

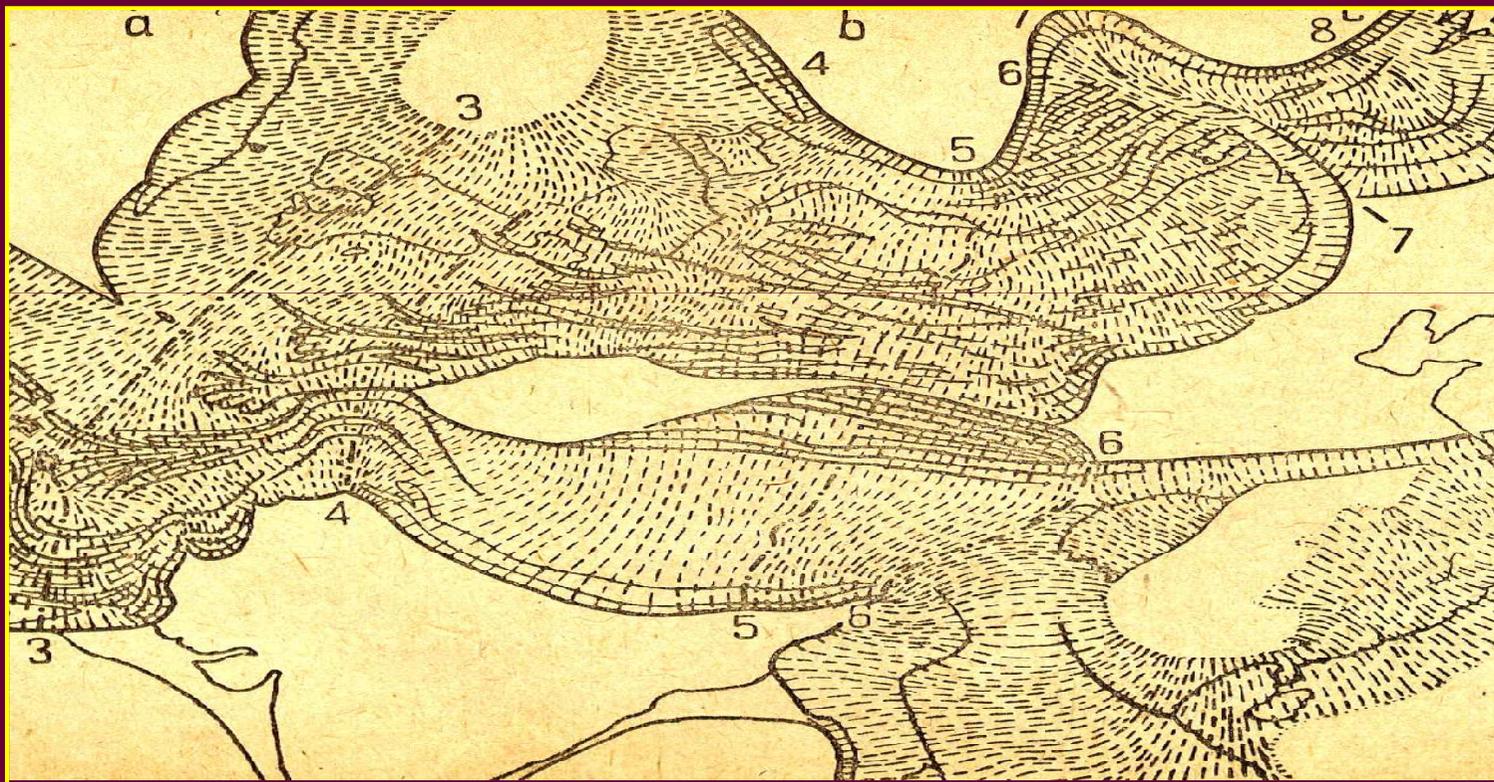


М.Г.Леонов

Тектоническое течение в
земной коре: структурные
формы, механизмы
подвижности, данные
численного и аналогового
моделирования

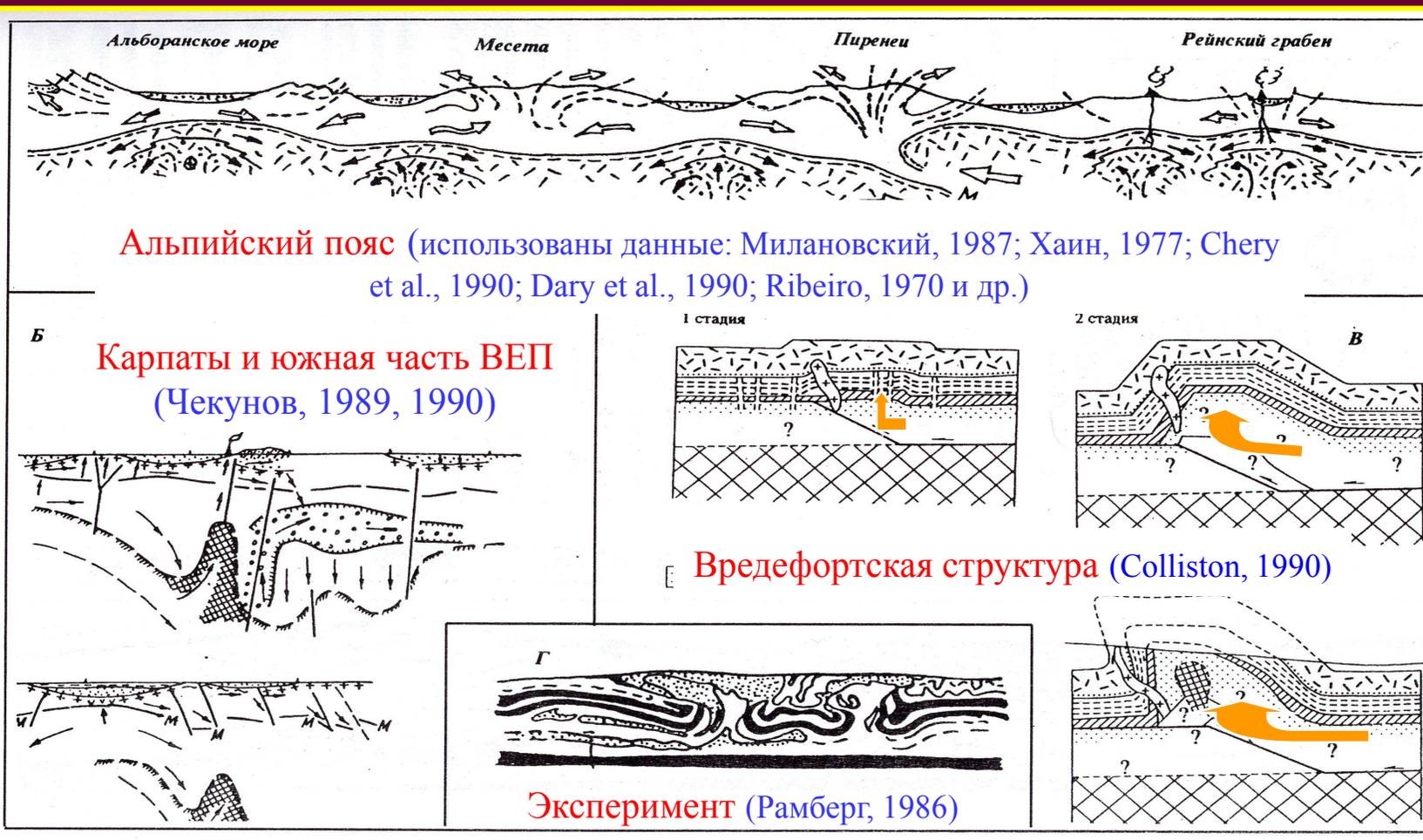
Работа выполнена при финансовой поддержке Программ
фундаментальных исследований ОНЗ РАН № 6 и № 10 и Гранта РФФИ № 10-05-00852

«Вы не можете видеть движение так как вы видите структуру, т.е. в виде осязаемого трехмерного явления. Это движение надо воссоздать мысленно, воссоздать так, чтобы исторически связать сохранившиеся доказательства процесса и, наконец, подсказать его образом»



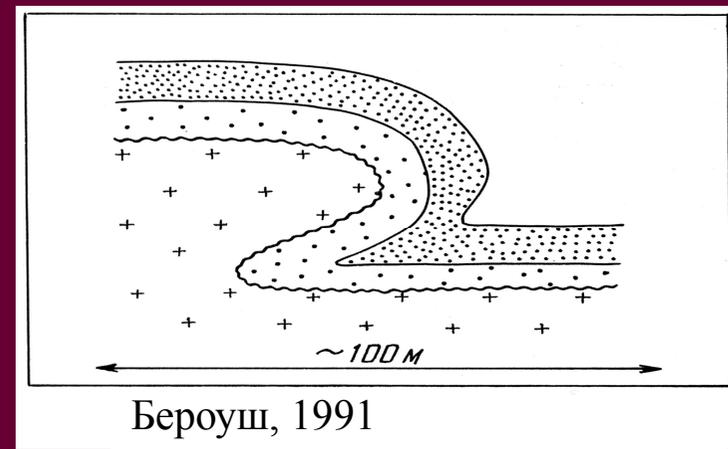
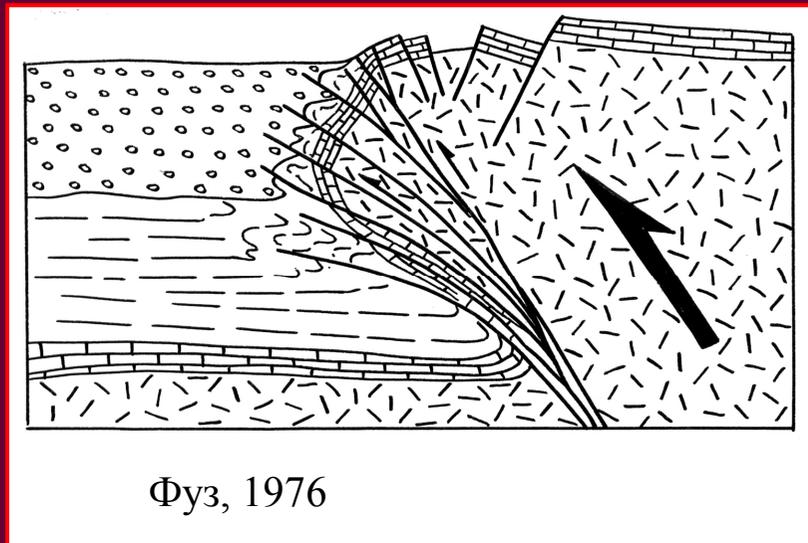
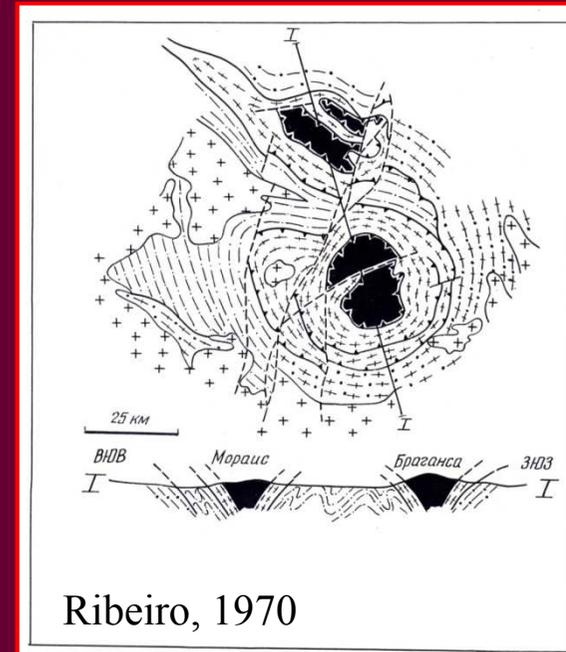
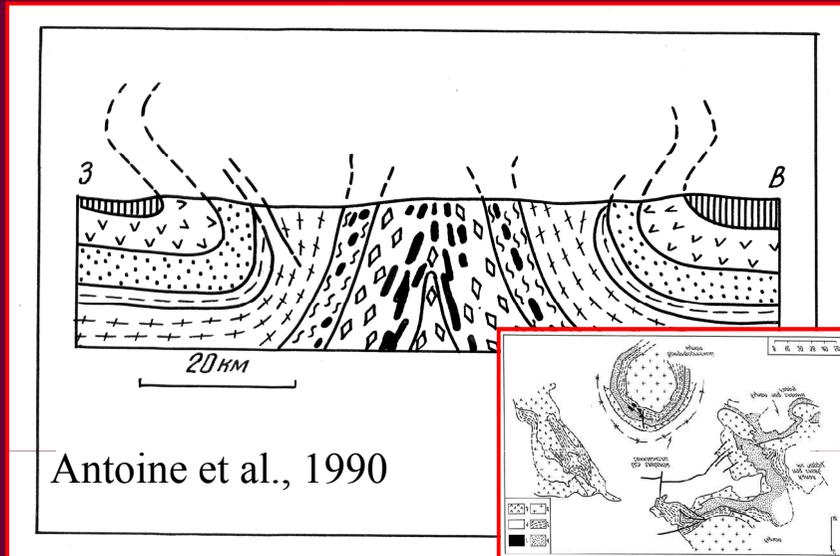
Э.Арган «Тектоника Азии» – доклад на МГК 1922 года

Примеры, иллюстрирующие возможность латерального перетекания горных масс на разных глубинных уровнях литосферы



Признаки объемной подвижности горных масс

Структуры протыкания (диапиры и протрузии)

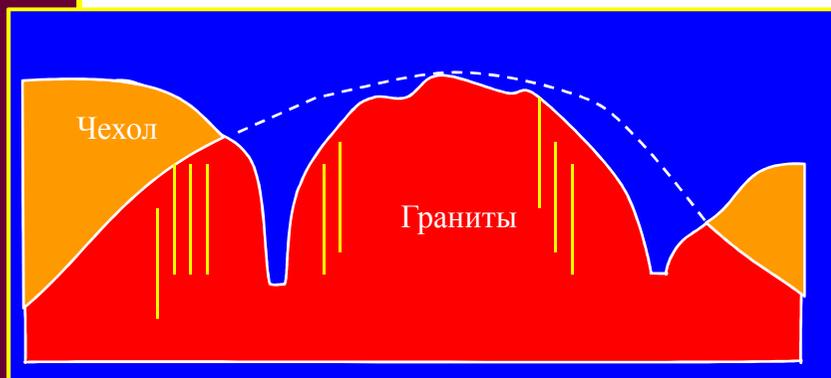
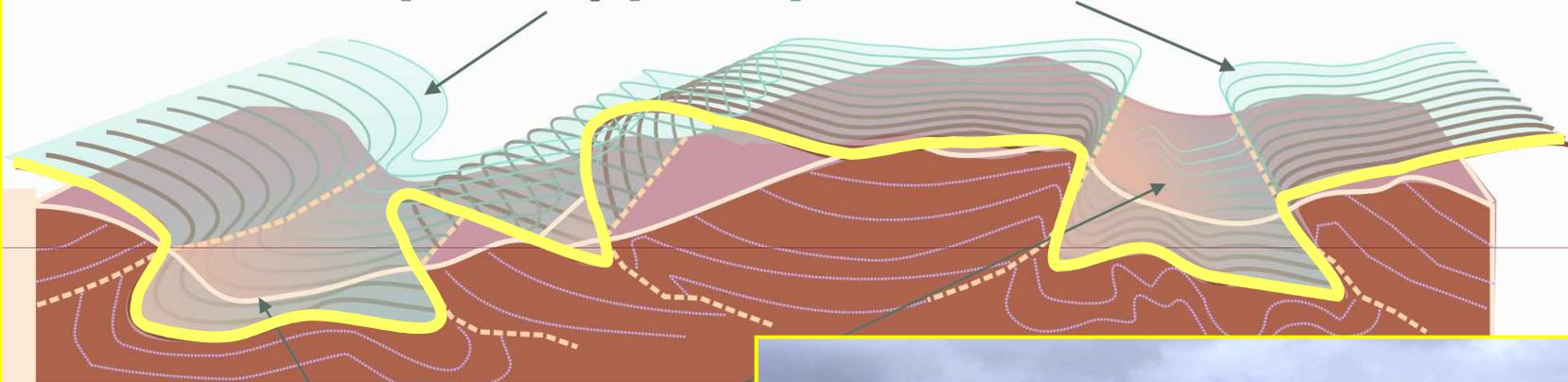


Деформация домезозойского пенемена Южного Тянь-Шаня

Первичная субгоризонтальная поверхность пенемена



Современная форма поверхности пенемена



Для того чтобы кристаллические массивы изменили свою форму и их верхняя пенепленизированная поверхность испытала изгиб без разрыва сплошности, должно произойти внутреннее перераспределение вещества,

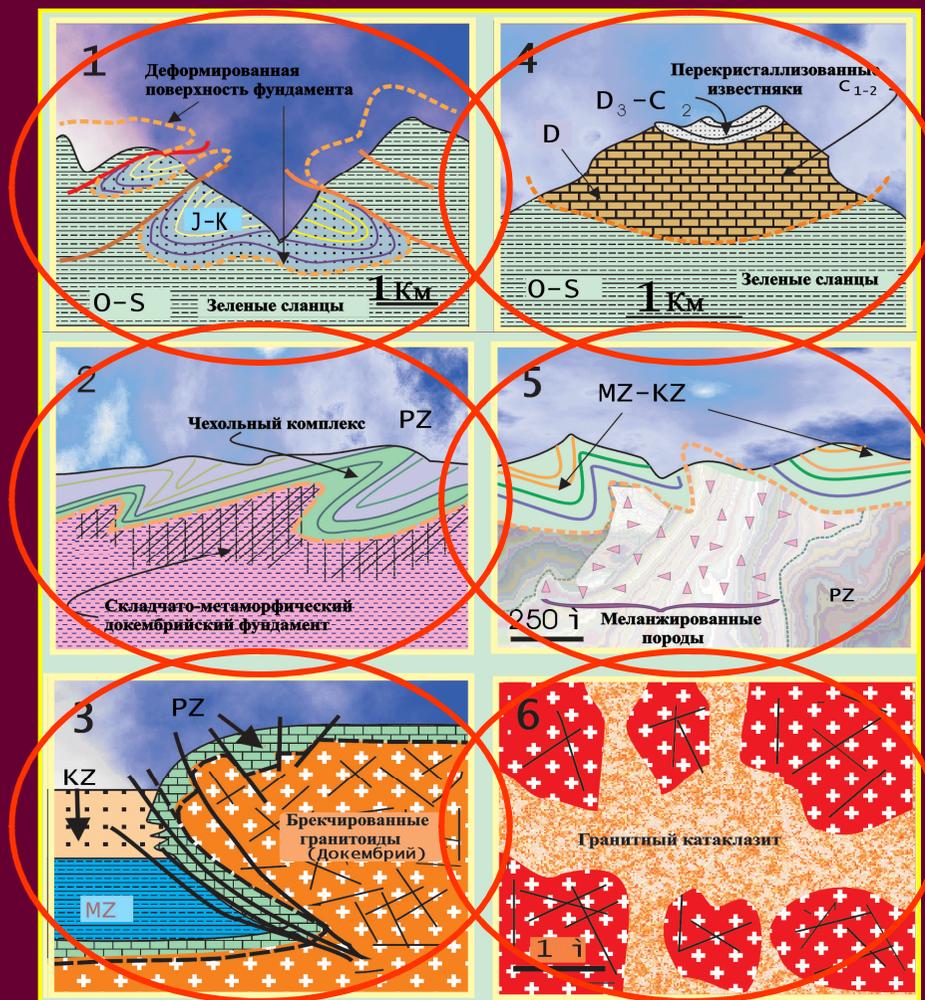


связанное с перемещением в пространстве отдельных его доменов или элементарных составляющих, или сами эти составляющие должны изменить свою форму.

