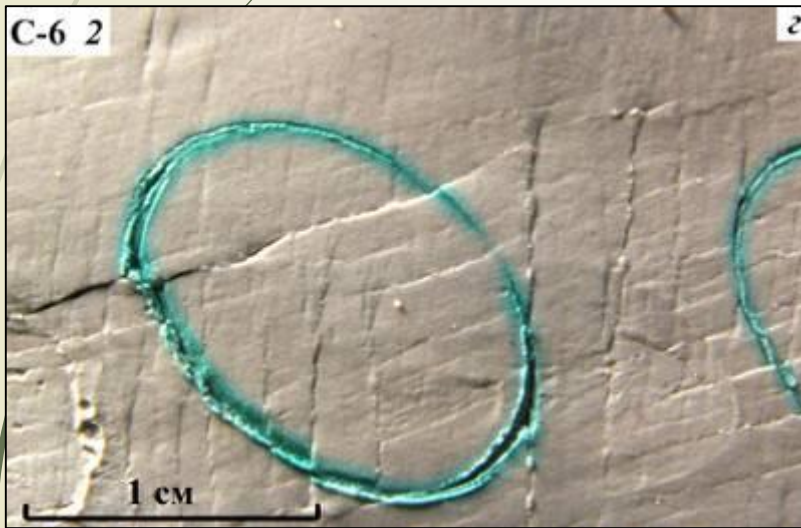
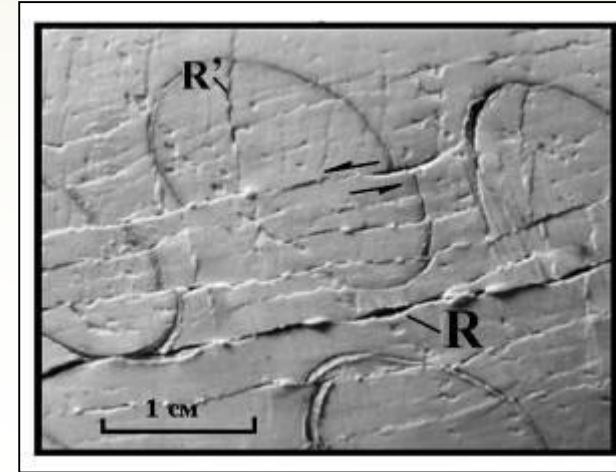
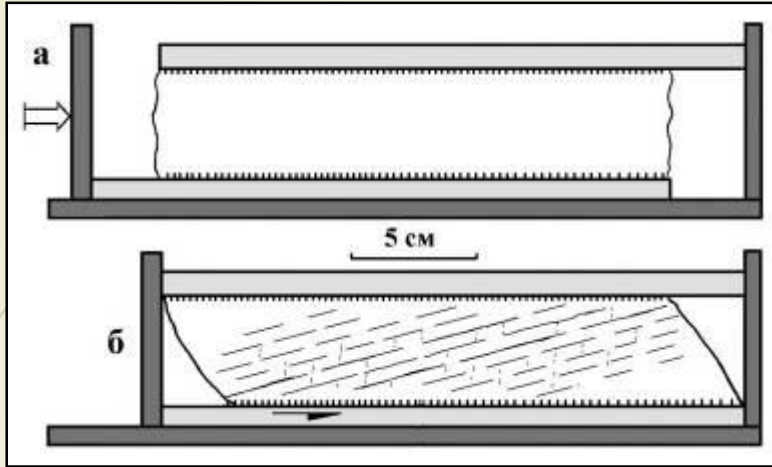
(Naylor from Mandl, 1988)



Структурный парагенез – две системы сколов,
равномерно заполняющих пространство.

Моделирование без привязки к конкретным структурным объектам

Одна из моделей Лаборатории тектонофизики и геотектоники МГУ)



Видно примерно одинаковое развитие сколов Риделя R и R' в начале деформации и преимущественное развитие сколов R при продолжении деформации.

Поле напряжений
квазиоднородно

В Лаборатории тектонофизики и геотектоники МГУ были сделаны также эксперименты по воспроизведению сдвига, в которых влажная глина дополнительно смачивалась с поверхности водой. В этих экспериментах активно развивались сколы Риделя R'



Смачивание поверхности образца водой обусловило развитие сколов Риделя R' , практически равноправных со сколами Риделя R .
Эксперимент Лаборатории тектонофизики МГУ



Эксперименты показывают, что структурные парагенезы зон неоднородного и квазиоднородного сдвига отличаются друг от друга

