

Основные определения:

Рифтовая зона - это полосовидная в плане тектоническая зона протяженностью на сотни до тысяч километров, в которой преобладает горизонтальное растяжение земной коры.

Рифт – рассекающий всю кору или, по крайней мере, всю ее верхнюю часть глубокий линейный грабен.

Частным случаем рифта является **авлакоген** – линейный грабен или грабенообразная депрессия в поверхности фундамента древней платформы.

Континентальные рифты имеют следующие характерные особенности рельефа (Грачев, 1987):

- 1) абсолютные высоты гор на плечах рифтов, за единичными исключениями, не превышают 3500 м;
- 2) асимметричное строение, обусловленное как разными высотой и морфологией хребтов по обе стороны от рифтовой впадины, так и частой асимметрией самой рифтовой впадины;
- 3) отчетливая линейность как самих рифтов, так и рифтовых зон даже в том случае, когда внутреннее строение зоны характеризуется кулисообразным расположением отдельных рифтов;
- 4) закономерное плановое расположение и сочетание рифтовых впадин, из которых наиболее широко известны структуры тройного и торцевого сочленения.

Классификация рифтов:

Внутрикратонные рифты или *рифтовые системы атлантического типа*, образование которых приводит к разрушению крупных континентальных блоков или появлению отмерших рифтов в телах древних платформ (рифтовые системы Восточной Африки, окраин Атлантического океана).

Синорогенные рифты или *импактогены*, возникновение которых обычно обусловлено локальным растяжением при общем сжатии (Рейнский грабен, Байкальский рифт).

Транстенсионные рифты (рифт Мертвого моря)

Рифты задуговых бассейнов возникают в задуговых бассейнах как отклик на изменение скорости процессов, происходящих в соседней островной дуге, и/или появление дополнительных восходящих потоков (upwelling) в мантии (рифт Японского и Южно-Китайского морей).

Рифты сложного развития вблизи зон субдукции и трансформных границ плит (рифт Рио Гранде)

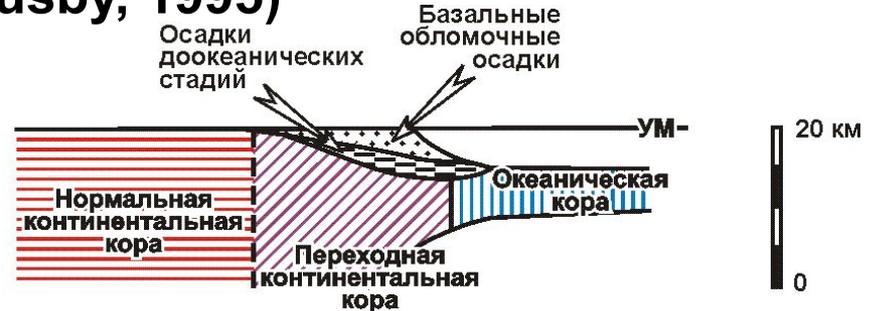
Зоны посторогенного растяжения (Провинция бассейнов и хребтов)

Схема эволюции континентального рифта в пассивную окраину (Ingersoll, Busby, 1995)

0 500 км



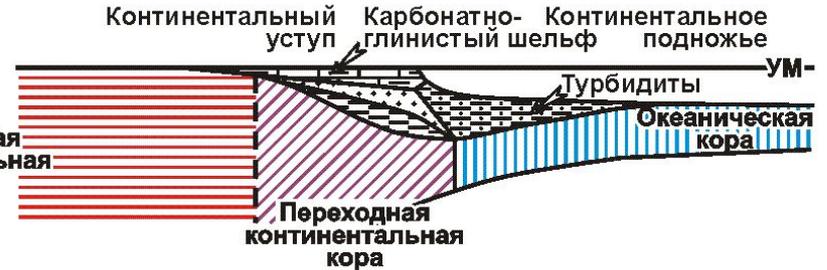
Нормальная континентальная кора
(дорифтовая стадия)



Объединение квазиконтинентальной и квазиокеанической коры в переходную кору

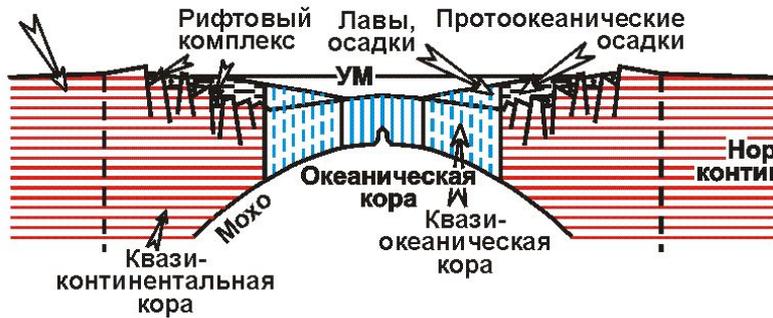


Внутриконтинентальный рифт

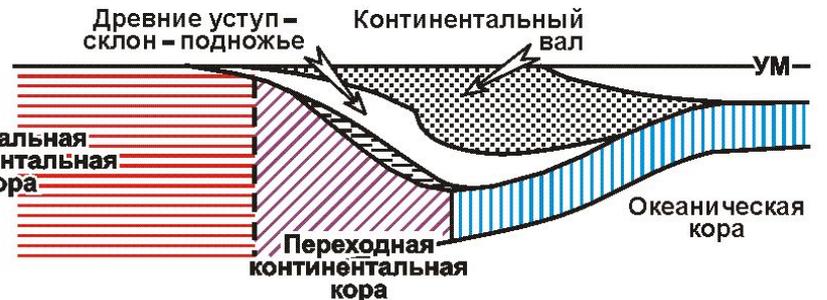


Образование триады континентальный уступ – склон – подножье (доминирующий механизм прогибания – накопление осадков)

Нормальная континентальная кора

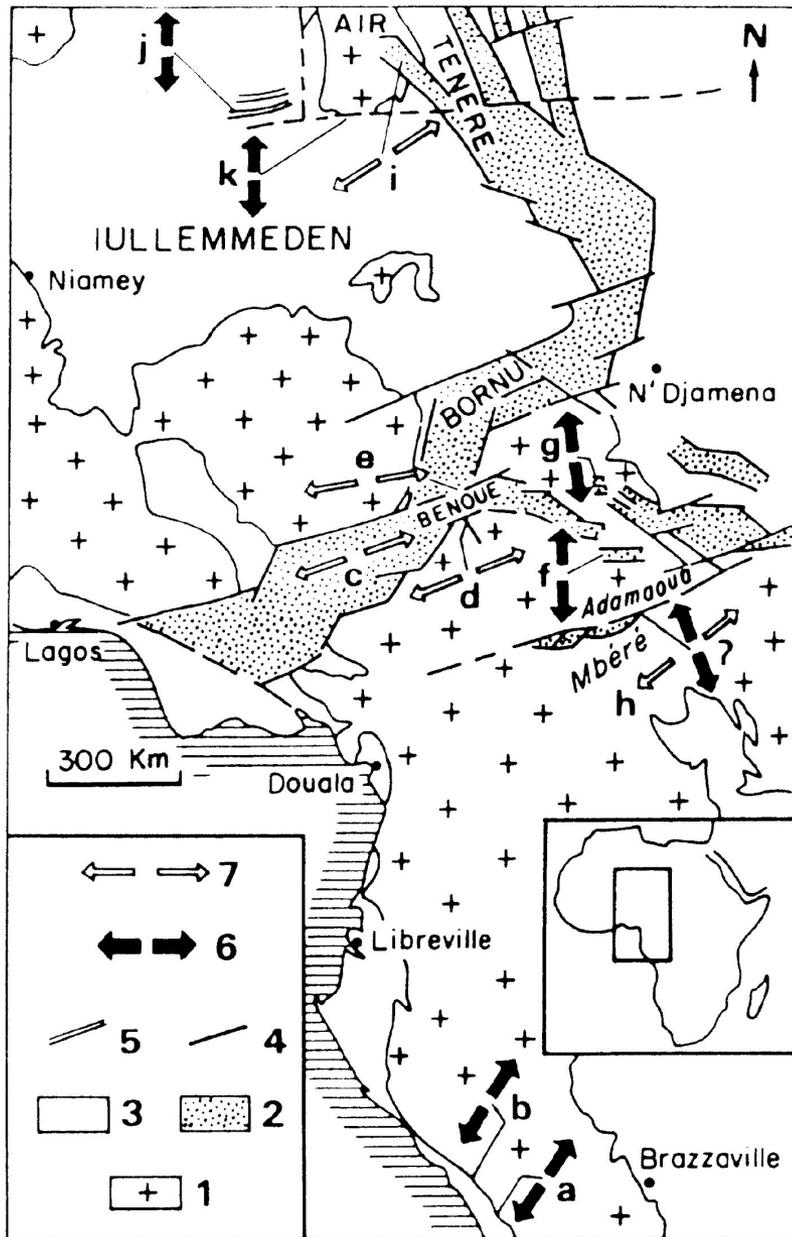


Протоокеаническая стадия (появление утоненной континентальной и утолщенной океанической коры)