Телу нужно придать внутреннюю объемную подвижность, т.е. способность к течению!

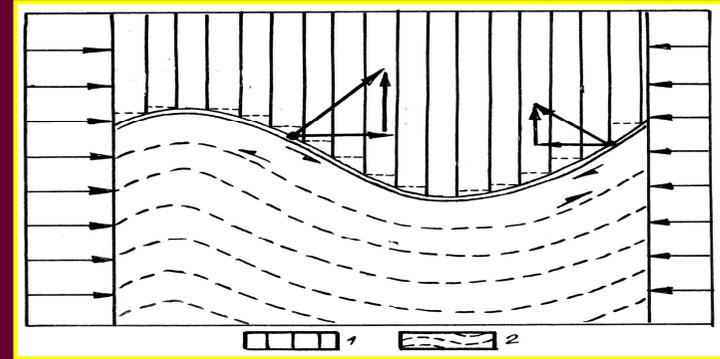
В настоящее время нет оснований сомневаться в том, что горные массы земной коры и литосферы обладают способностью к объемному (3D) течению.

3D деформация пород фундамента обеспечивается различными механизмами структурно-вещественной переработки пород

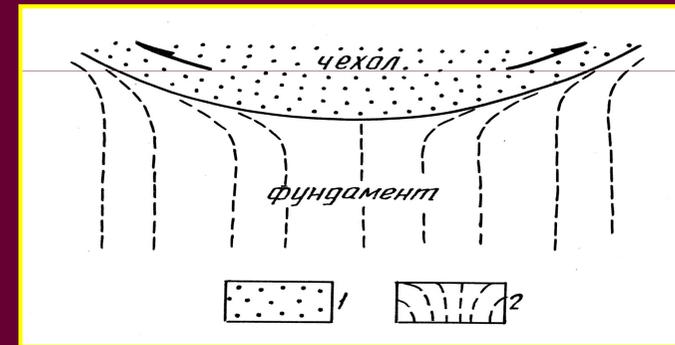
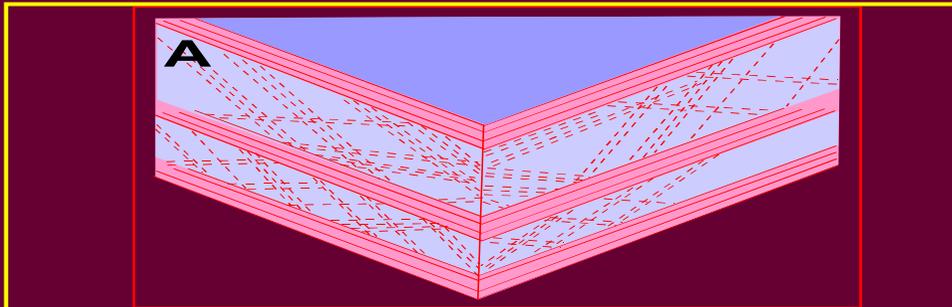


- 1- пластическая деформация (Фанские горы, Тянь-Шань)
- 2 – кливажная микроблоковая деформация (Армориканский массив)
- 3 – крупноблоковая хрупкая деформация (купол Оул-Крик, Скалистые горы)
- 4 – динамическая рекристаллизация (Фанские горы, Тянь-Шань)
- 5 – меланжирование (Зерашанский хр. Тянь-Шань)
- 6 – катаклаз (Дзирульский массив, Кавказ).

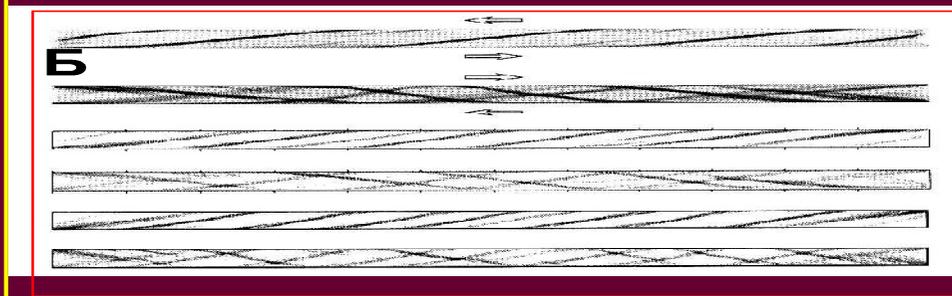
Микросколовая (кливажная) деформация



Слайс-структуры и механизм их формирования
(по: Паталаха, 1966)



Канадский щит (Geological..., 1990)



Структура песчаников петрозаводской свиты (Карелия) и формирование полос дислокации при сдвиге на границах слоев
(Стефанов, 2002)

Рисунок разломной сети и ориентация новейшего локального поля напряжений в районе Центрального Поволжья



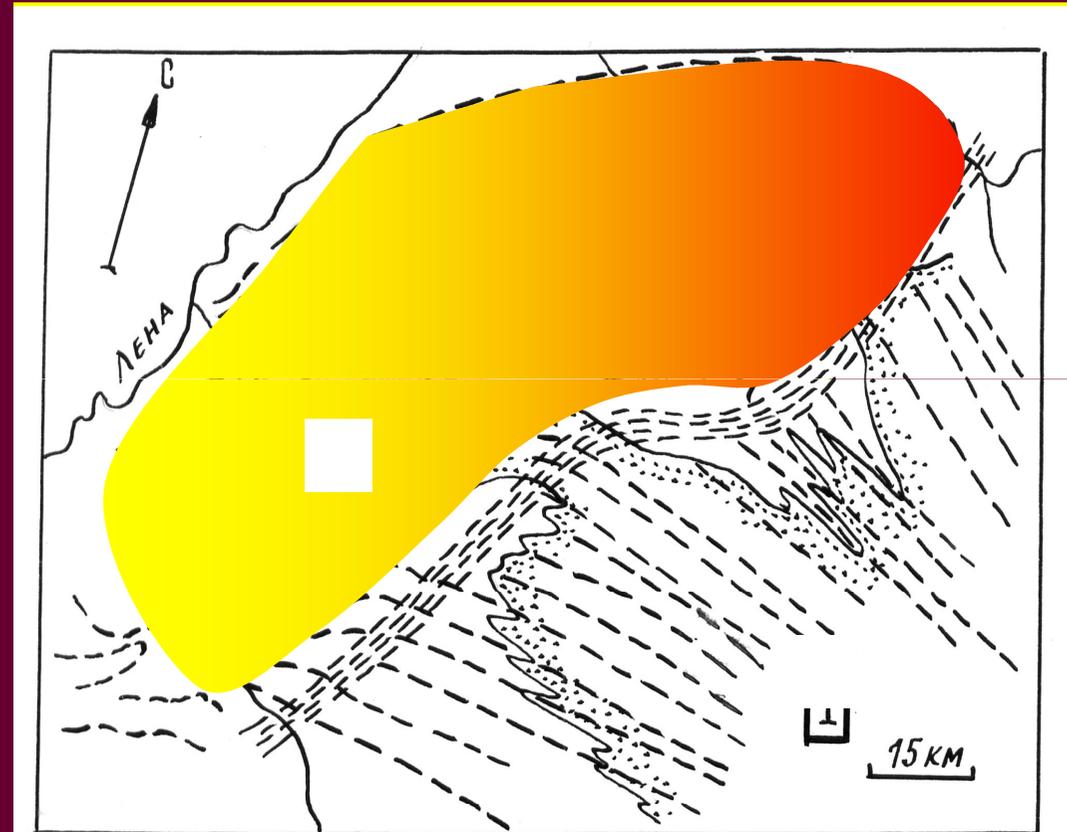
(по: Николаев, 1994)

Структурный рисунок
неотектонической разломной сети
Карельского массива и
сопредельных геопровинций



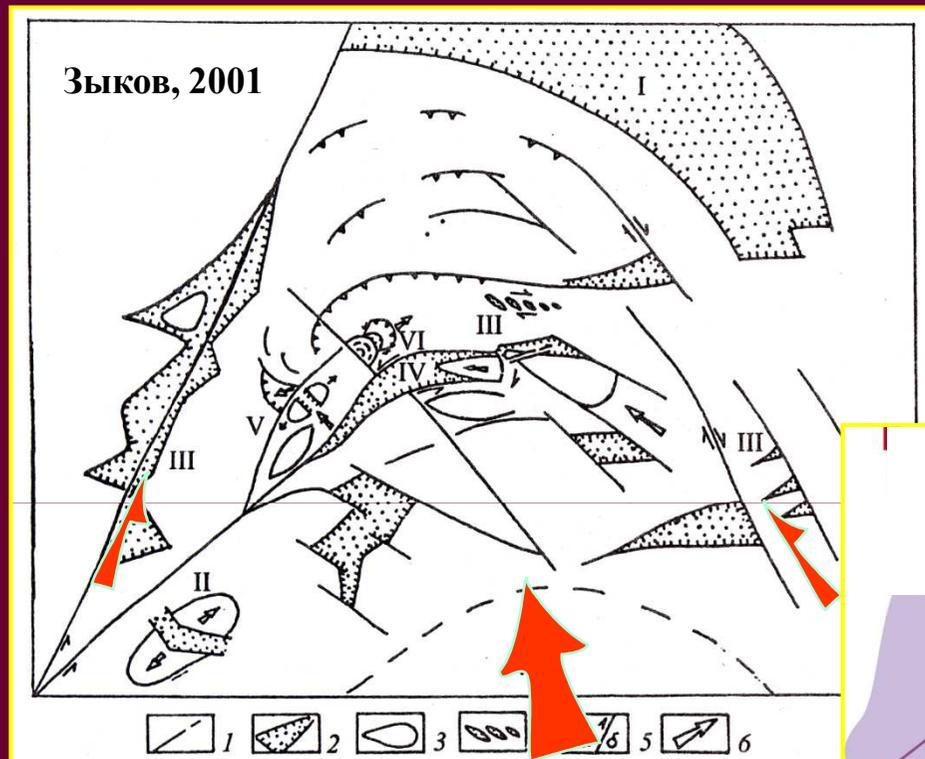
По материалам А.Д.Лукашова

Изгиб осей складок на территории
Патомского нагорья

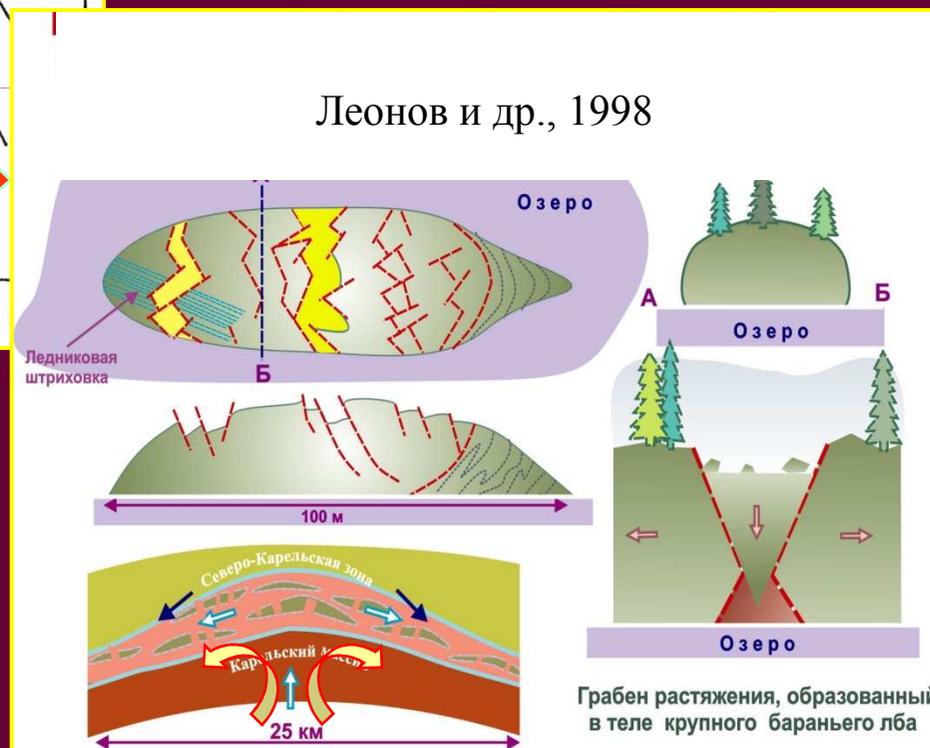


(Флаасс, 1971)

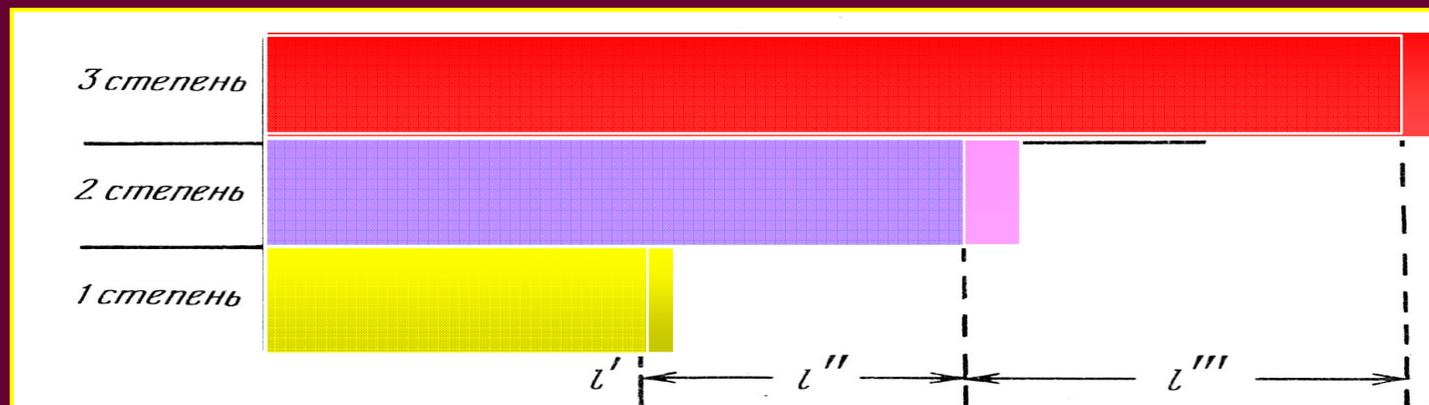
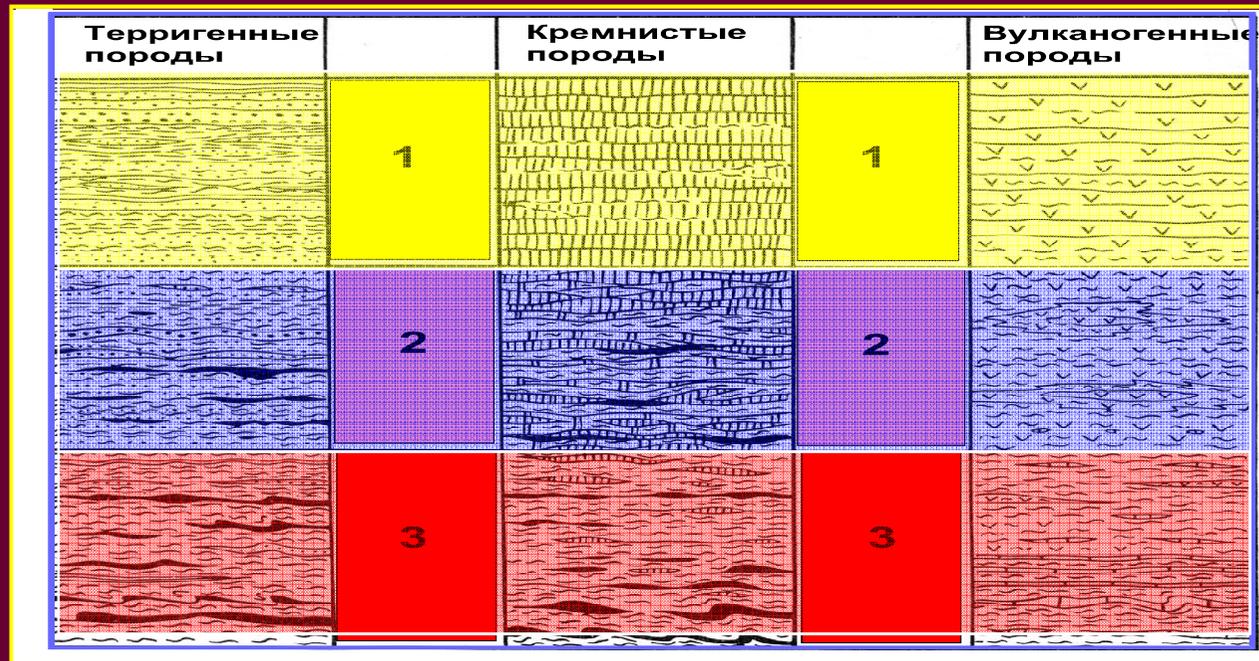
Структурный рисунок области тектонического нагнетания и расклинивания (фронтальная часть Карельского плито-потока)



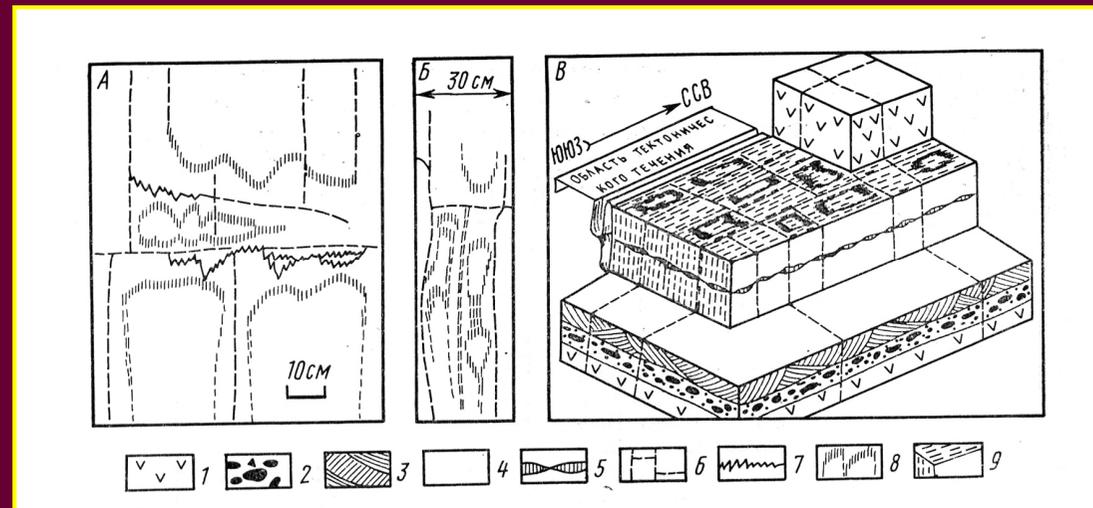
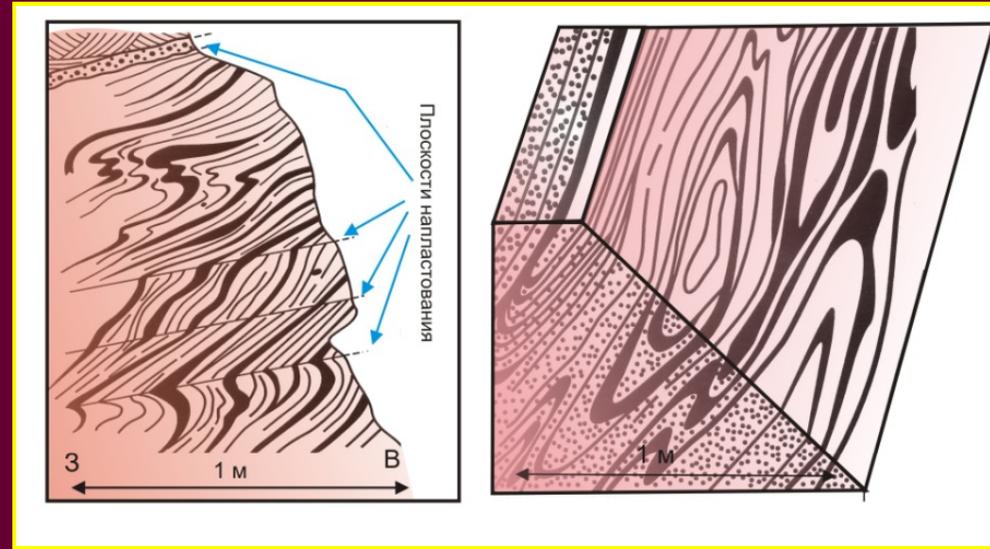
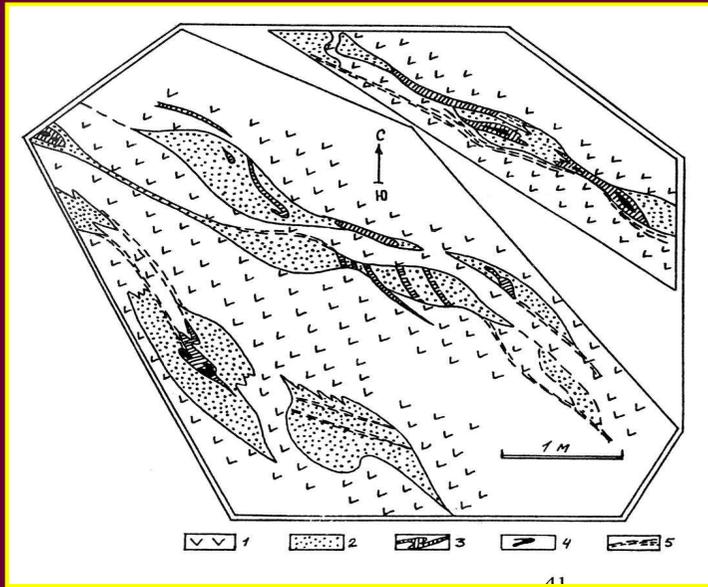
Постледниковое 3D течение кристаллических пород фиксируется по деформациям растяжения в теле бараньих лбов, сформированных по будинам габбро-амфиболитов



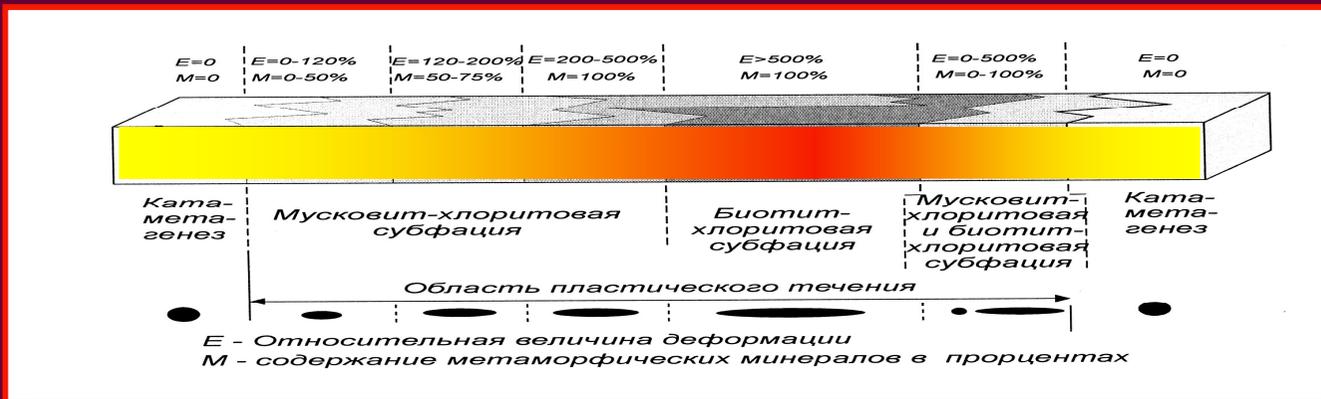
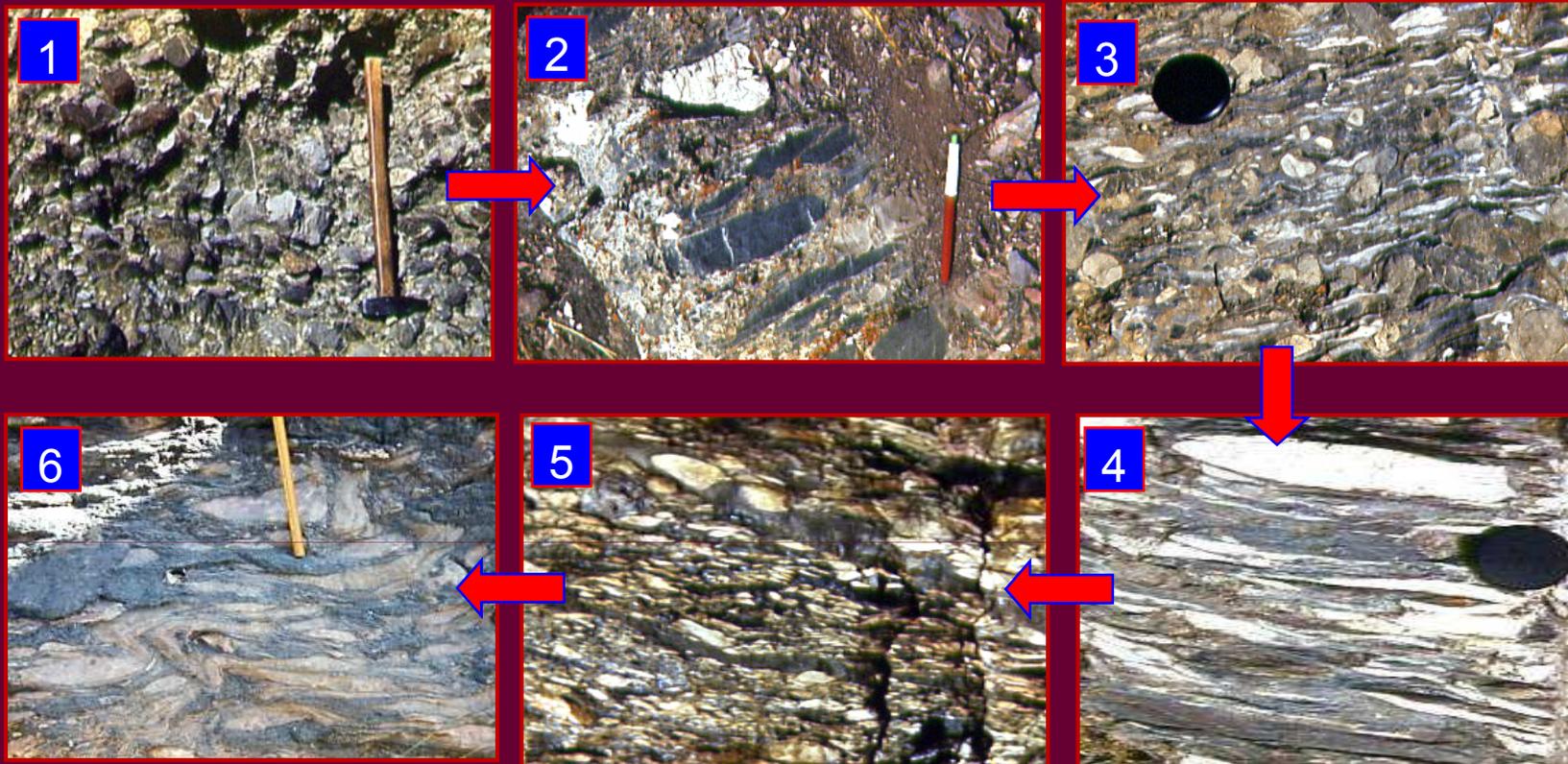
Степень развития сланцеватости и сопутствующих структур отражает относительную величину тектонического смещения



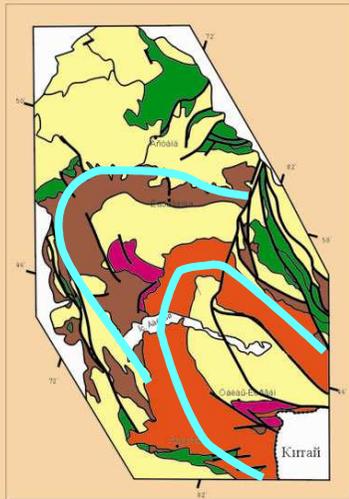
Мезоструктурные парагенезы послыойного течения (Карельский массив)



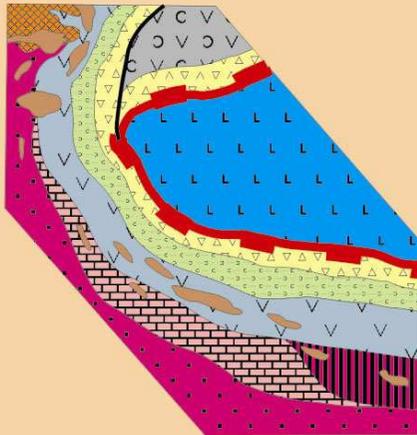
Изменение формы позволяет оценивать величину деформации



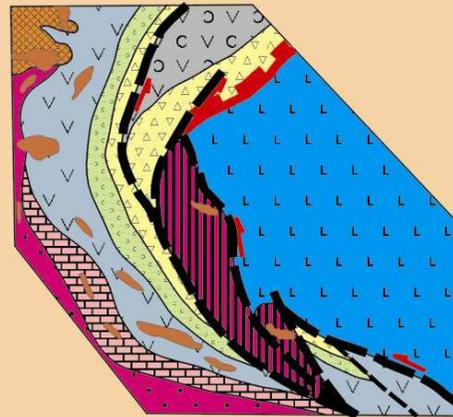
Смещение палеотектонических элементов при формировании Центрально-Казахстанской дуги (по К.Е.Дегтяреву)



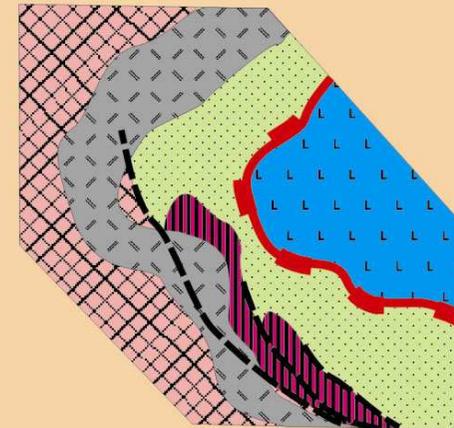
Поздний ордовик



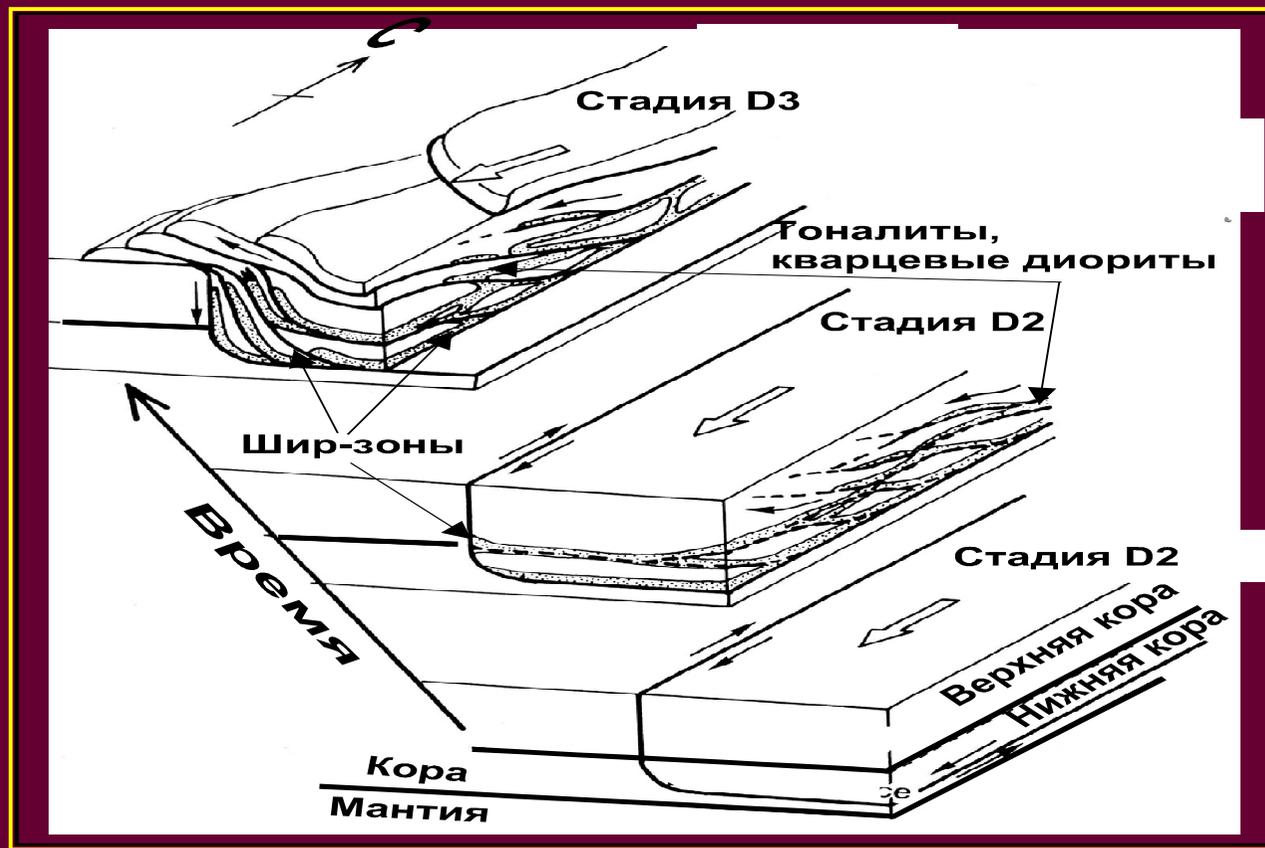
Граница ордовика-силура



Середина лландовери



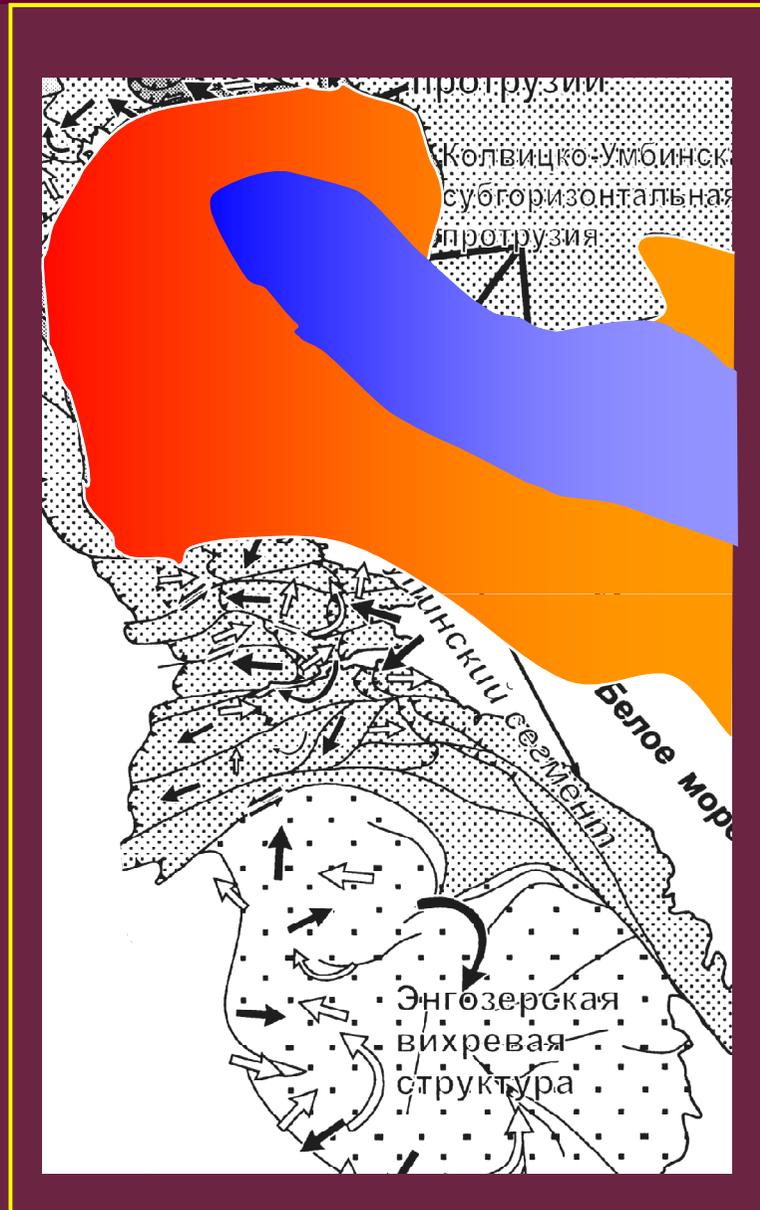
Субслойное внедрение магматического материала
при латеральном течении горных масс



Toyoshima et al., 1994

Горизонтальная протрузия Сугутского массива (Тянь-Шань)



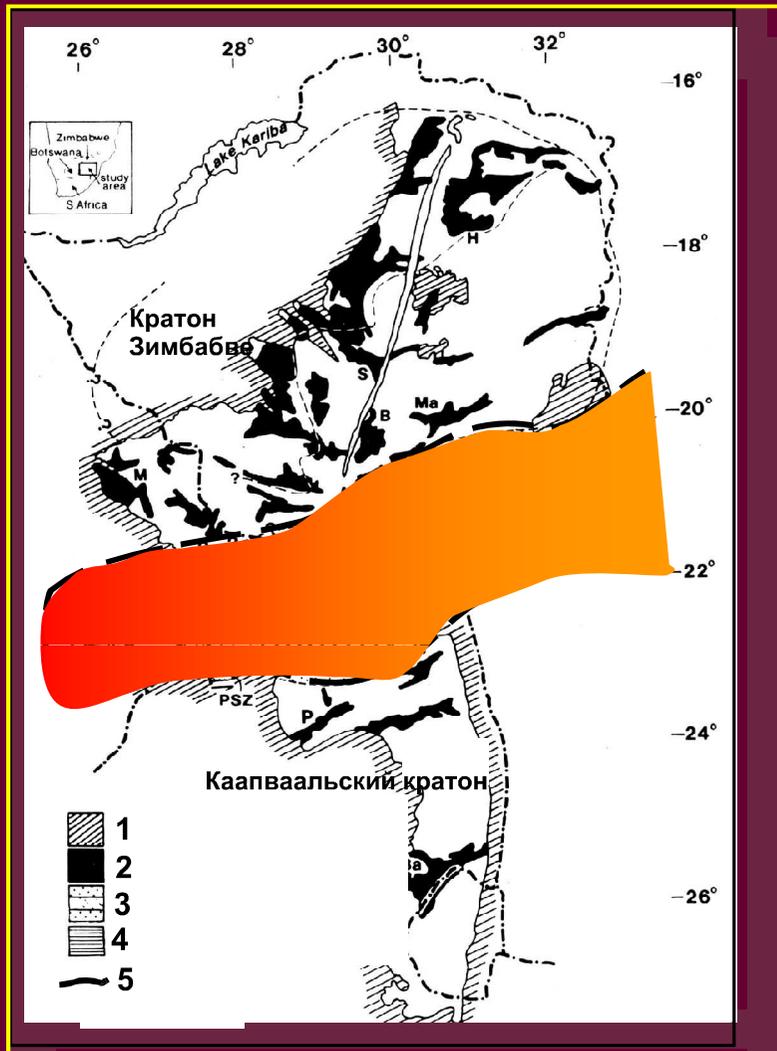


Колвицко-Умбинская горизонтальная протрузия

(Колодяжный, 2006)

Сложена комплексами палеопротерозоя, залегающими на гнейсах беломорской серии со срывом в основании.