Формирования континентального вала (объем накапливаемых осадков столь велик, что береговая линия перемещается в область развития океанической коры)

Изменение строение поля напряжений во время формирования рифта Бенуэ, западная Африка, ранний мел

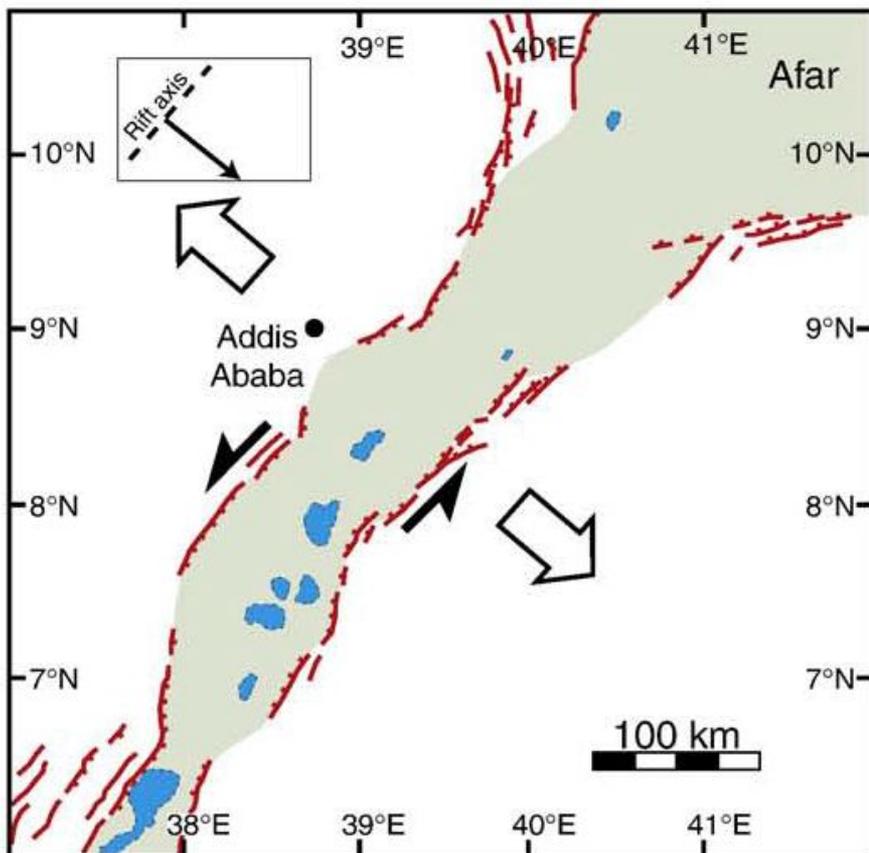


Условные обозначения:

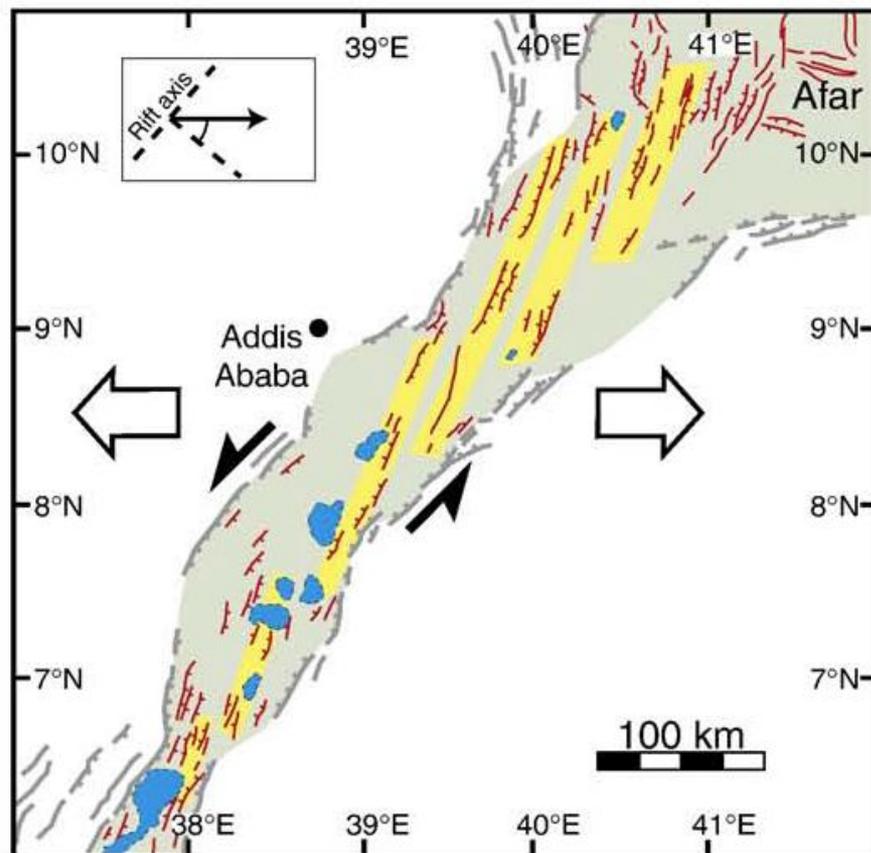
- 1 – докембрий и палеозой
- 2 – раннемеловой рифтовый бассейн
- 3 – мезозойско-кайнозойские бассейны
- 4 – раннемеловые разломы
- 5 – разломы полуграбенов
- 6 – оси до-позднеаптского растяжения
- 7 – оси позднеаптского-альбского растяжения

Две стадии развития Главного рифта Эфиопии (Corti, 2009)