Имеет структуру типа «матершки» из серии тектонических платин и покровов. Структурно-кинематические индикаторы указывают на продольное нагнетание и торшение горных масс.



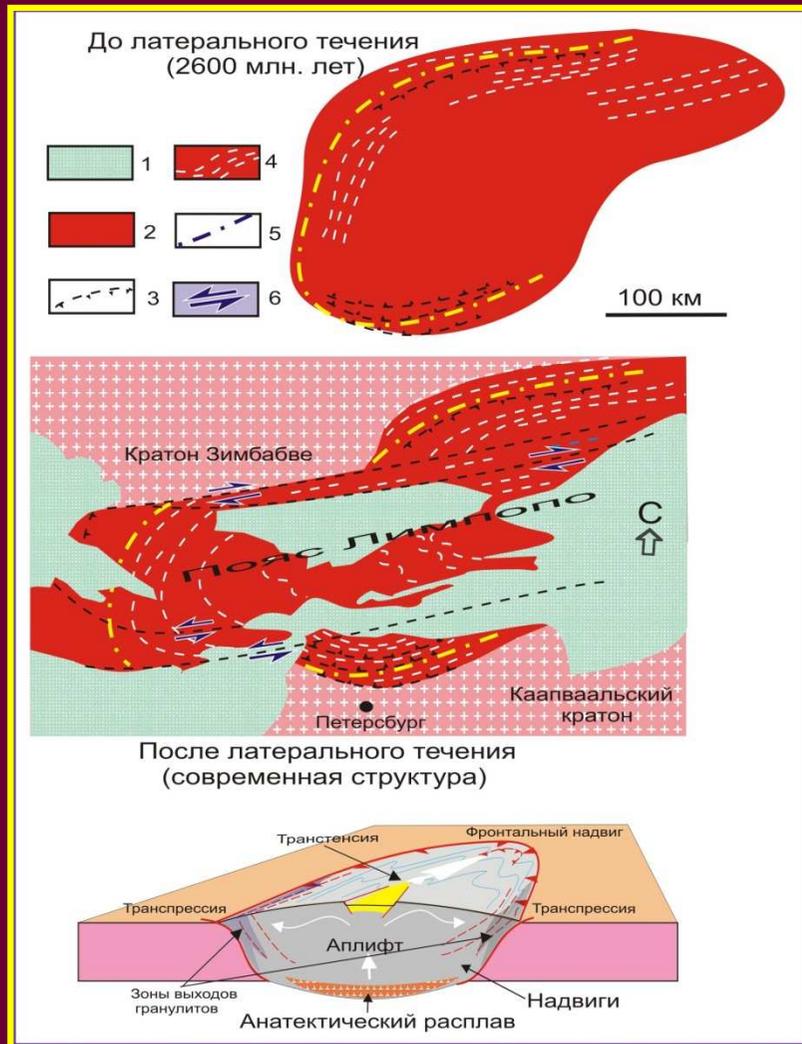
Горизонтальная протрузия (плито-поток) пояса Лимпопо (Южная Африка)

(McCourt, Wilson, 1992)



Водопад Виктория

Структура и стадии формирования плито-потока пояса Лимпопо

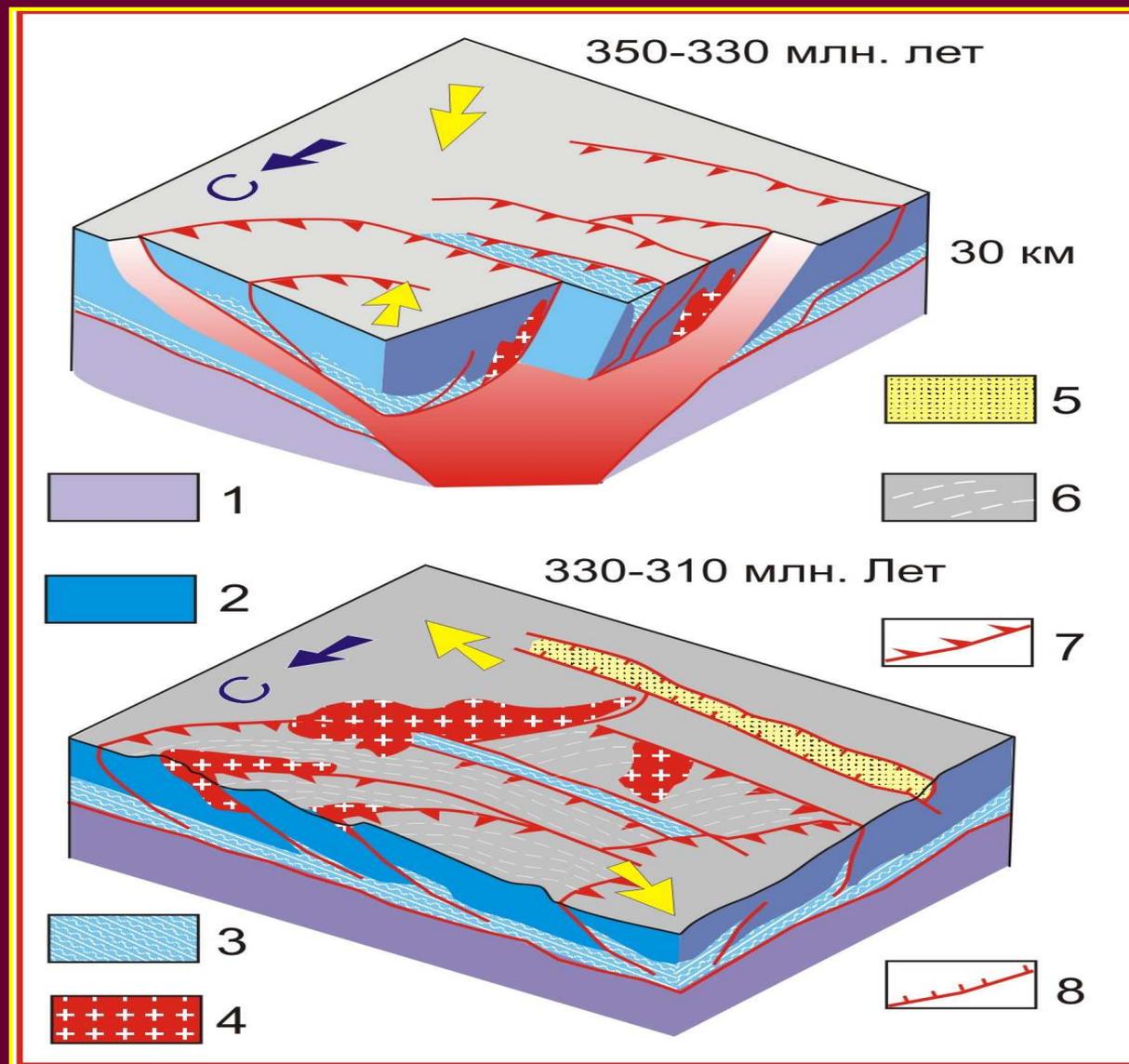


Van Reenen et al., 1987

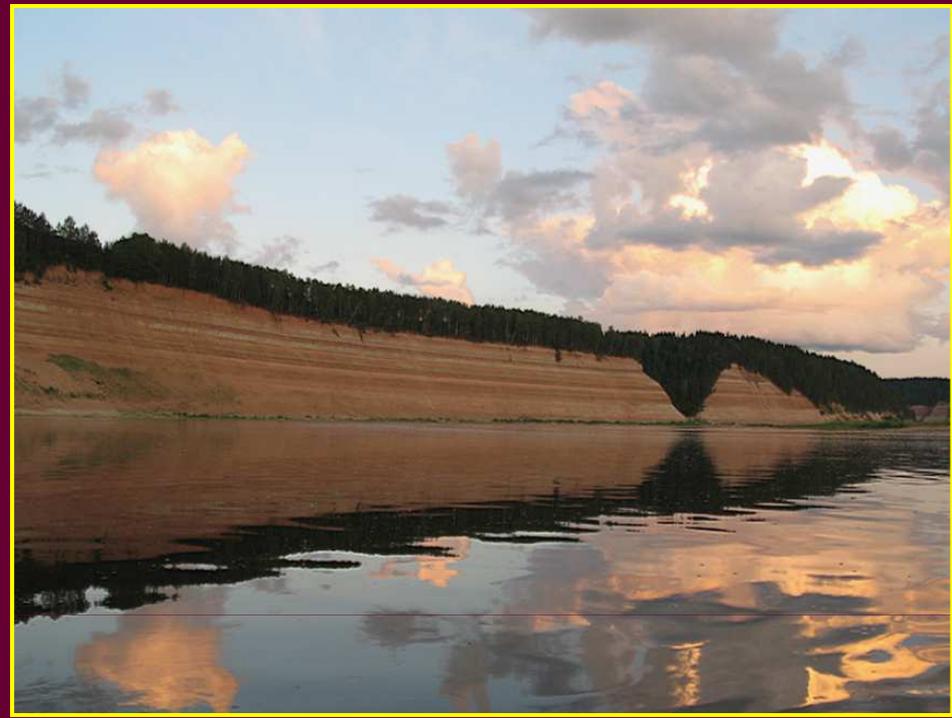
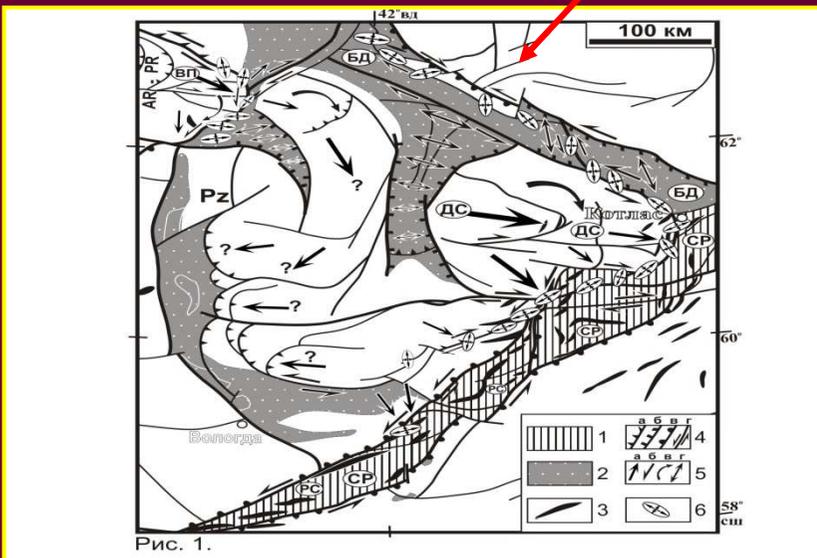
McCourt, Wilson, 1992

Структура массива Шварцвальд

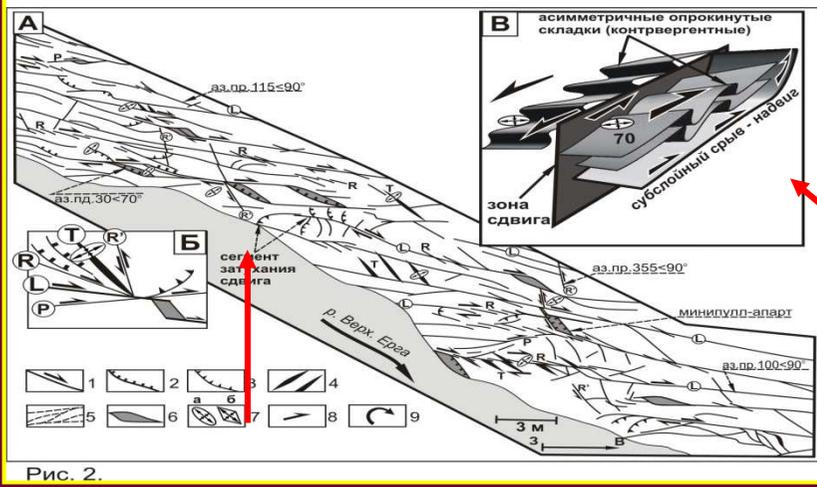
(по: Echtler, Chauvet, 1991/1992)



Структурно-кинематическая схема киммерийско-альпийского этапа развития СВ части ВЕП.



р. Сухона

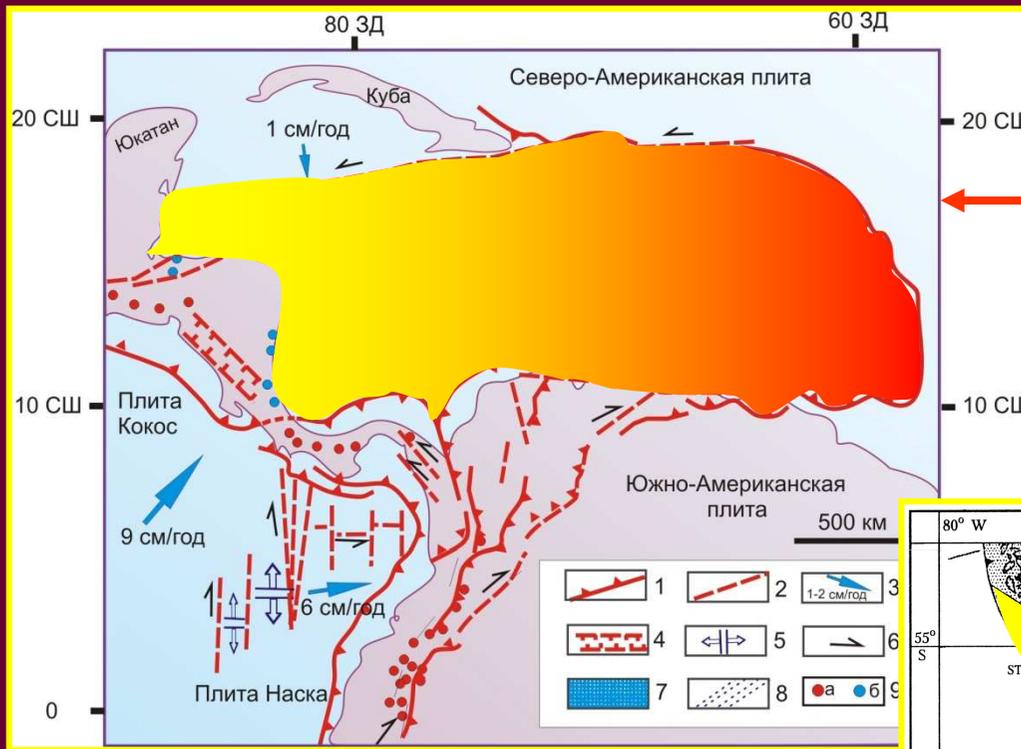


Зона сдвиговых дислокаций (бассейн р. Сухона)

Материалы С.Ю. Колодяжного

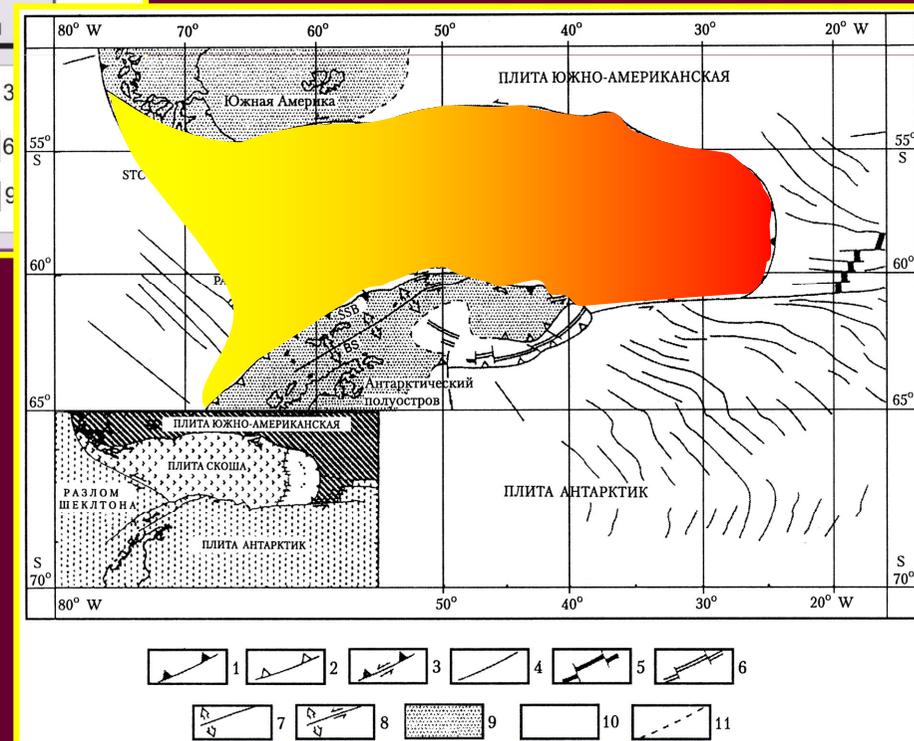
Объемная диаграмма, иллюстрирующая соотношения сдвиговых зон и структур субслоистого течения.

Плито-потоки в пределах океанской литосферы

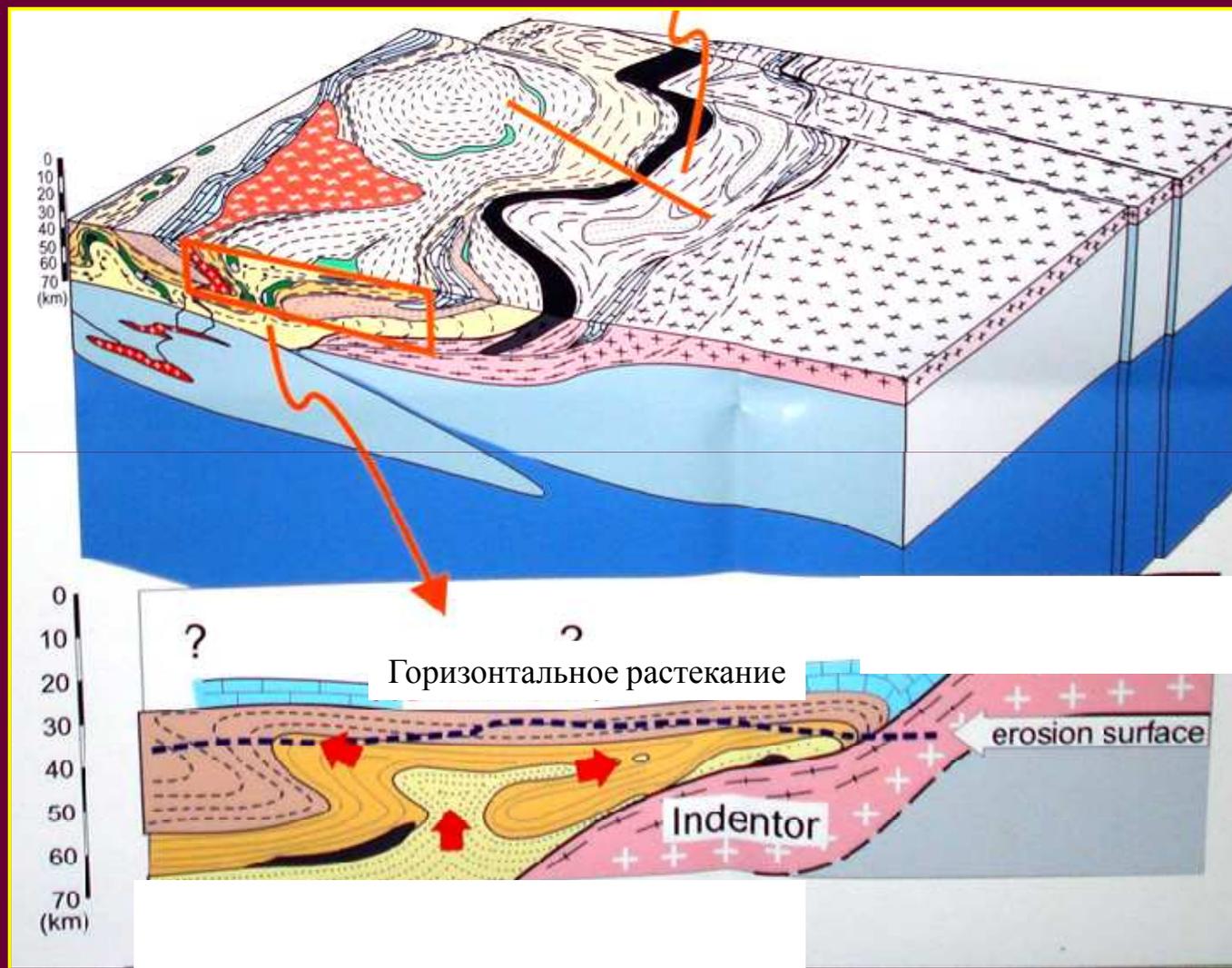


Карибско-Антильский
астеносферно-коровый
ПОТОК
(по: Taborda et al., 2000)

Астеносферно-коровый поток в районе
моря Скоша
(по: Дубинин и др., 1999; с учетом данных:
Шеменда, Грохольский, 1986)

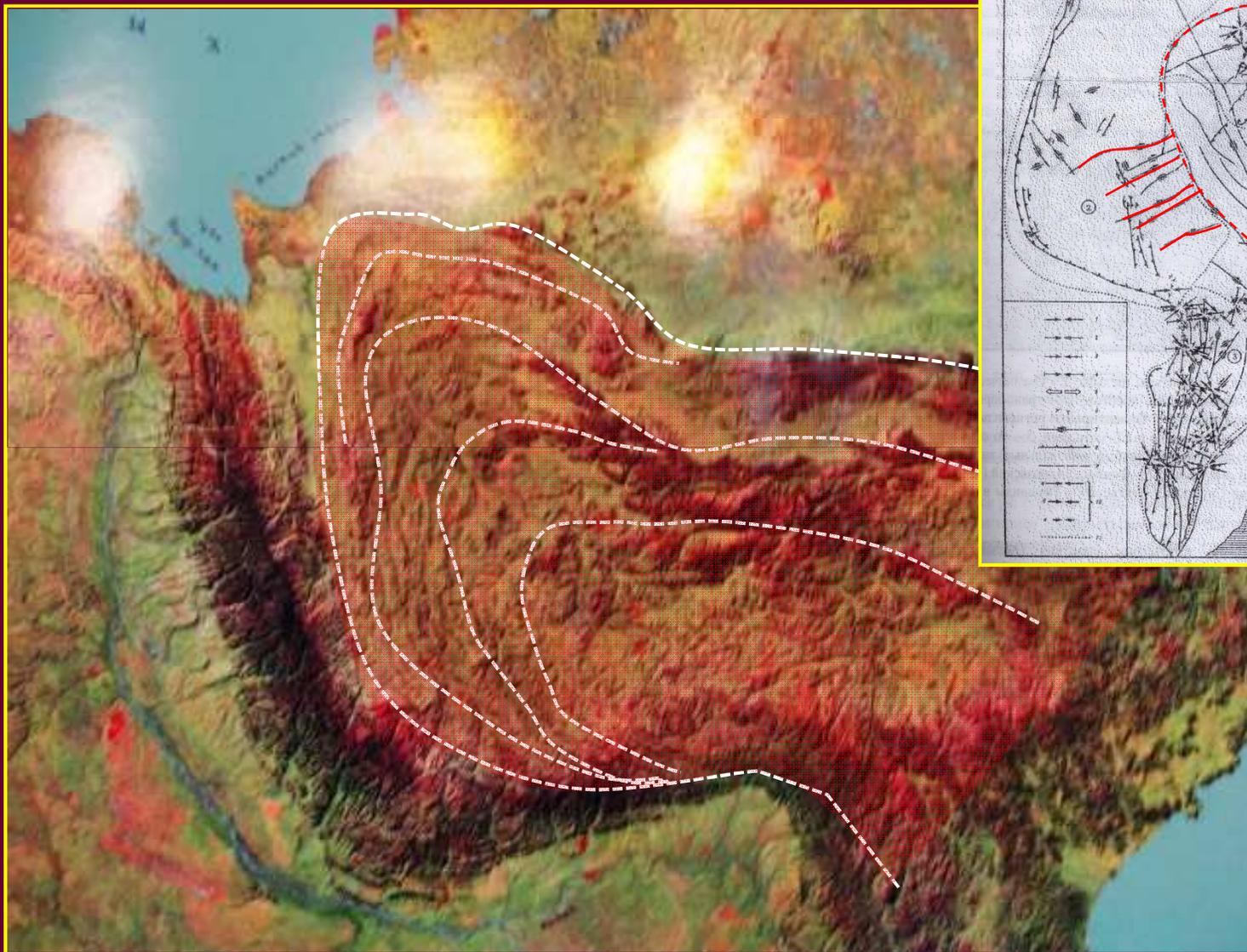


Формирование ансамбля вертикального и горизонтального протрудирования (Богемский массив, Чехия)



(Štepská, Powell, Shulmann, 2008)

Индиги́ро-Колы́мская петля (плито-поток)



по Г.С.Гусеву
(из работы
[Сим, 2012])

Карта рельефа России и сопредельных территорий (ВСЕГЕИ, 2011)

Латеральным тектоническим потокам свойственны следующие характерные особенности:

Обязательные признаки:

- Общая структура типа матрешки (telescope structure).
- Отличие внутренней структуры плито-потока от структуры соседствующих объемов земной коры.
- **Внутренний структурный парагенез, отражающий латеральное движение масс и их объемное сдвиговое течение.**

В парагенез входят: дугообразные зоны сплющивания и нагнетания; линейные зоны осепродольного течения со структурой «цветка»; зоны горизонтально-плоскостного течения; ареалы рассредоточенного сдвига и купольно-сдвиговые ансамбли.

- Краевые зоны вязко-пластического сдвига.

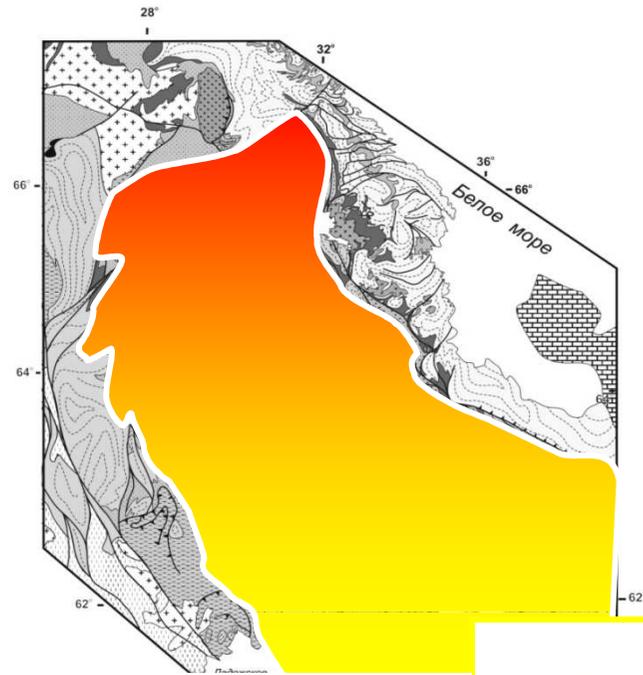
Характерные признаки:

- **Высокоградиентный метаморфизм в зонах концентрированных деформаций (с проявлением гранулитового метаморфизма).**
- Субслойные внедрения магматического материала (приводят к структурно-магматической и реологической расслоенности).
- **Объемная гранитизация и формирование коровых гранитов.**
- Относительно слабое морфоструктурное расчленение рельефа (кроме фронтальных зон нагнетания и скупивания)

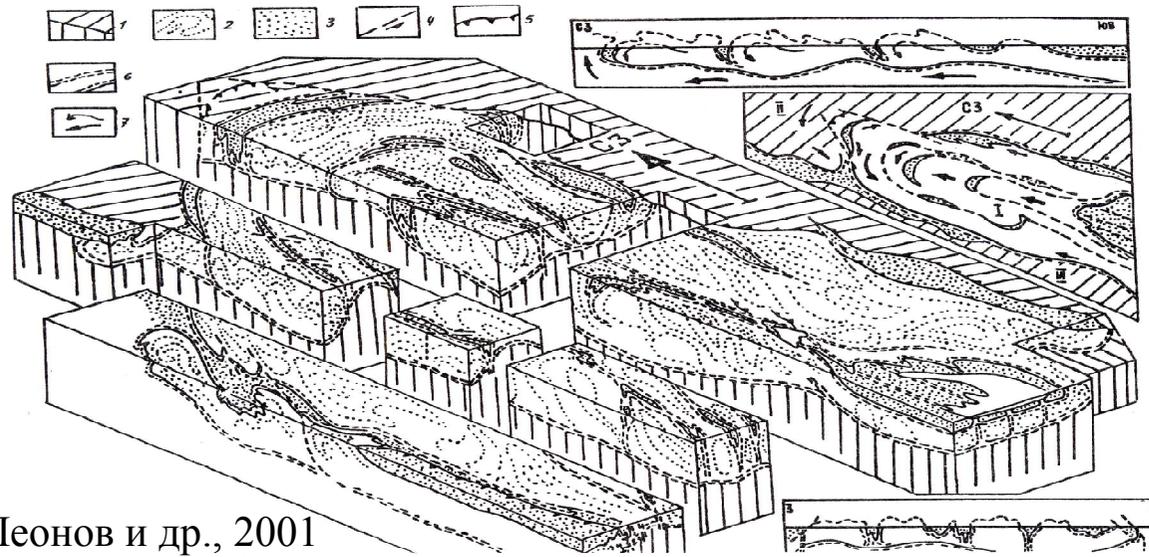
Главные структурно-кинематические ансамбли латеральных потоков:



Рассмотрим главные особенности
строения плито-потоков на примере
Карельского массива



Колодяжный, 2006



Леонов и др., 2001



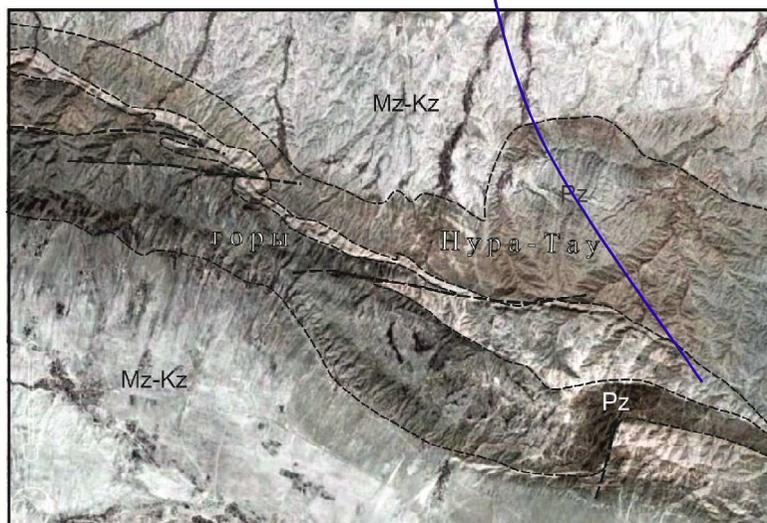
А

Атбашинская впадина

Б



В

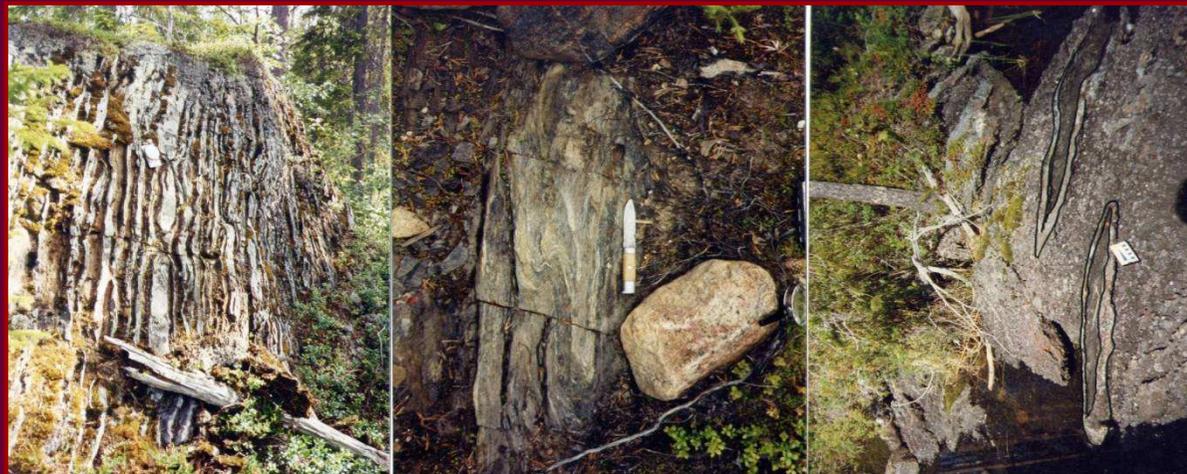
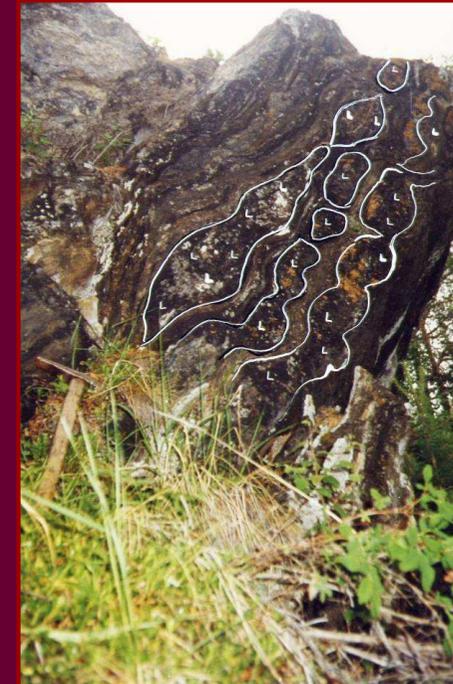
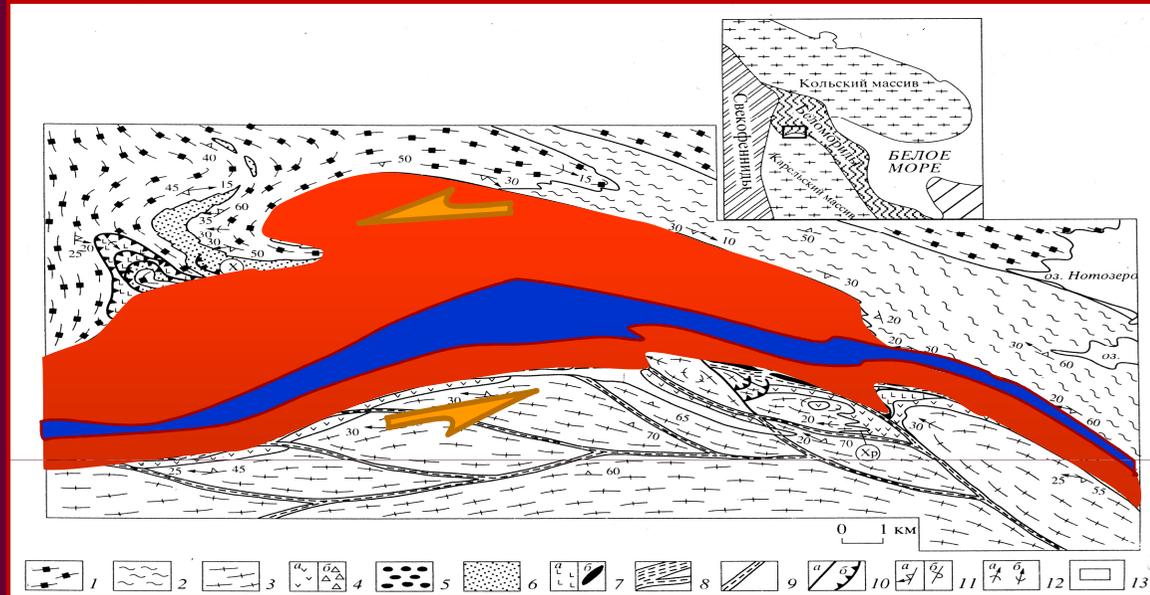


Осепродольные зоны концентрированной деформации – вид из космоса

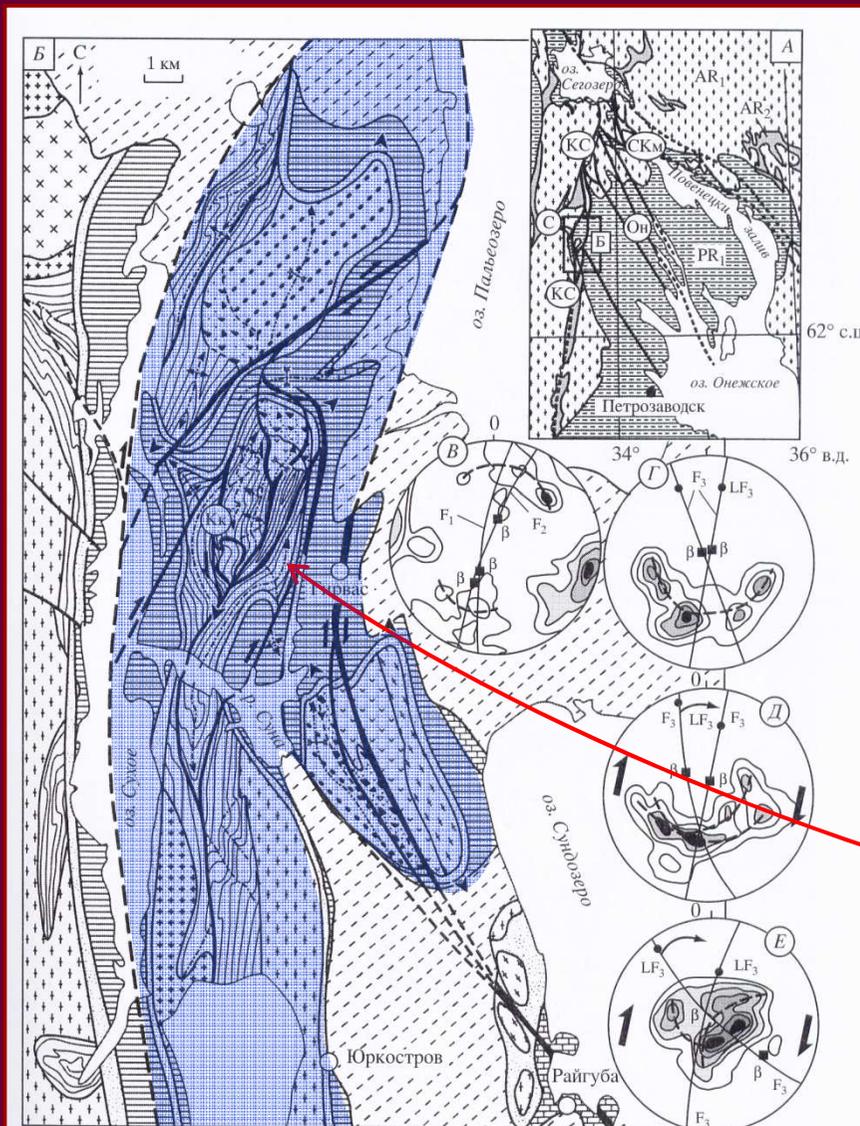
Зоны концентрированной
деформации в пределах
Карельского массива