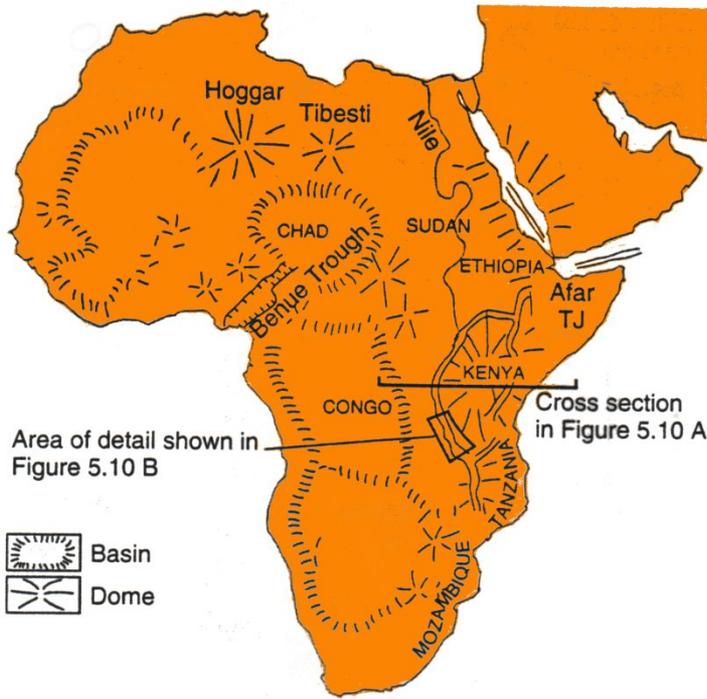
Миоцен - Плиоцен



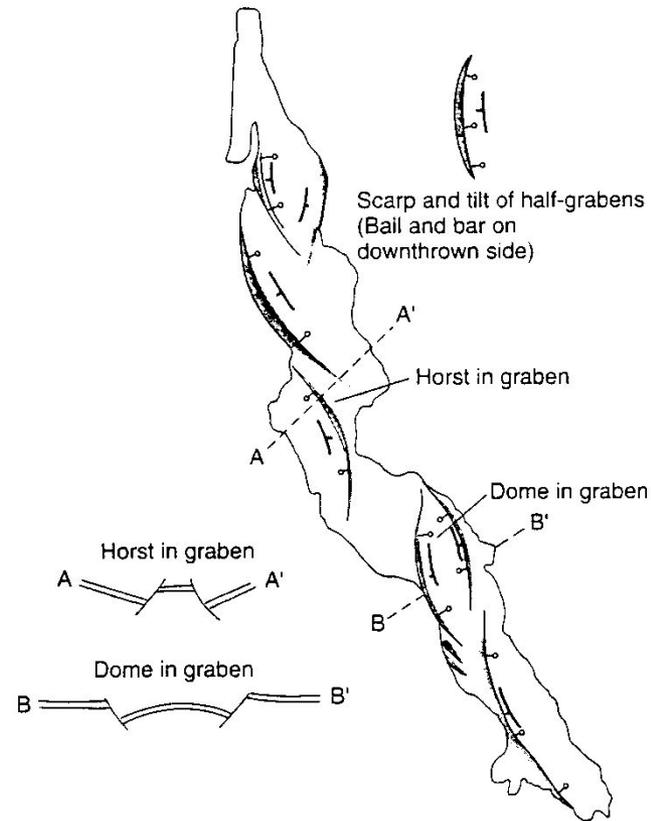
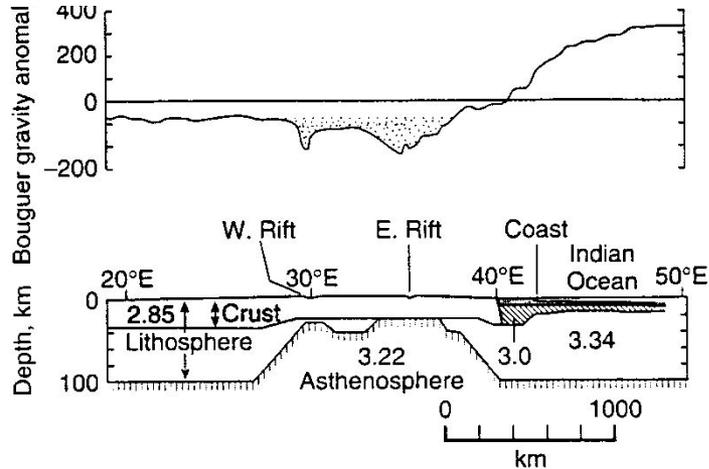
Четвертичный



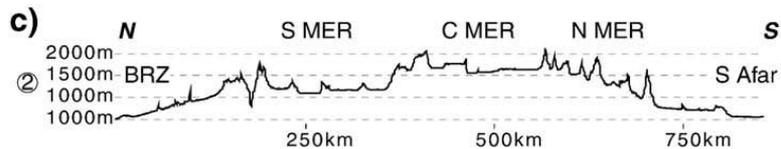
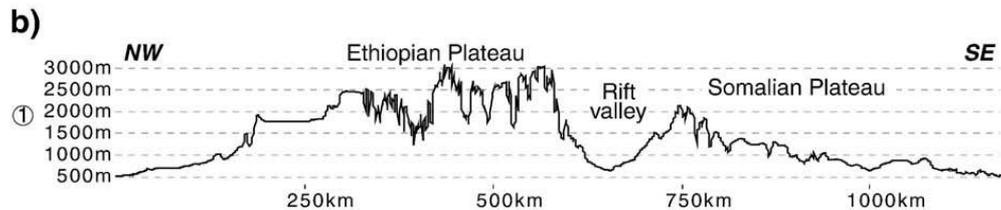
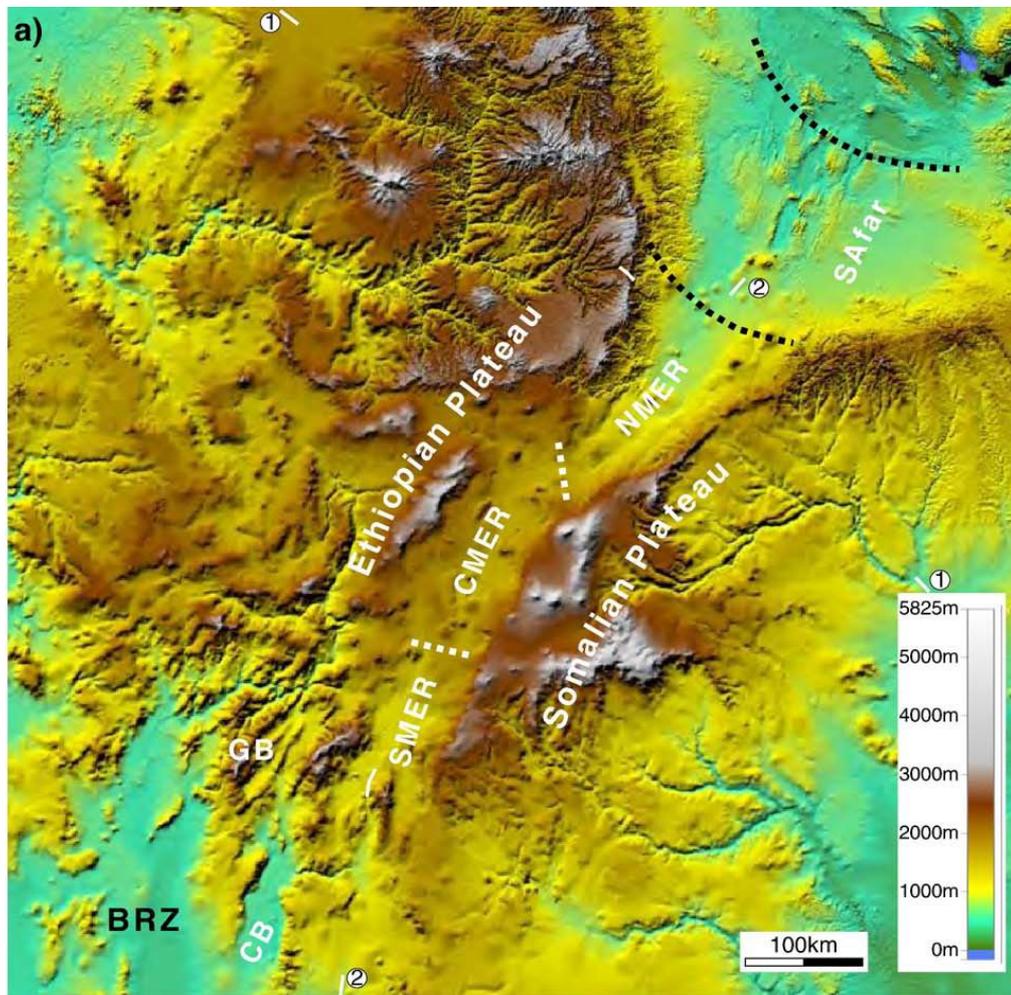
Рифтовые системы Африки (Moores, Twiss, 1995)



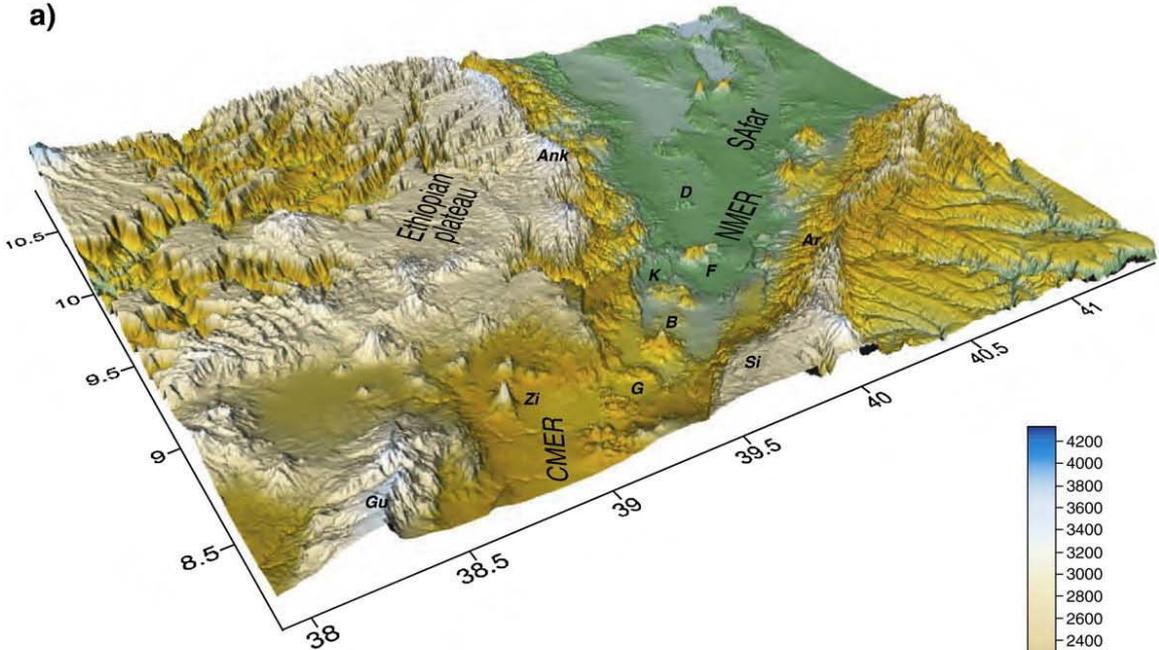
Area of detail shown in Figure 5.10 B



Цифровая топооснова (карта и разрезы) для Главного рифта Эфиопии (Corti, 2009)