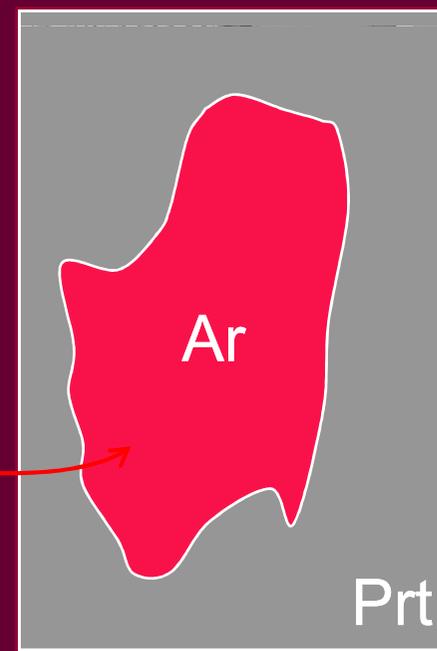
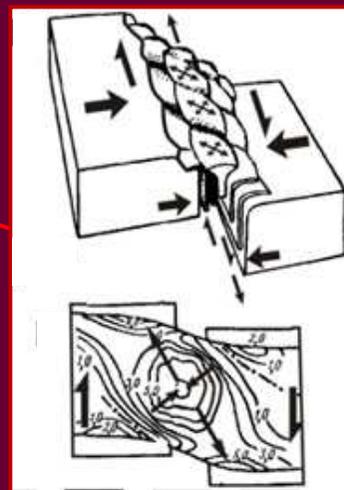
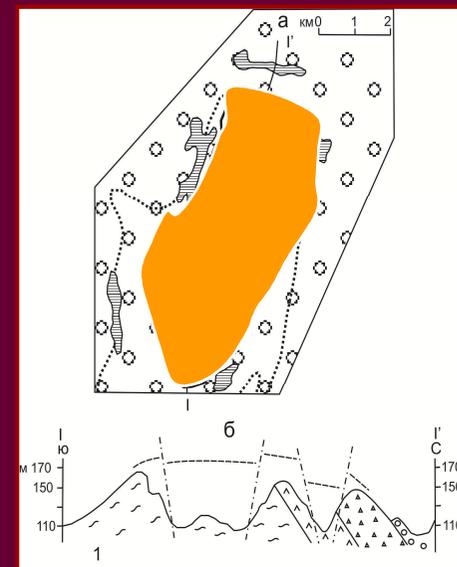
Северо-Карельская зона концентрированных деформаций (сплющивание + осепродольное сдвиговое течение)



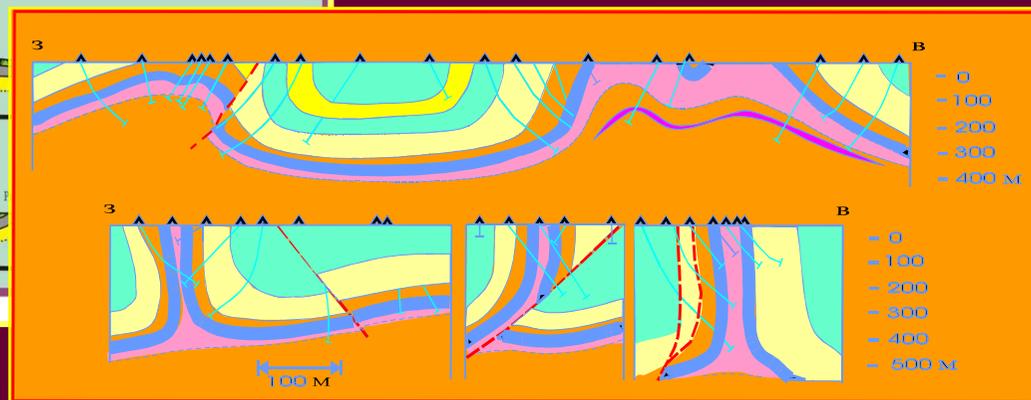
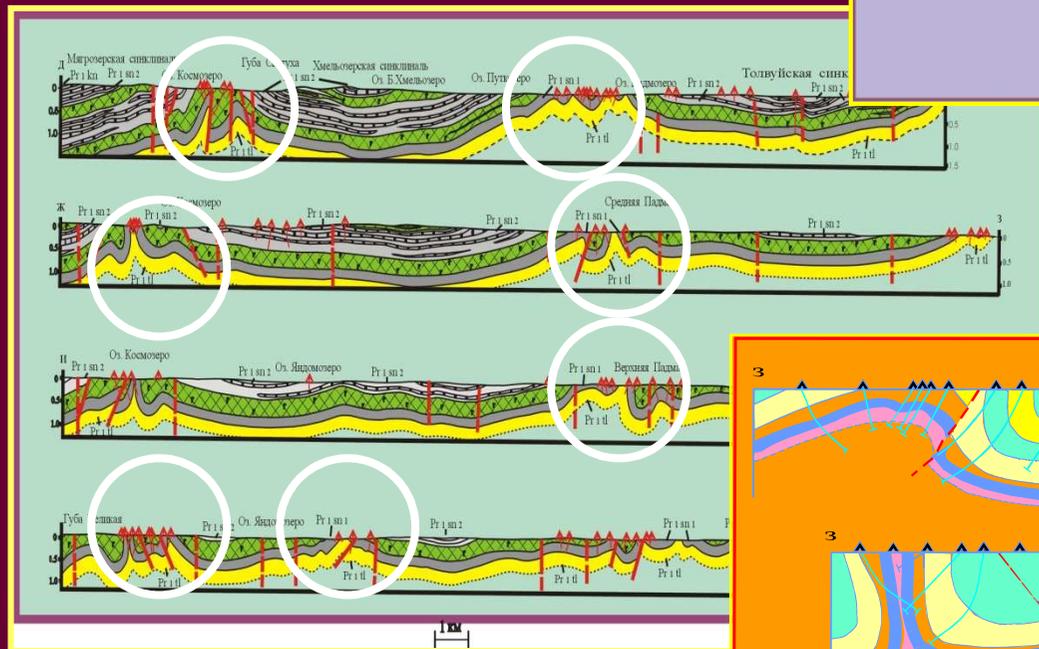
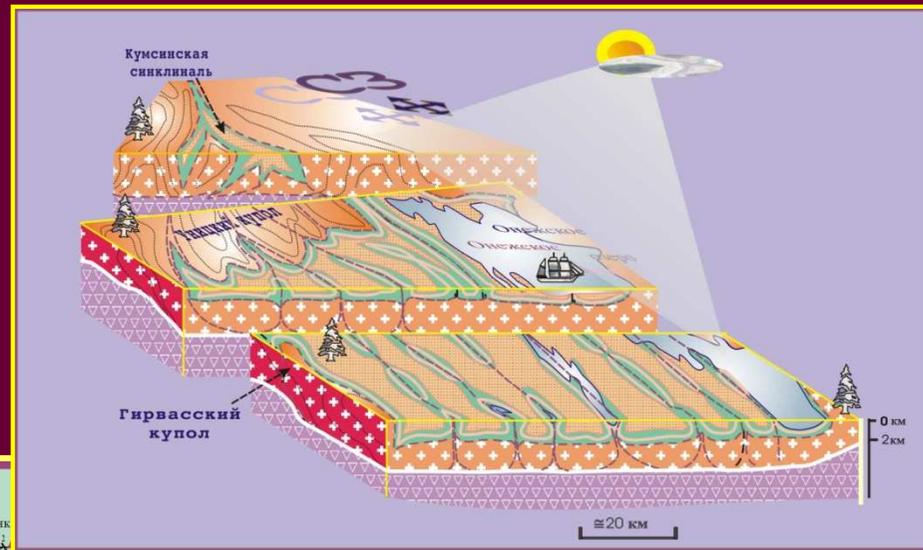
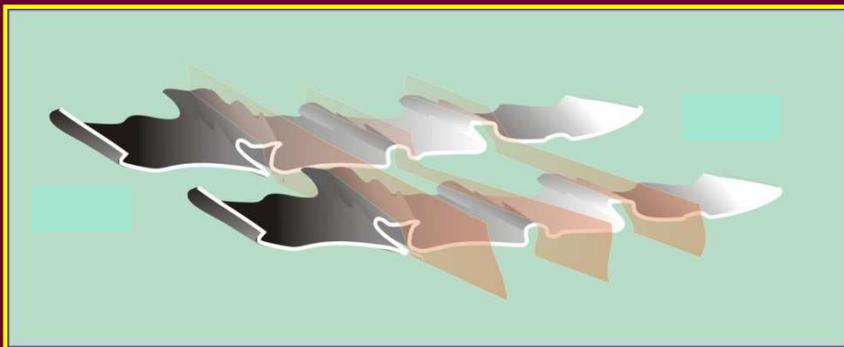
Участок осепродольной зоны концентрированной деформации и Койкарская купольная структура (Колодяжный, 2006)



Согласно морфоструктурным исследованиям Д.С.Зыкова, купол активно развивается на новейшем этапе

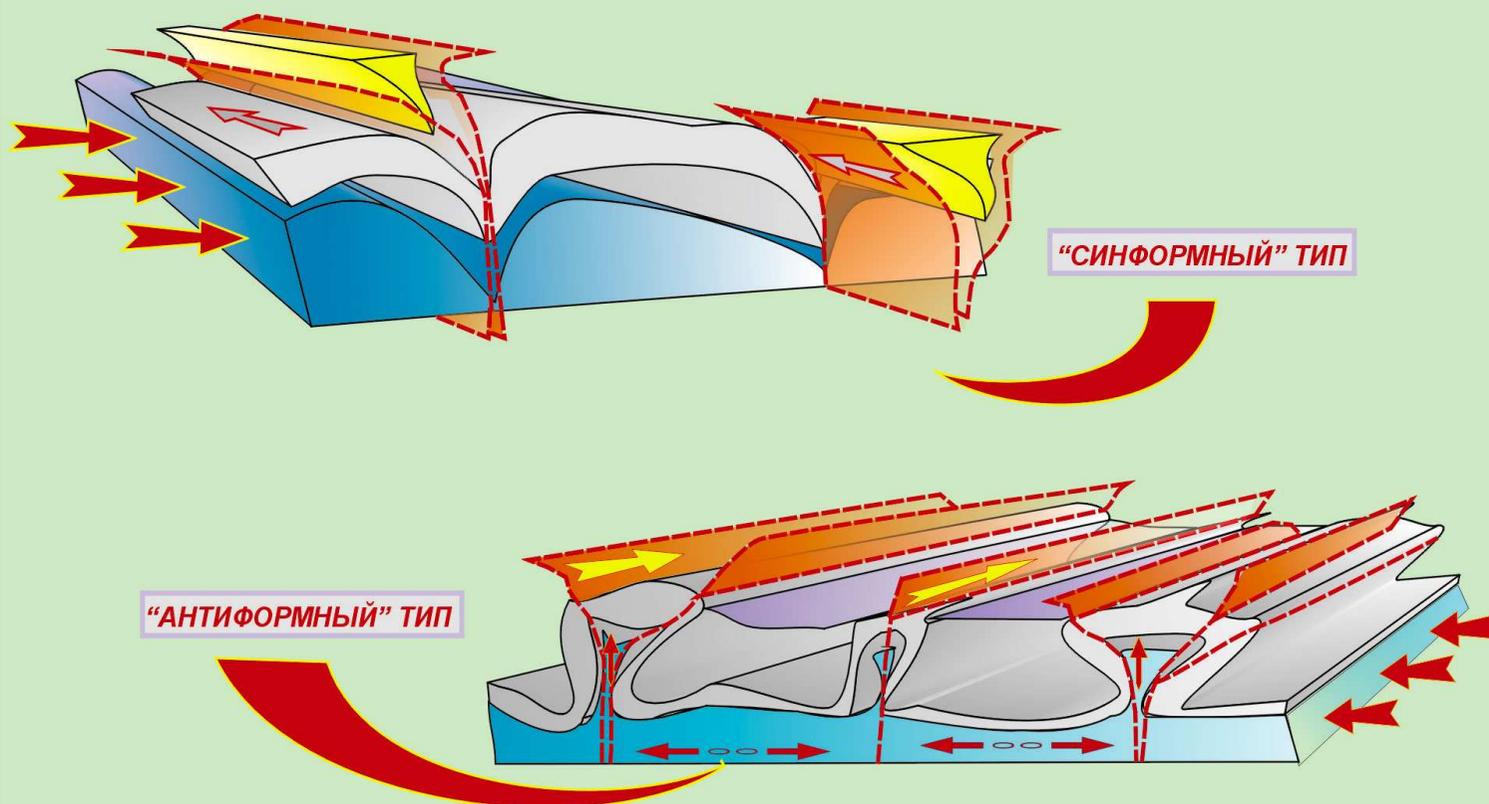


Области растяжения (оттока горных масс) и рассредоточенные структуры цветка (пальмового дерева) в Онежской муфте



Структуры типа цветка (пальмового дерева)

Структуры “цветка” (“пальмовые”), формирующиеся в режиме транспрессии (сдвига со сжатием)

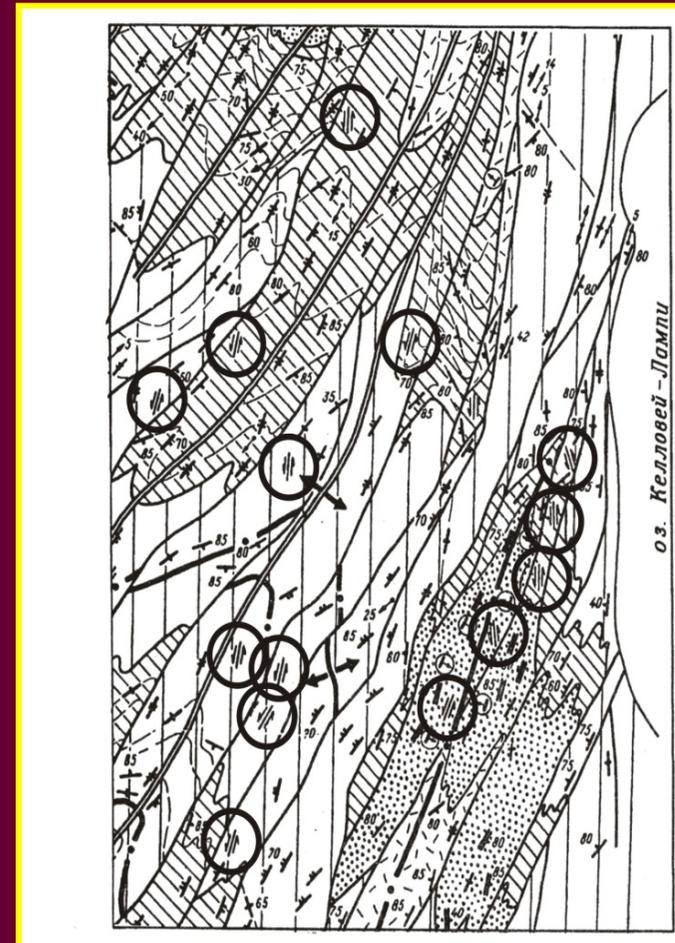


Структурно-кинематические ансамбли Карельского плито-потока

Зоны купольно-сдвигового тектогенеза

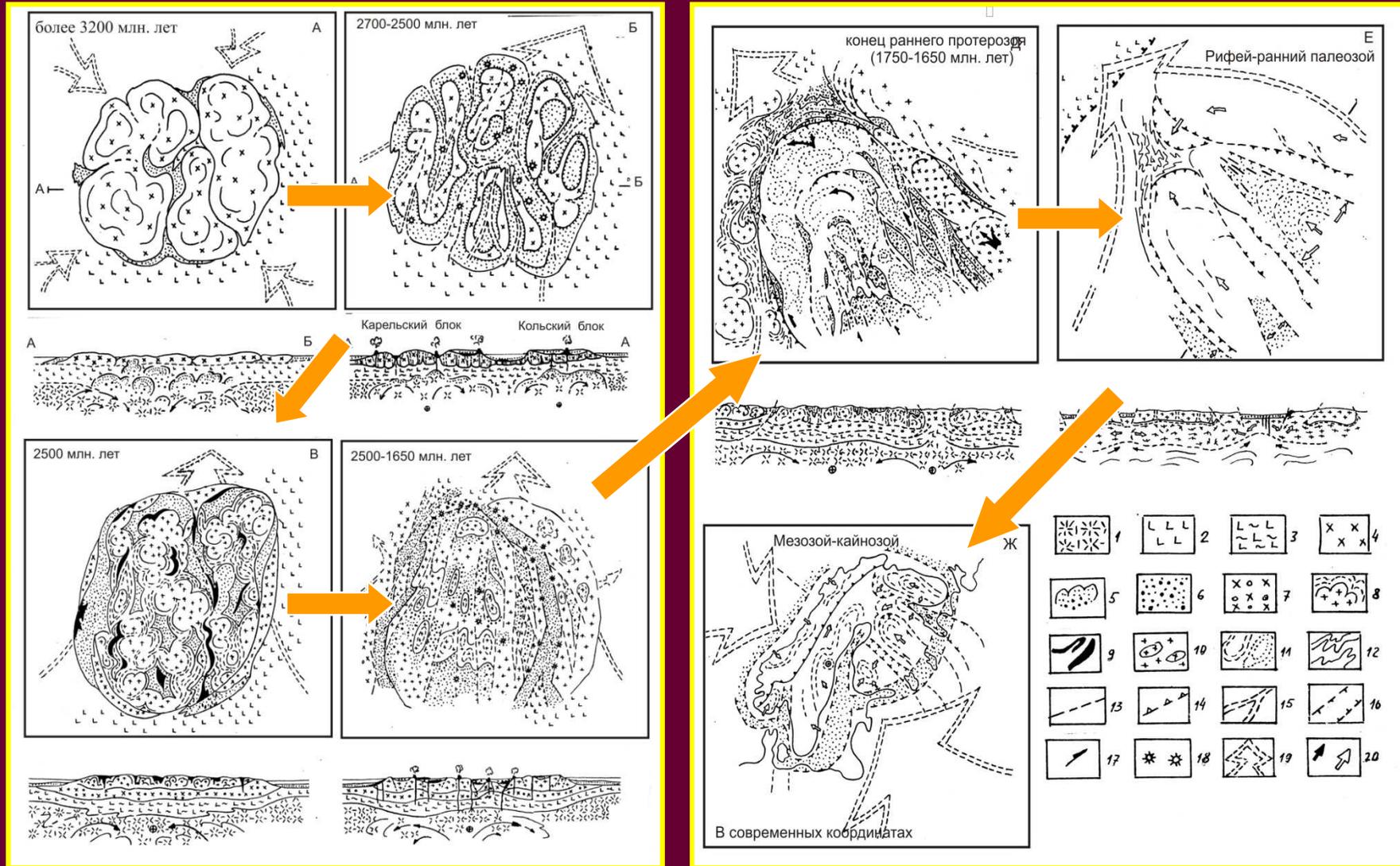


Зоны диффузного сдвига

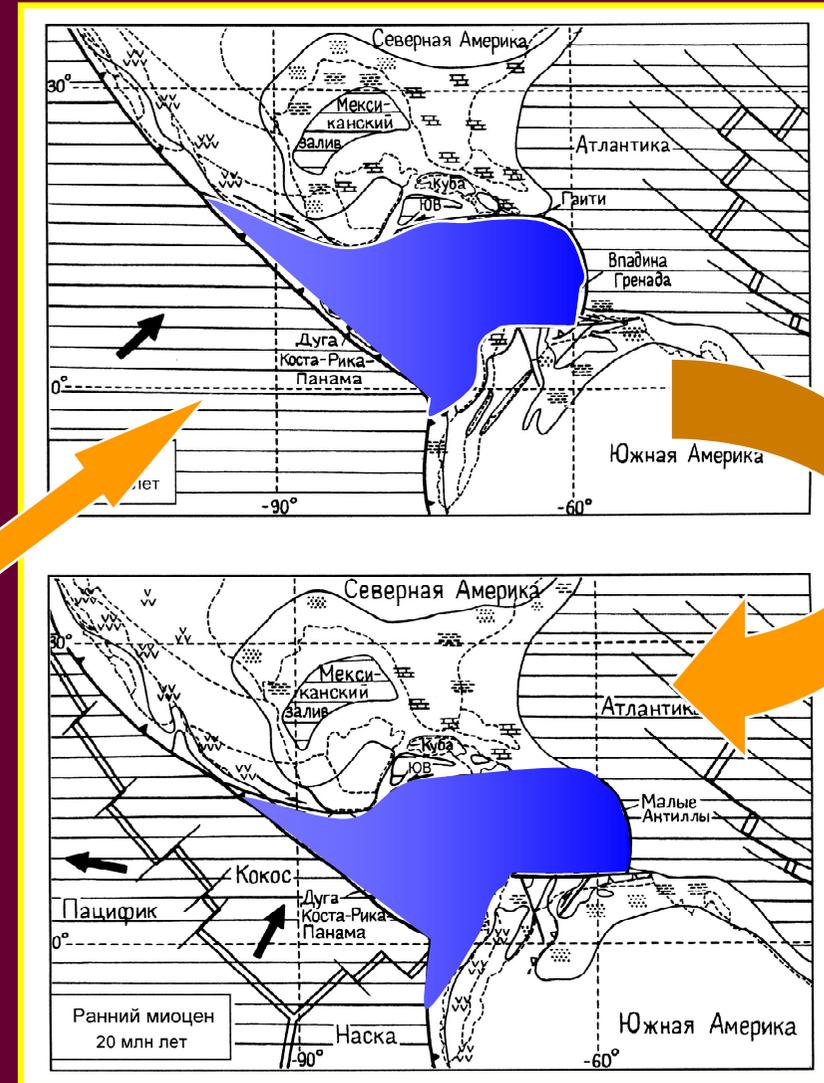
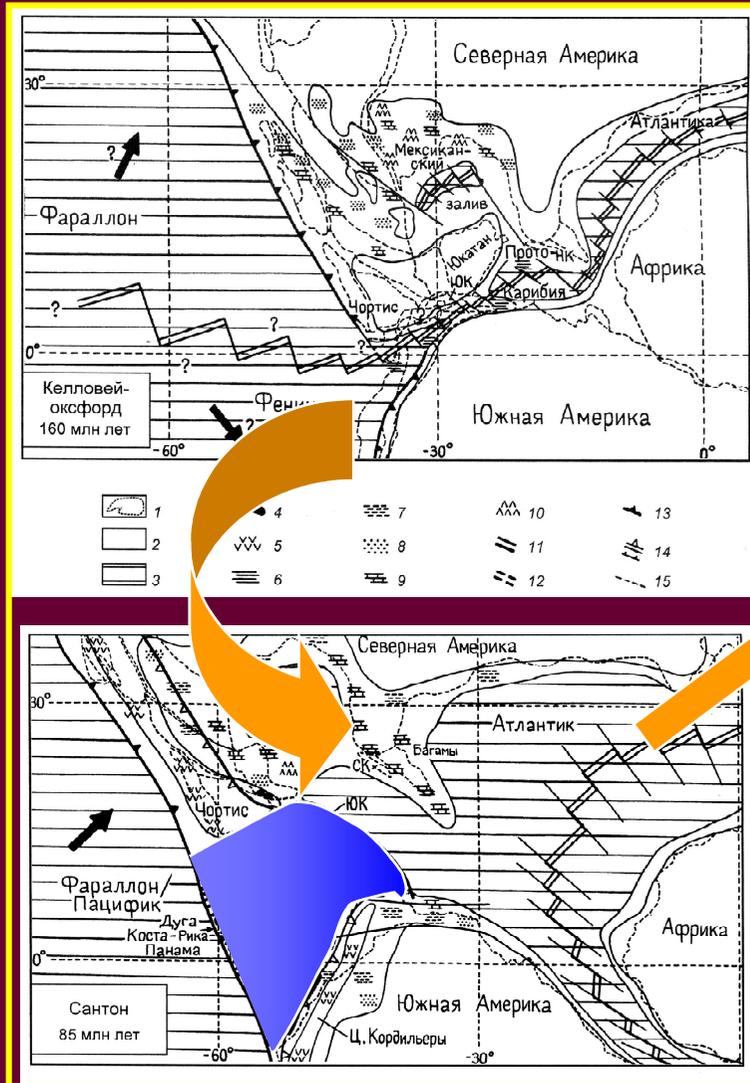


Миллер, 1988

Тектоническая эволюция Карельского плито-потока

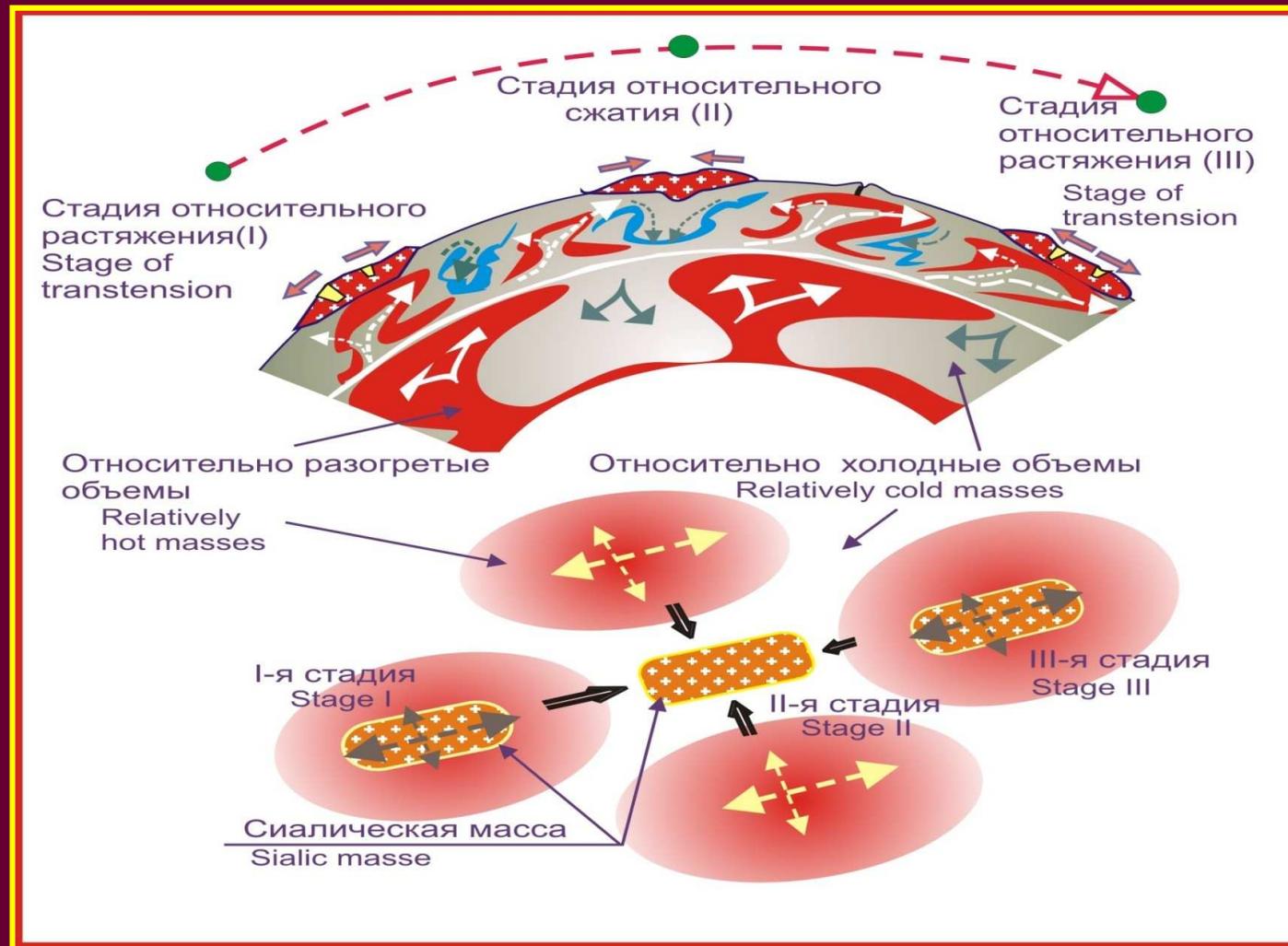


Проградация Карибско-Антильского плито-потока



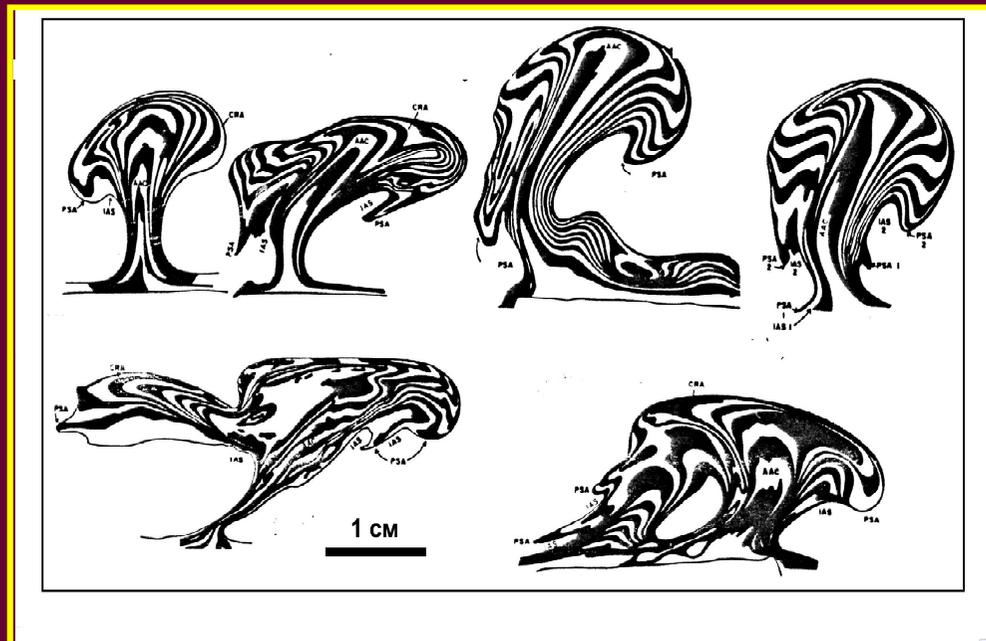
Mechede, Frich, 1998

Гипотетический механизм, объясняющий чередование режимов транспрессии и транстенсии при латеральном движении плито-потоков



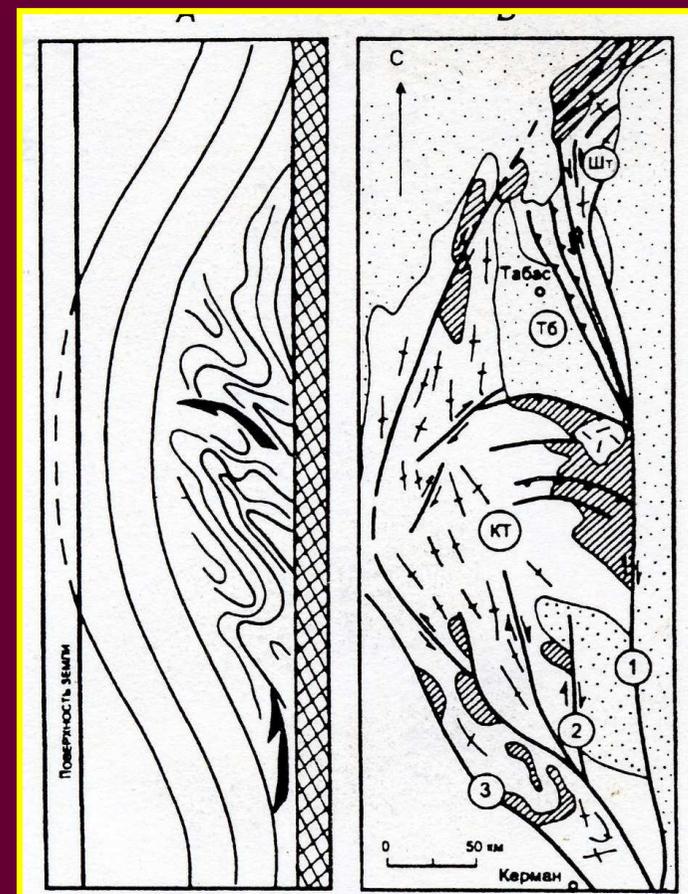
Использованы представления М.А.Гончарова, Л.И.Лобковского, В.П.Трубицина и др.,

Диапиры,
смоделированные
на центрифуге



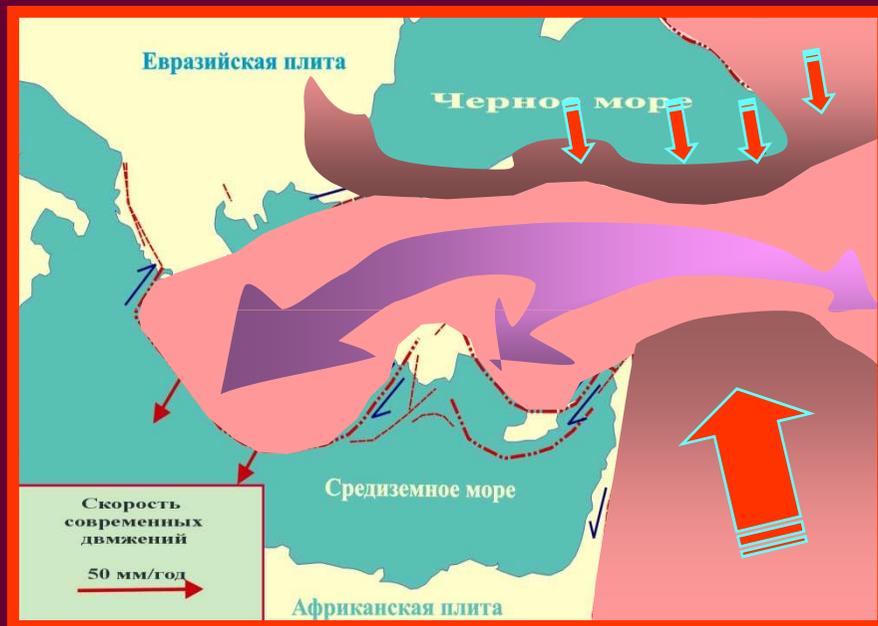
Jackson, Talbot, 1989

Сравнение структуры
вертикального диапира и
горизонтальной протрузии



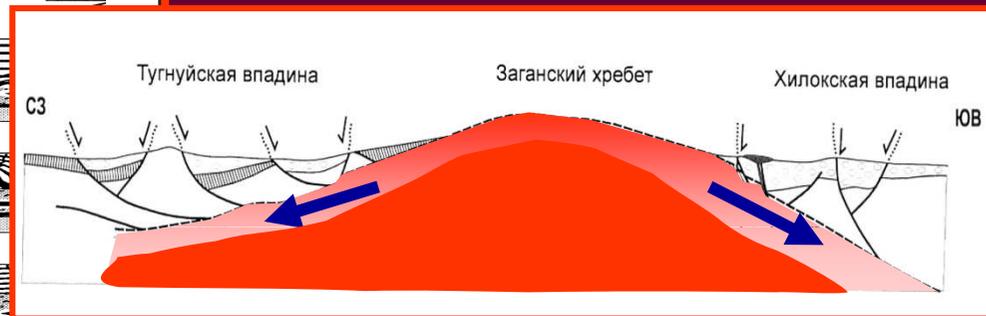
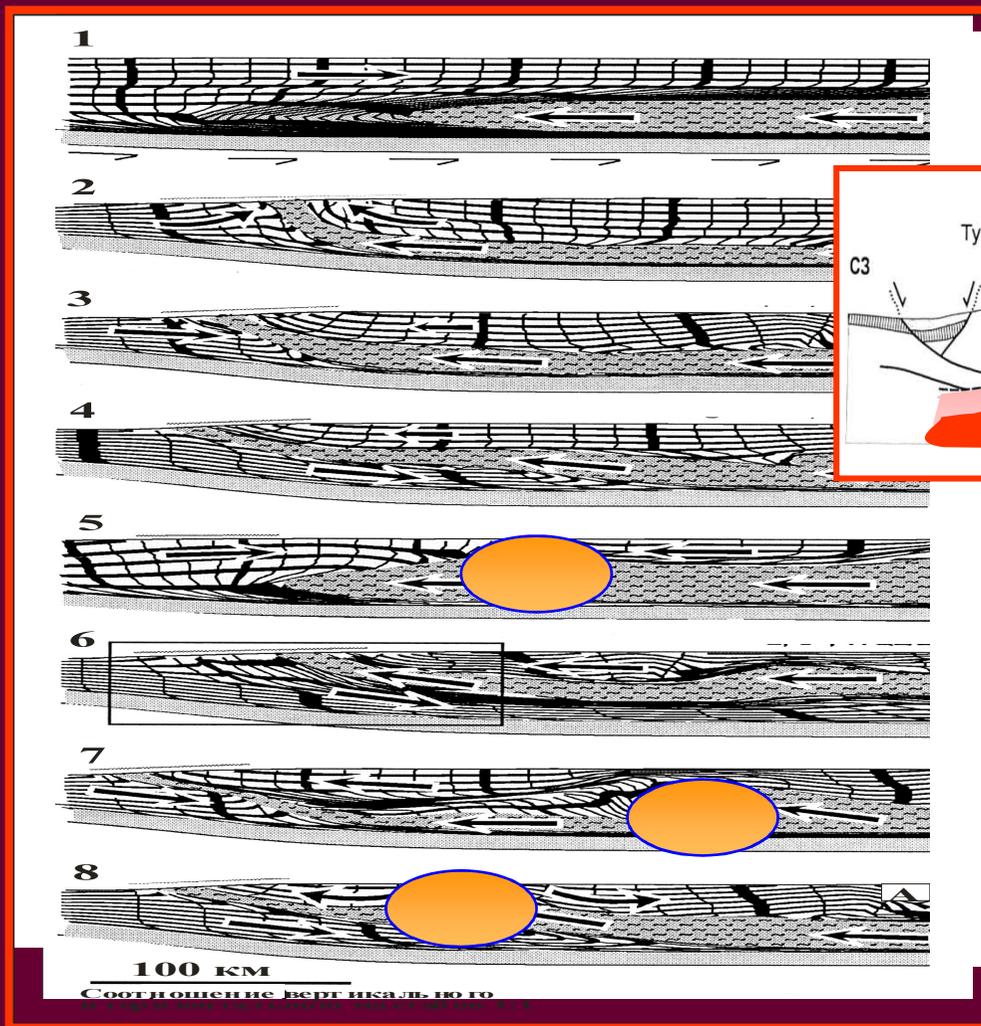
Копп, 1999

Структура и схема современных перемещений горных масс Анатолийско-Эгейского региона



(по: Martinod et al., 2000)