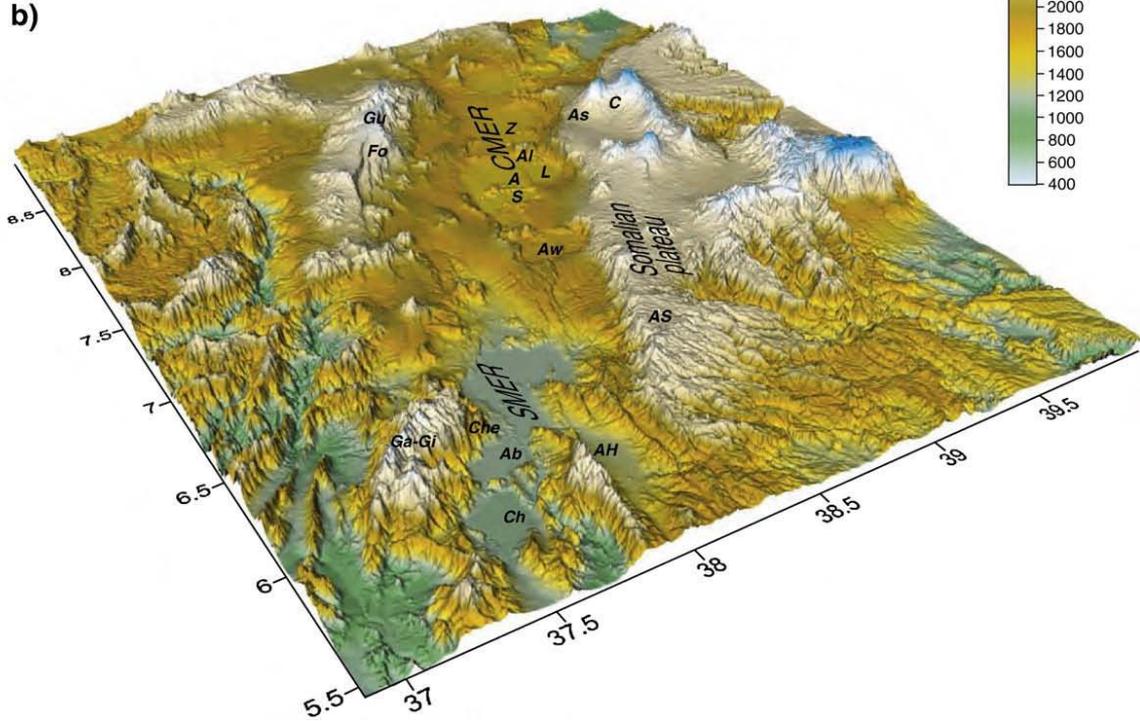


a)

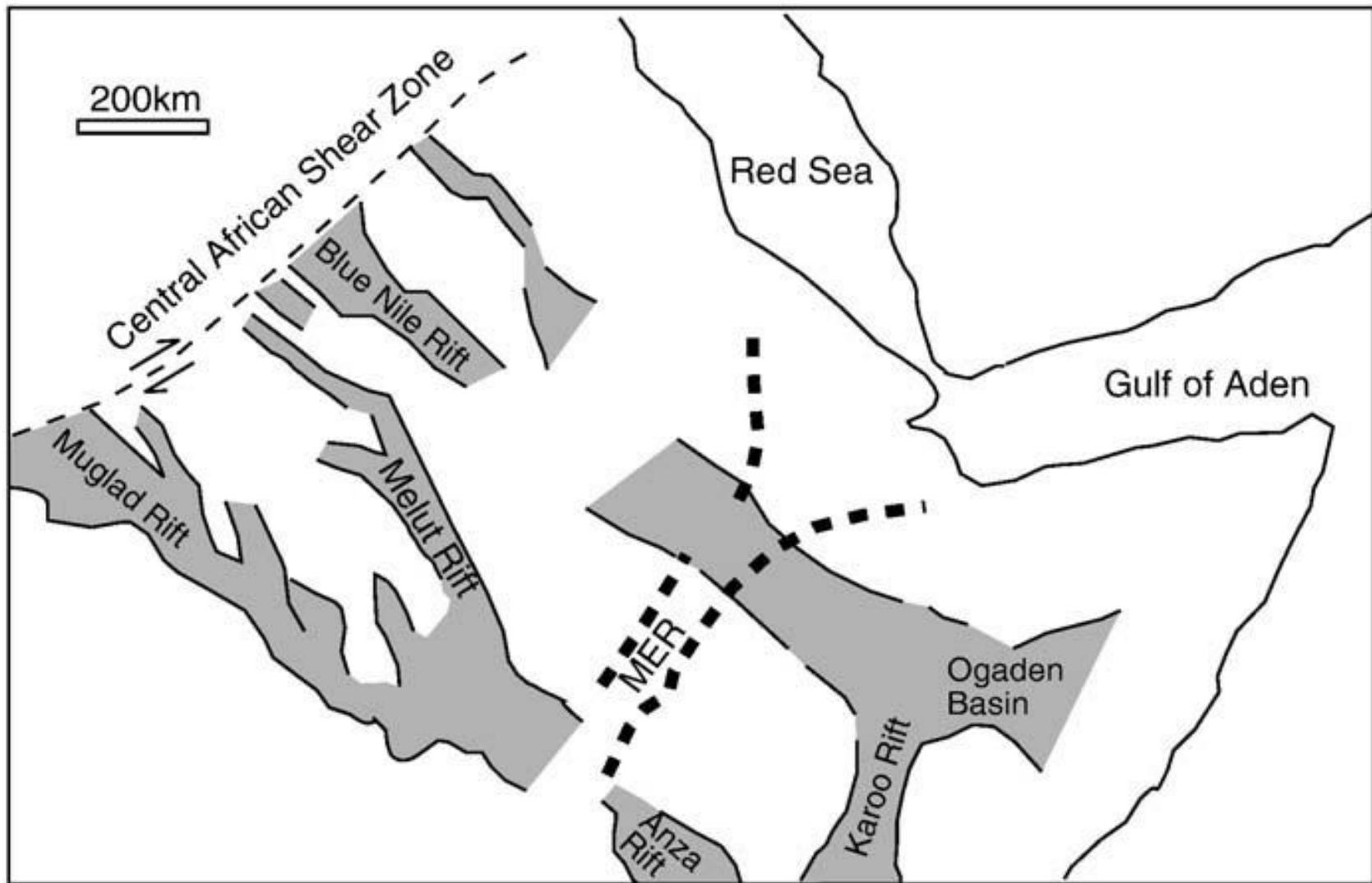


**3D модель рельефа
в зоне Главного
рифта Эфиопии в
его северной (a) и
южной (b) частях
(Corti, 2009)**

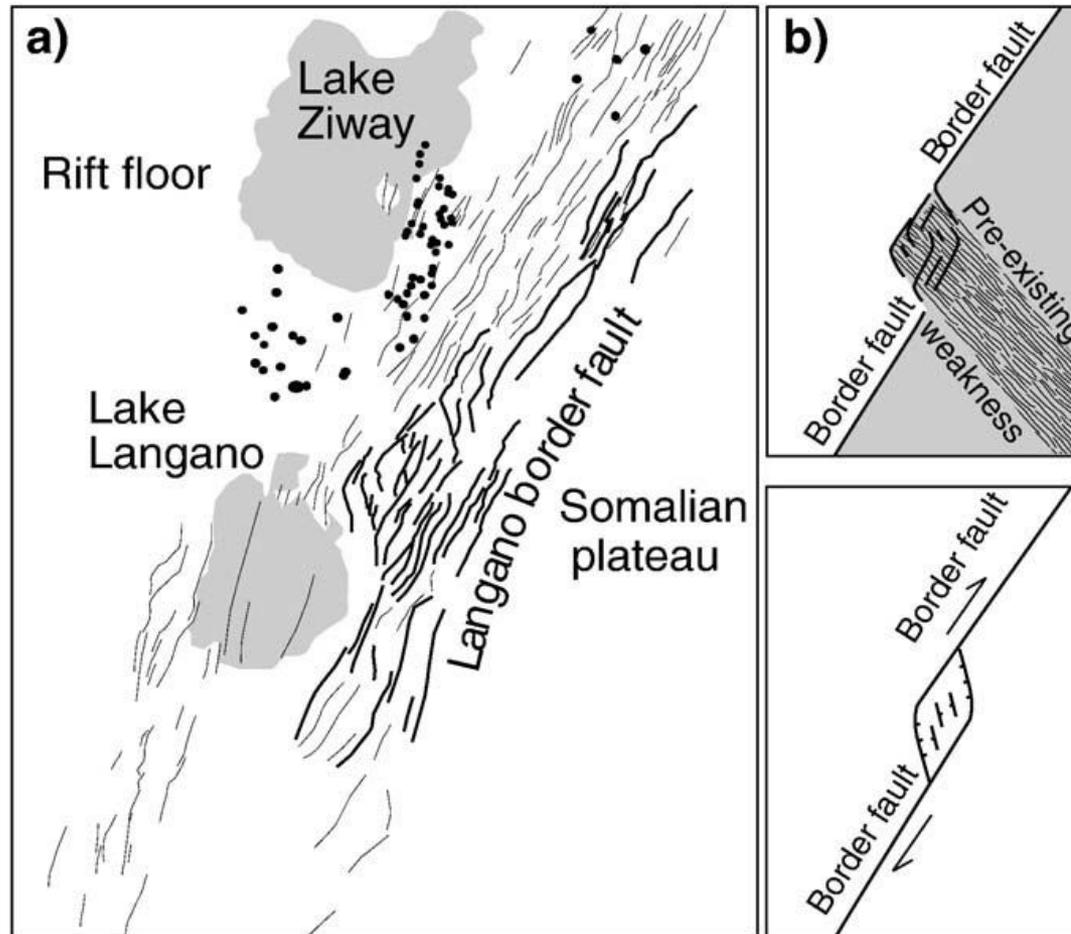
b)