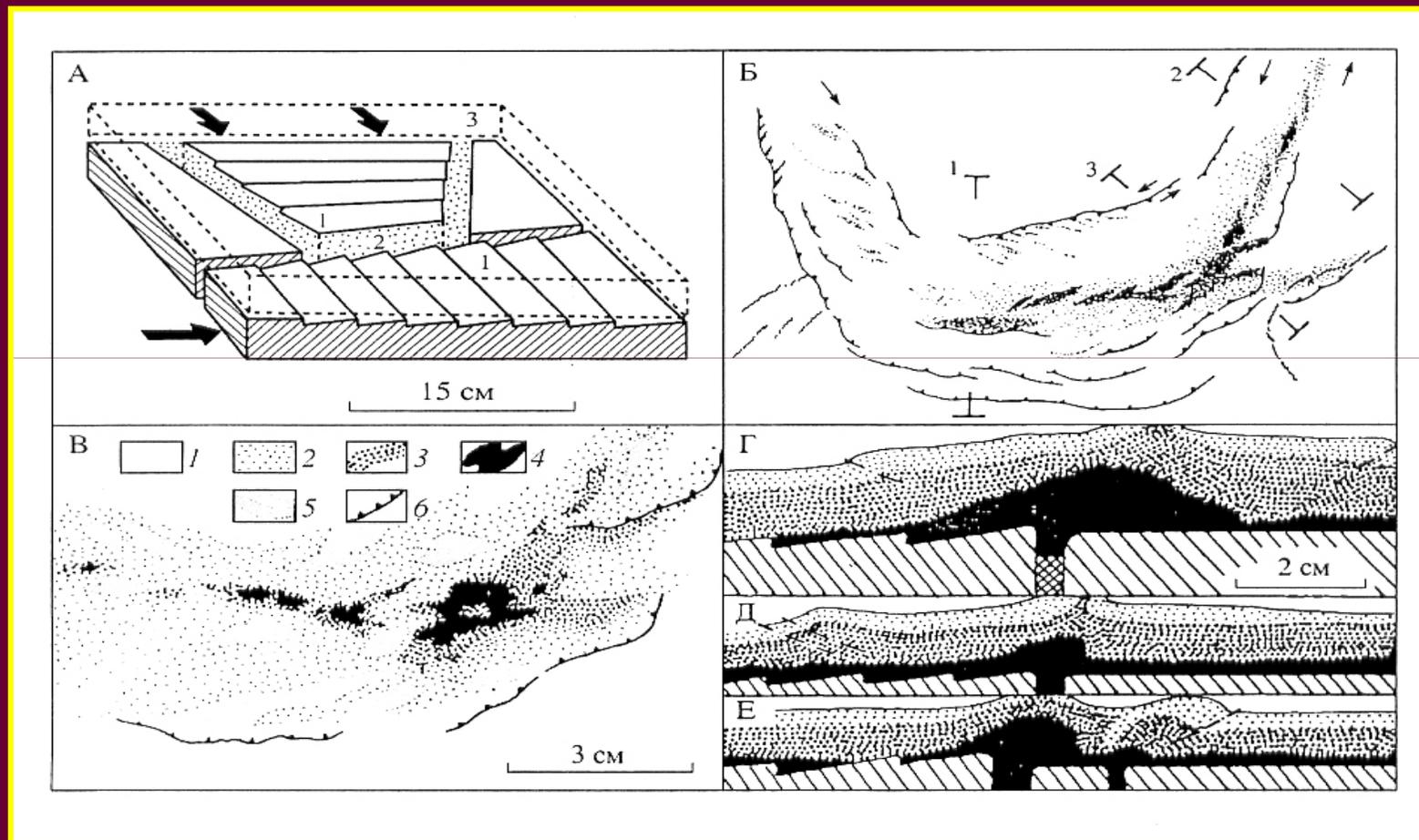
Модель формирования «канала течения» и протрузивной эксгумации глубинных масс (образования метаморфических ядер)



По данным Е.В.Склярова и
А.М.Мазукабзова

Beaumont et al., 2001

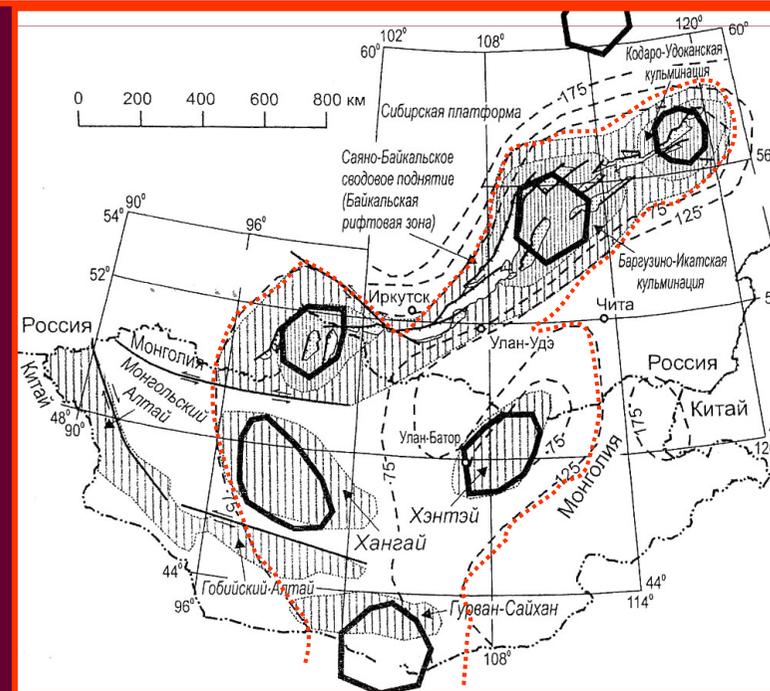
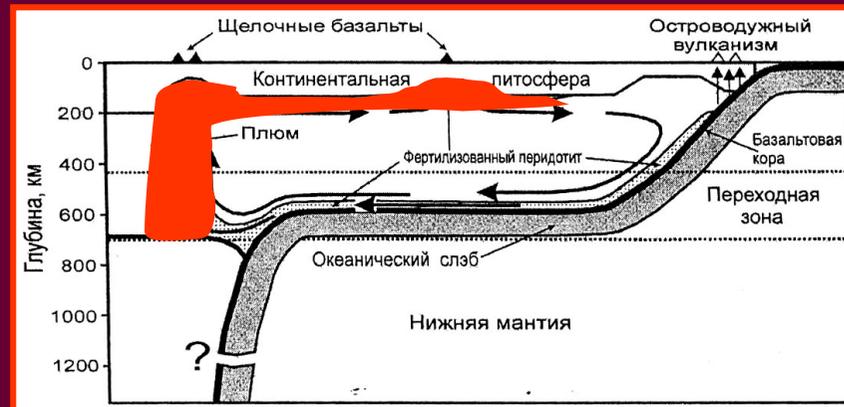
Формирование транспрессивных структур при латеральном движении горных масс



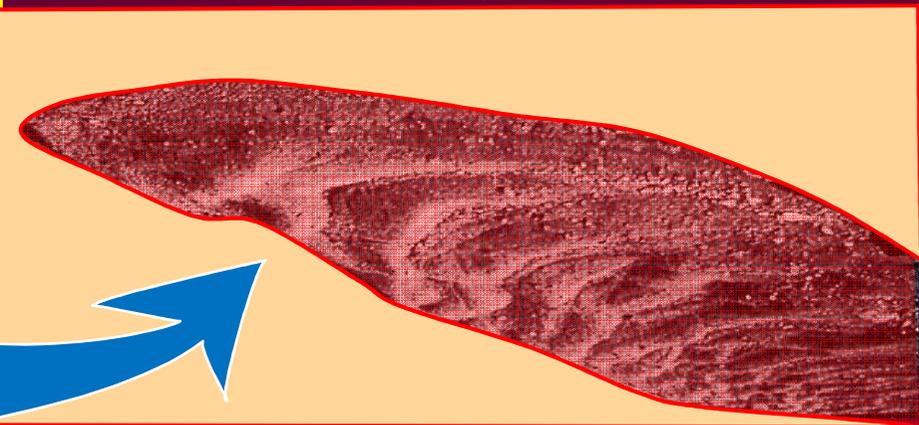
Один из возможных геодинамических механизмов формирования альпийской структуры Забайкалья за счет однонаправленного латерального течения



Зорин, Турутанов, 2004

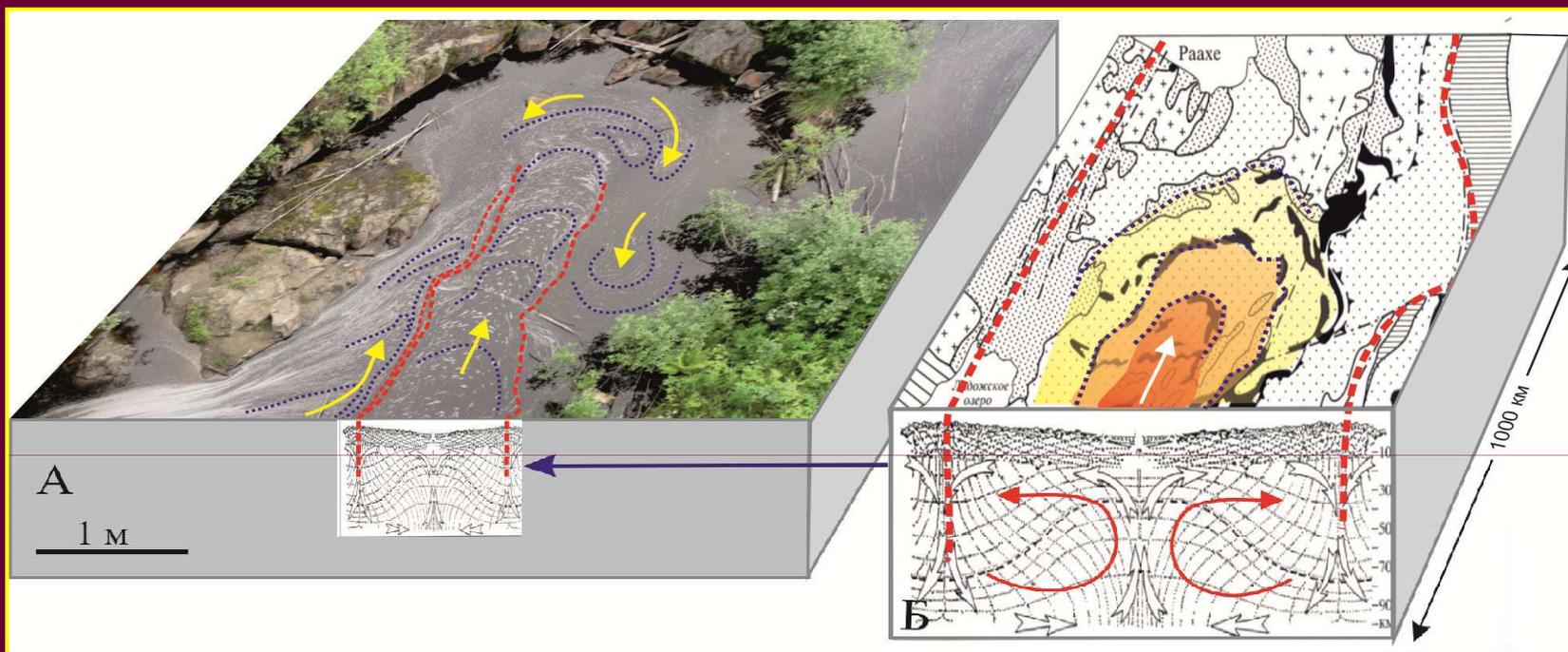


Природные модели формирования плито-потоков



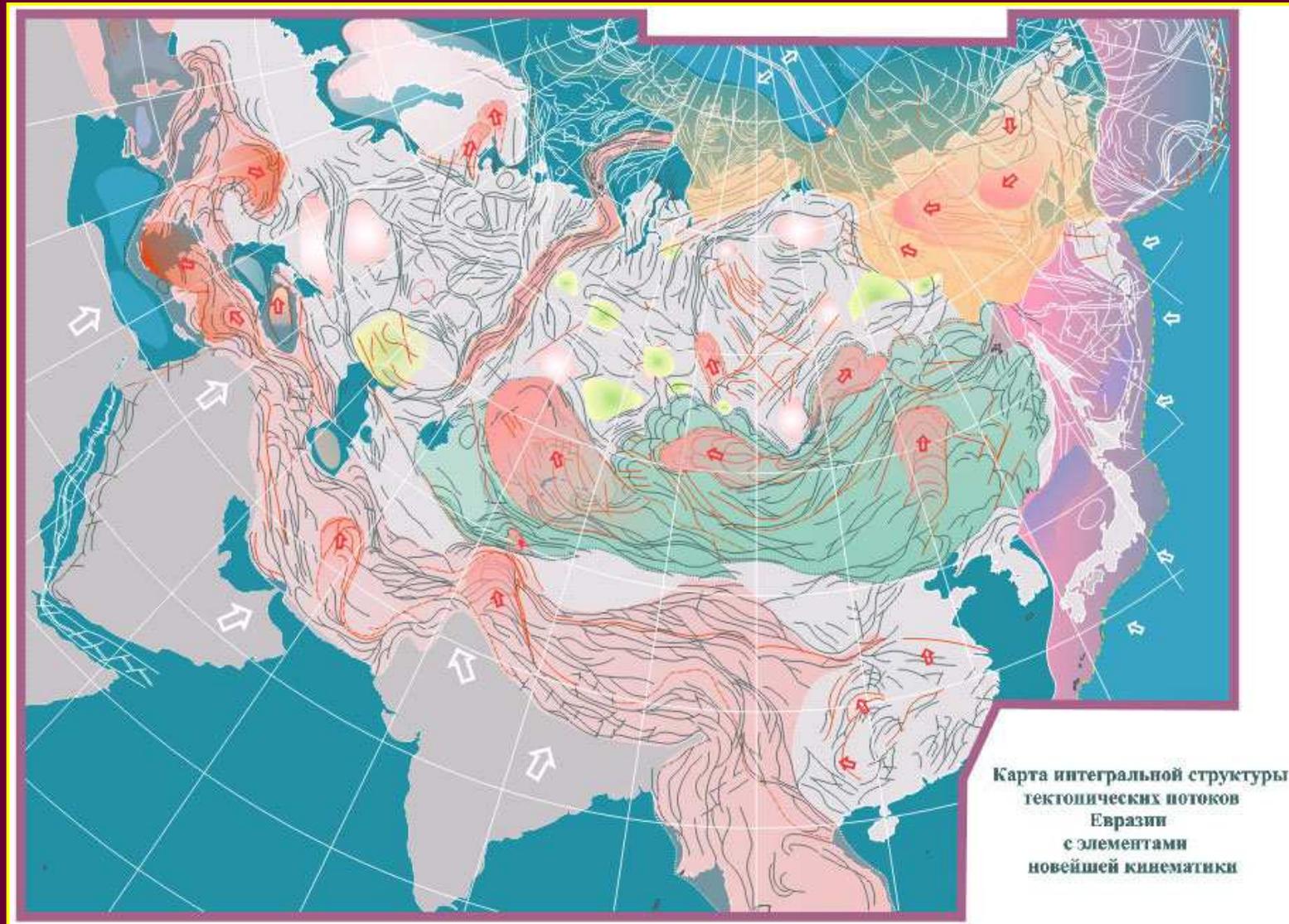
Возможно, так выглядит подошва плито-потока

Конвекционно-транспрессионный механизм формирования структуры Карельского массива и граничных зон концентрированной деформации. Справа (по: [Морозов, 2002]). Слева: совмещение расчетной и природной моделей.



Реальные и предполагаемые плито-потоки (горизонтальные протрузии) в структуре Евразии

(составлена на основе карты интегральной структуры Евразии с элементами новейшей кинематики [Кунина, Гольтвегер, 1996])



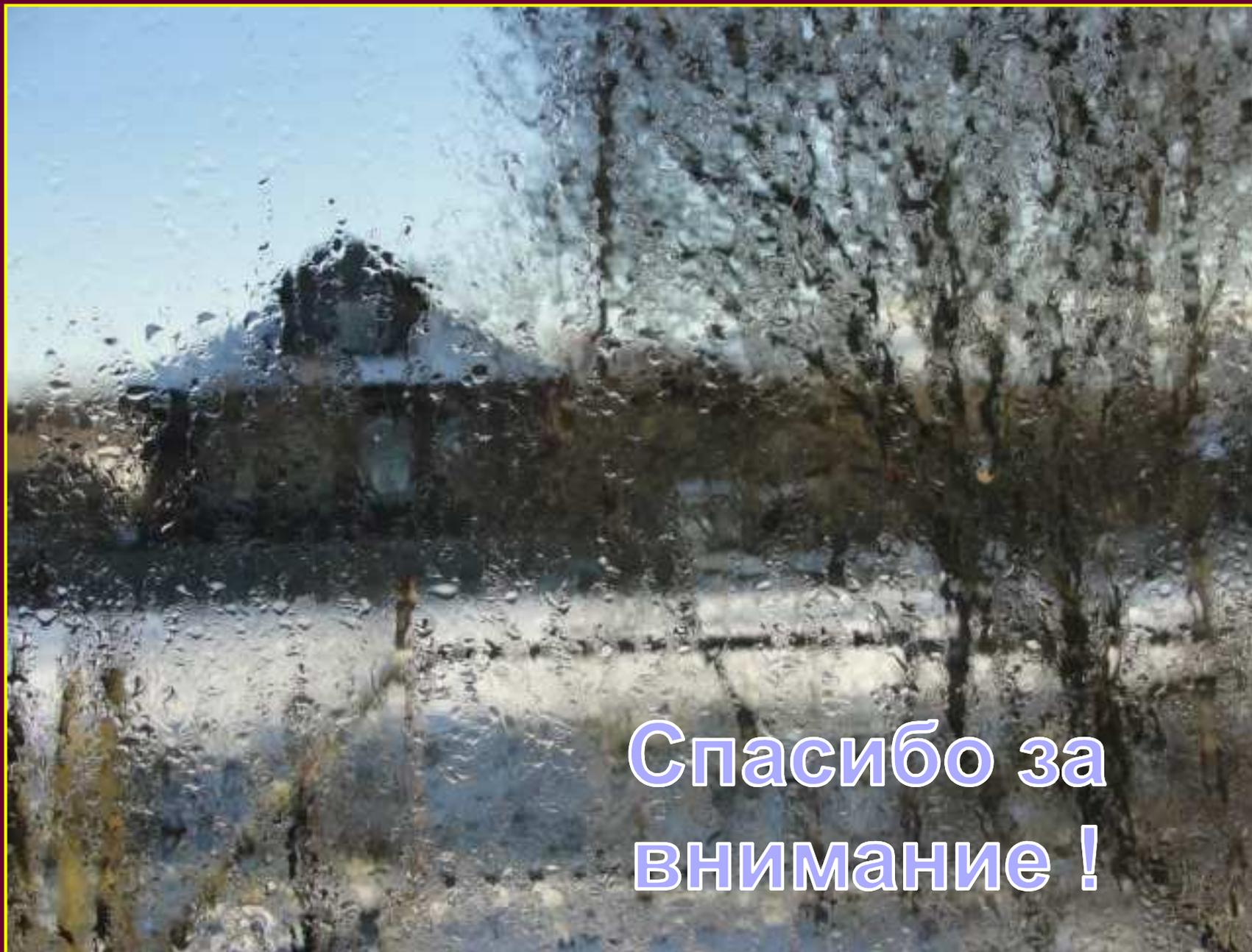
Таким образом:

1. Латеральные тектонические потоки (плито-потоки, горизонтальные протрузии) – категория структур, имеющая глобальное распространение, и они свойственны и континентальной и океанической литосфере.

2. Латеральные потоки зафиксированы в земной коре набором структурных парагенезов, организованных в единые тектонические ансамбли, отражающие латеральное перемещение горных масс.

3. Физические и расчетные модели подтверждают возможность формирования в пределах литосферы разномасштабных латеральных потоков горных масс.

4. «Вмороженные» в земную кору, они формируют своеобразные объемные структурные провинции, составляющие важный элемент строения и тектонической эволюции Земной коры.



Спасибо за
внимание !