Соотношение ориентировок мезозойских рифтов (серый цвет) и неоген-четвертичного Главного рифта Эфиопии (MER) (Gani et al., 2009; Corti, 2009)

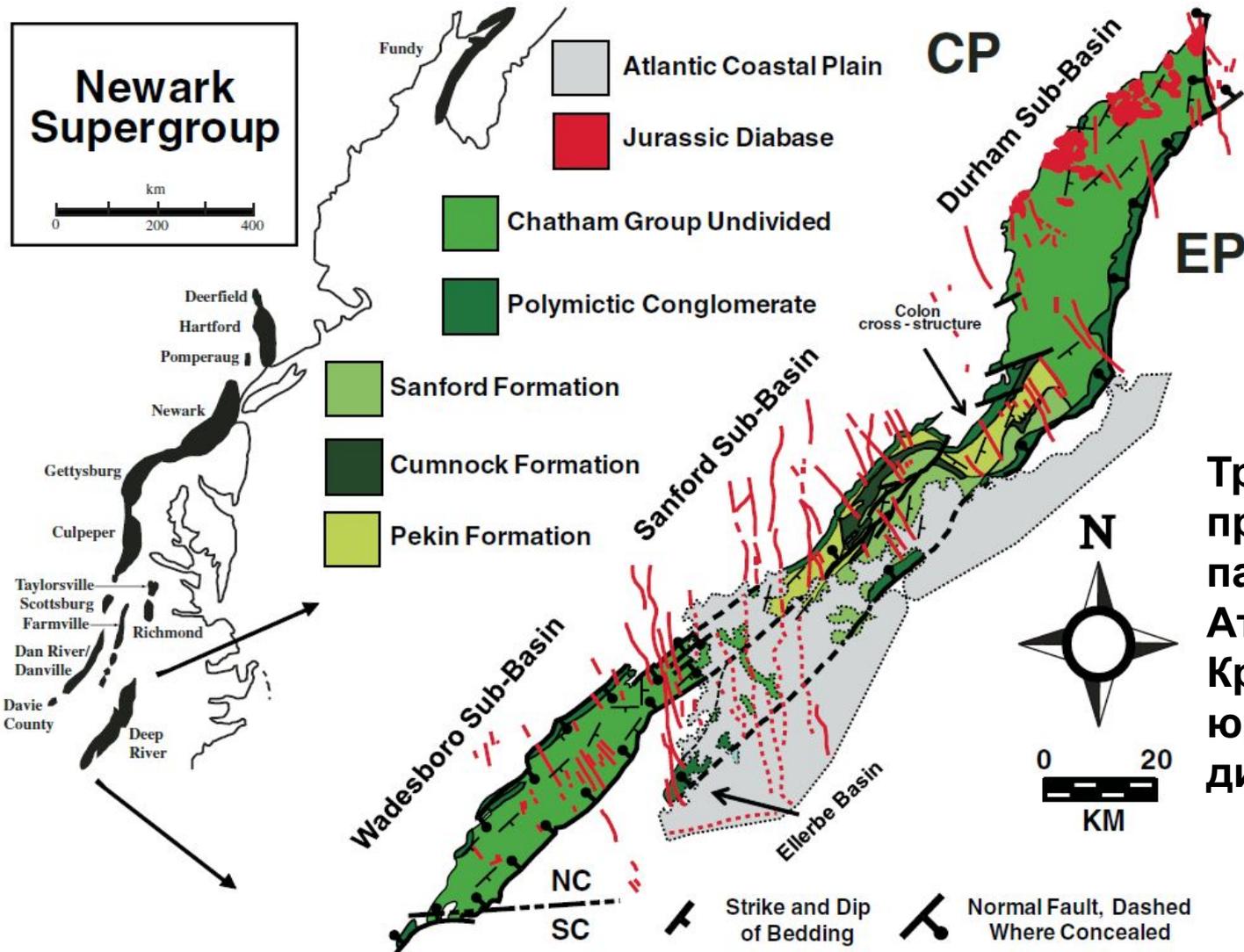


**Взаимодействие более древних структур СЗ-ЮВ
простираения и молодых рифтов СВ-ЮЗ простираения
(Главный рифт Эфиопии) с образованием
ромбовидных структур (Corti, 2009)**



а – наблюдаемые структуры, б – две модели формирования

Триасовые рифтовые бассейны Атлантического побережья Северной Америки (Blake et al. 2012)



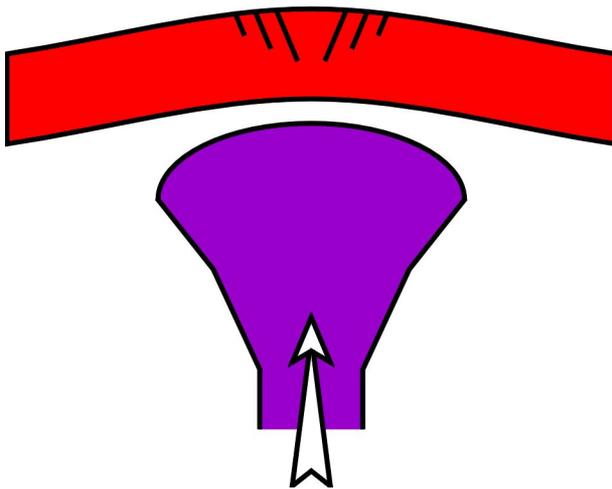
Триасовые рифты примерно параллельны СОХ Атлантики. Красные линии – юрские дайки диабазов

Механизмы рифтогенеза

Континентальная кора

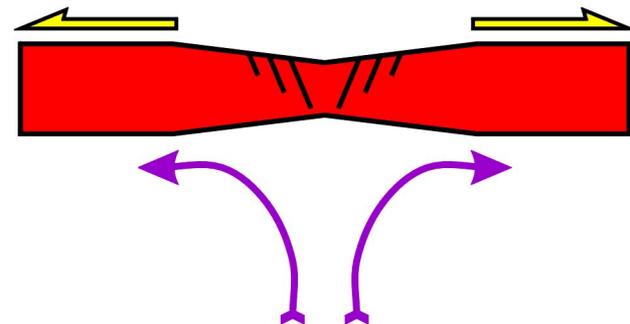


Активный рифтогенез



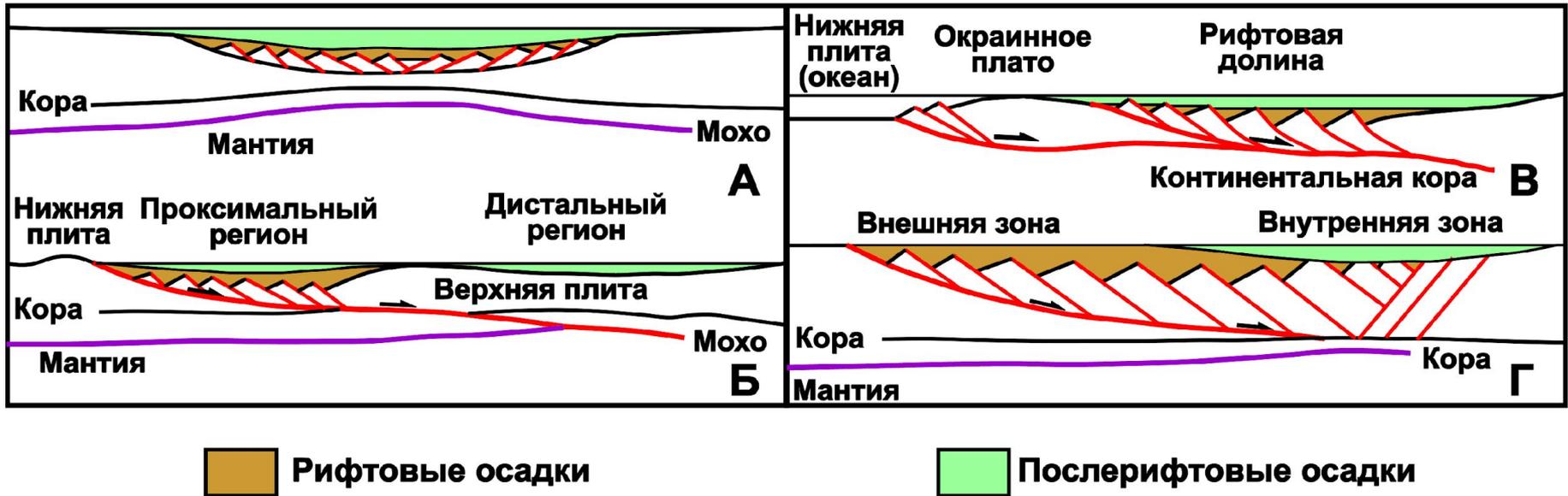
Мантийный плюм

Пассивный рифтогенез



Удаленное воздействие

Модели формирования рифтов



А - модель чистого сдвига, (McKenzie 1978)

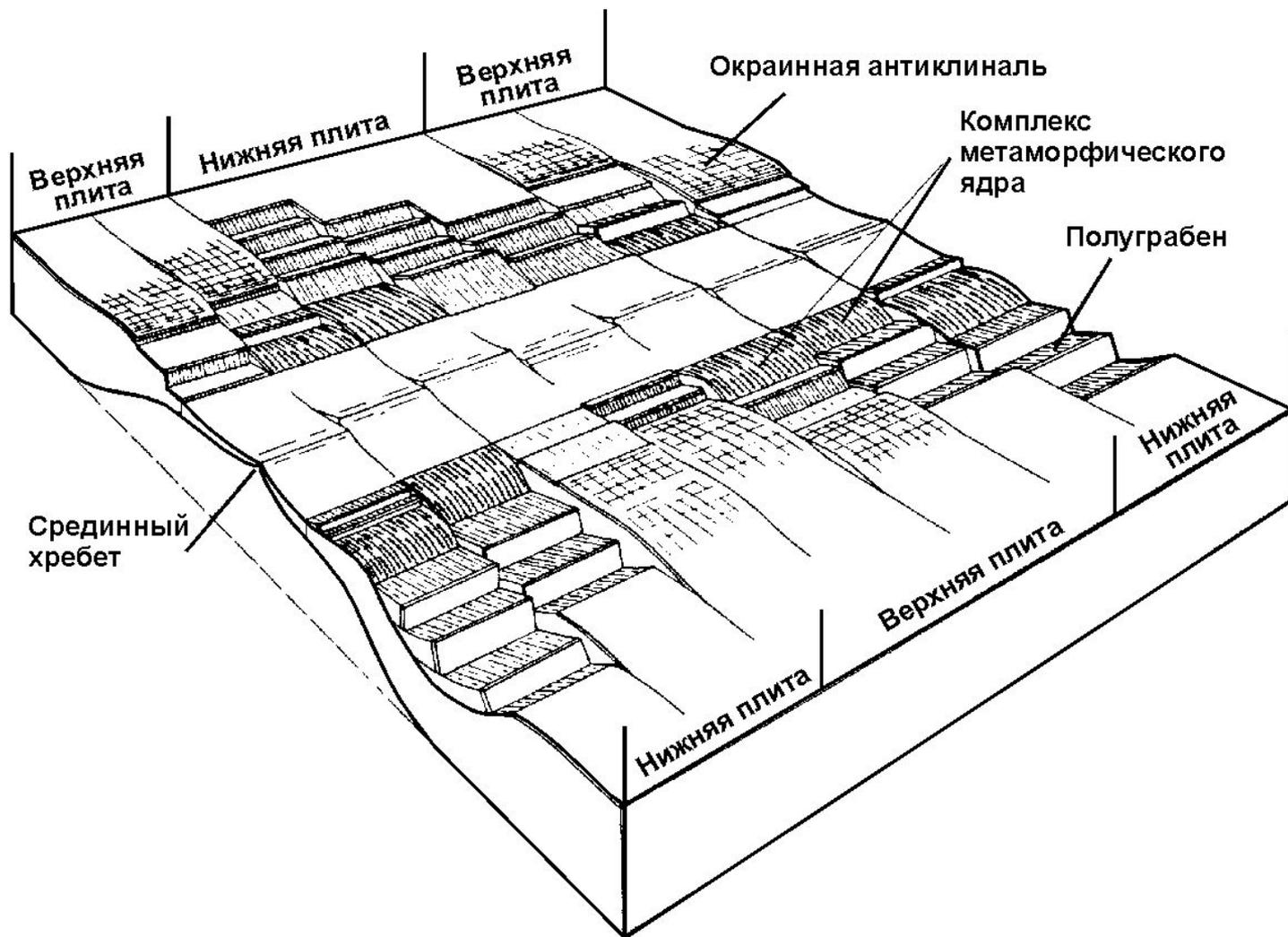
Б - модель простого сдвига, (Wernicke, Burchfiel 1982)

В - модель простого сдвига с двумя системами срывов (Lister et al. 1986)

Г - модель неоднородного растяжения, по Коварду (Bosence 1998).

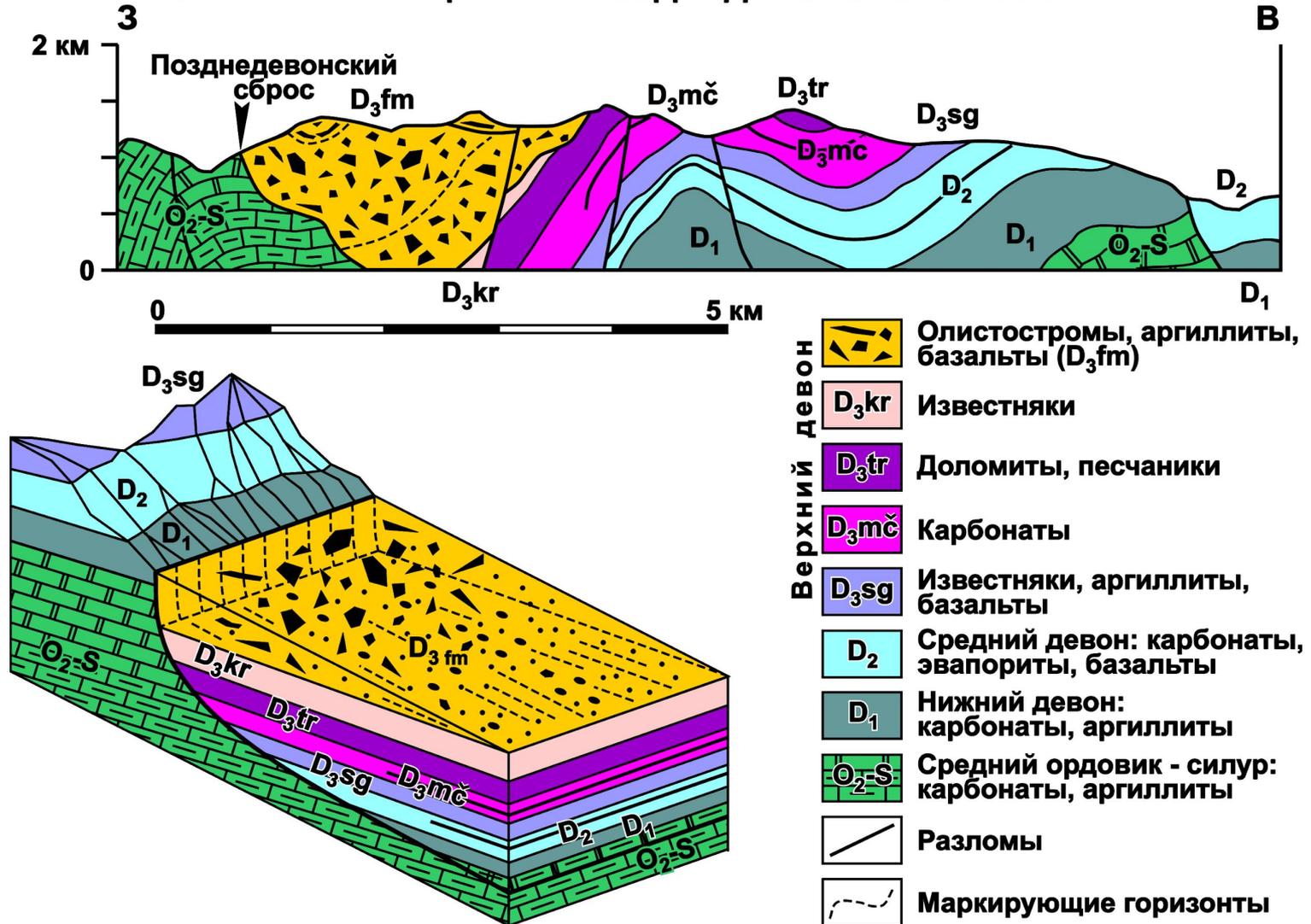
Во всех моделях в верхней части коры преобладают хрупкие деформации, а в нижней - пластические.

Чередование структур верхней и нижней плит на окраине океанического бассейна, раскрытие которого происходило по модели простого сдвига (Lister et al., 1986).



Диагностика рифтовых структур в складчато-надвиговых системах

РАЗРЕЗ ЧЕРЕЗ ХУРАТСКУЮ СИНКЛИНАЛЬ, СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ СЕТТЕ-ДАБАНА (по Кропачеву и др. 1997) И ЕГО ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КАК ПОЗДНЕДЕВОНСКОГО ПОЛУГРАБЕНА



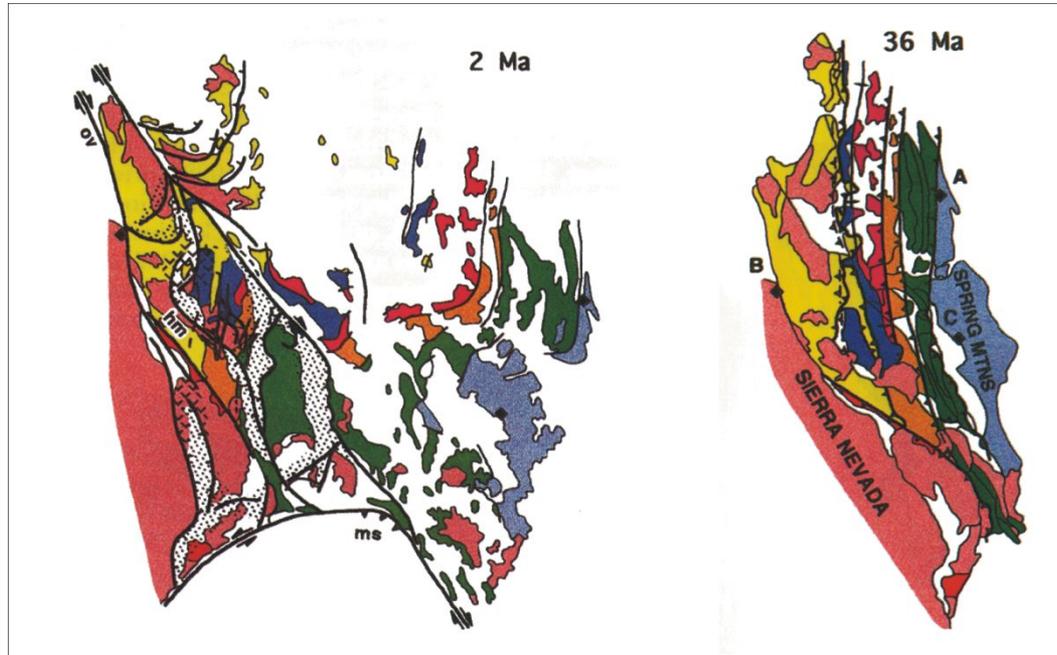
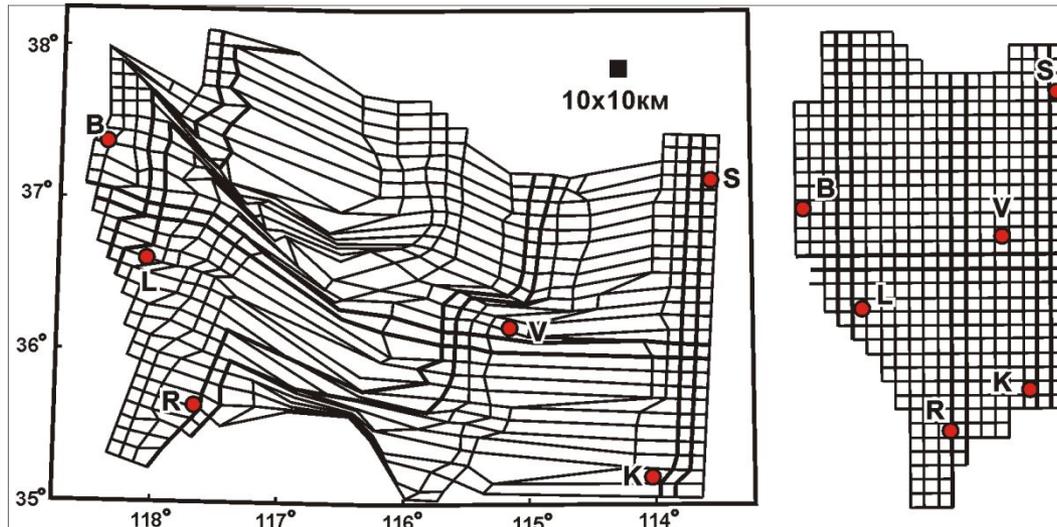
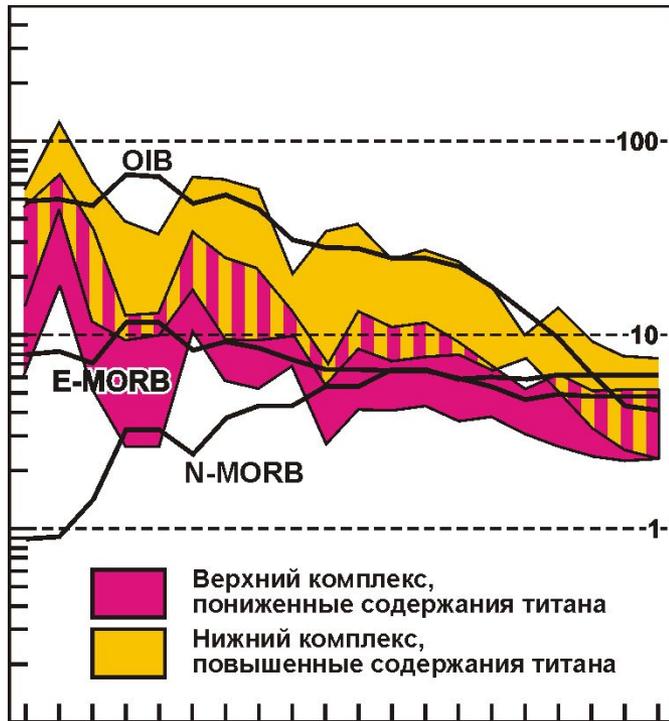


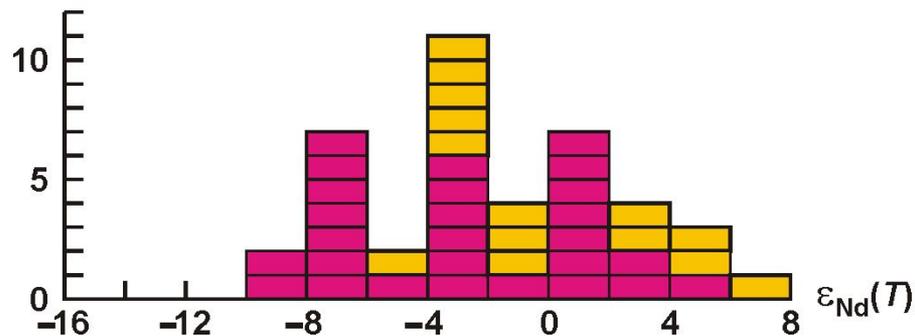
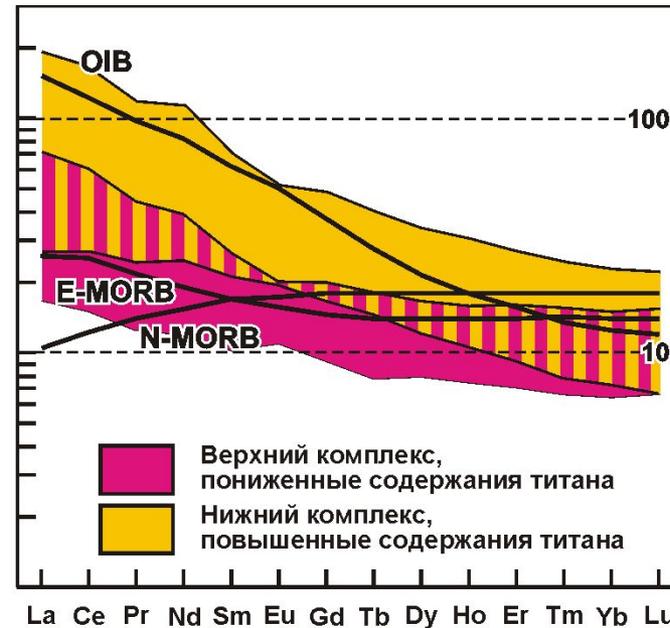
Схема распределения деформаций, связанных с эоценовым растяжением в центральной части Провинции Бассейнов и Хребтов, Невада (Snow, Wernicke, 2000).



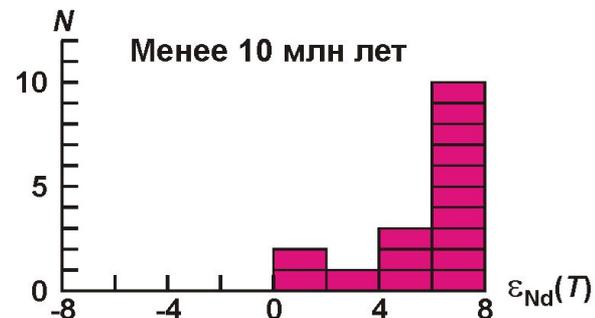
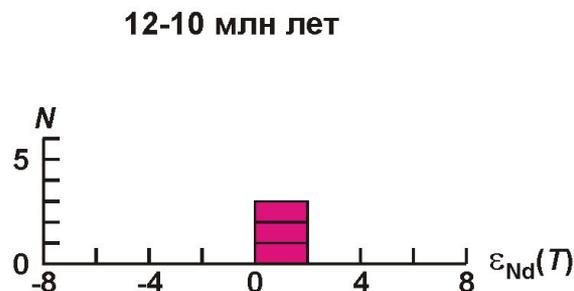
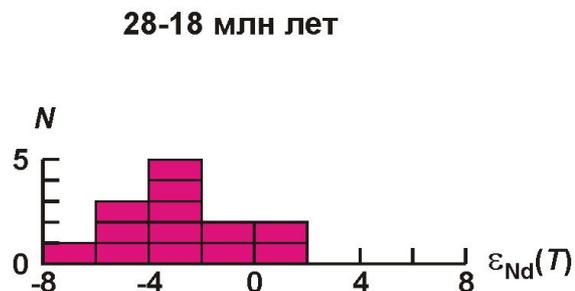
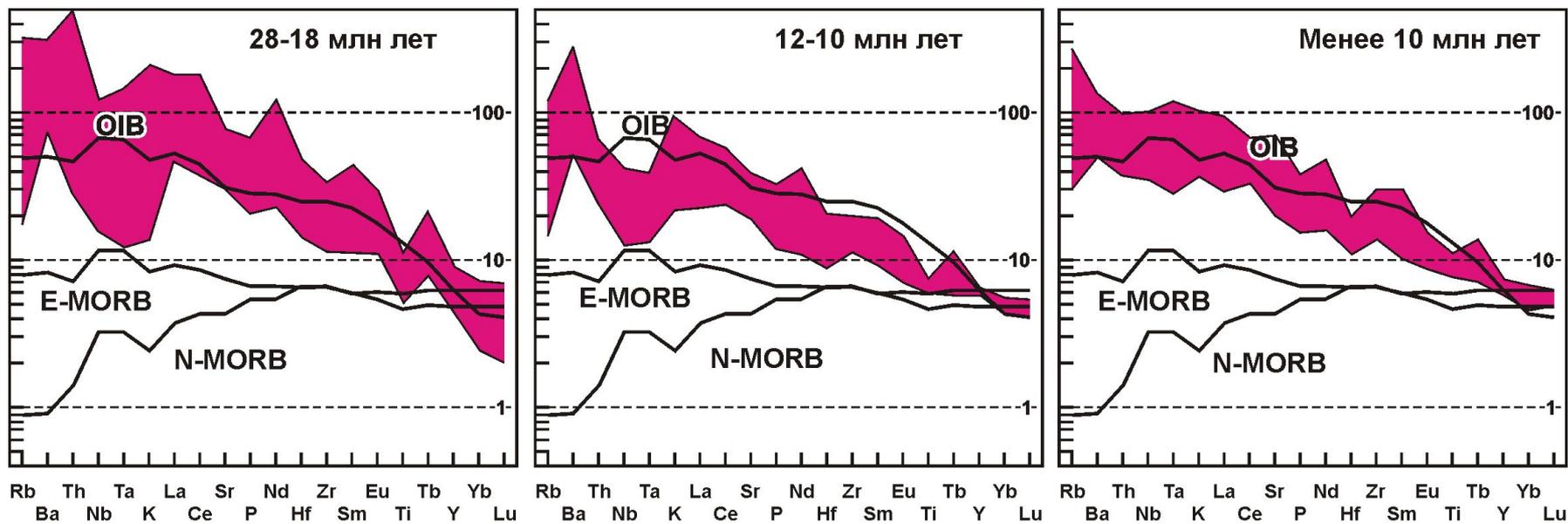
Основные геохимические характеристики платобазальтов на примере Норильских траппов (Lightfoot et al., 1993)

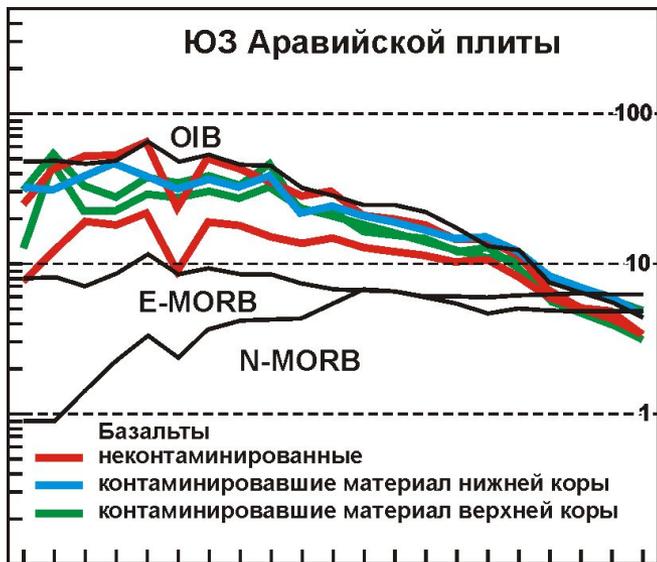


Rb Th Ta La Sr Nd Zr Eu Tb Yb
Ba Nb K Ce P Hf Sm Ti Y Lu

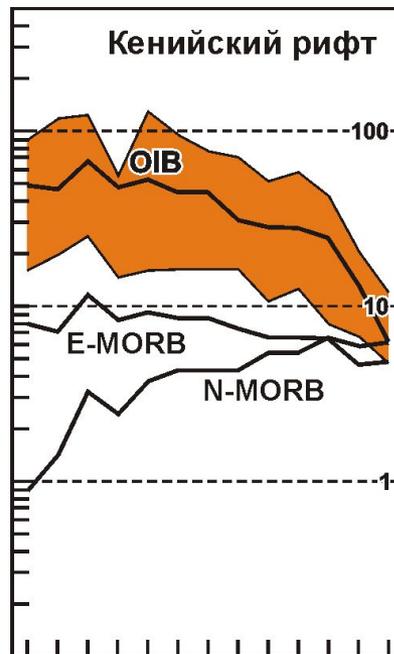


Основные изотопные и геохимические характеристики базальтов рифта Рио-Гранде (по Gibson et al., 1992; McMillan et al., 2000)



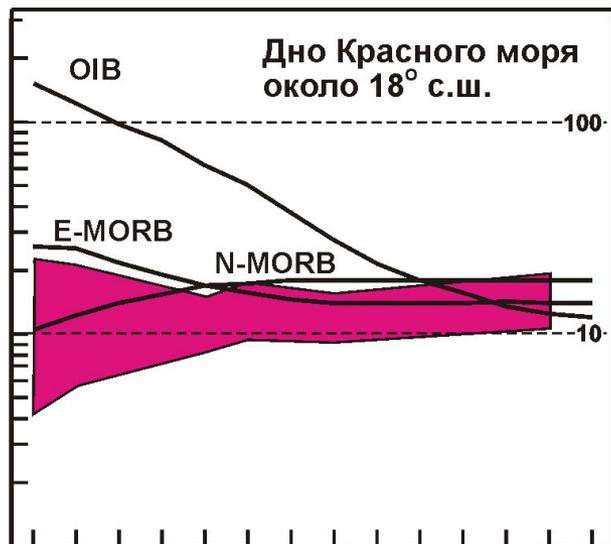


RbBaTh U Nb K LaCePbSr NdZr HfSmEu Ti GdDy Y Er Yb



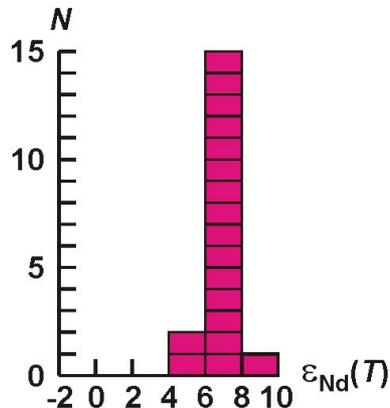
Rb Nb La Pb P Zr Y
Th K Ce Sr Nd Ti

Основные геохимические характеристики базальтов рифтовой системы восточной Африки и Красного моря (Essen et al., 1989; Volker et al., 1997; Rogers et al., 2000)

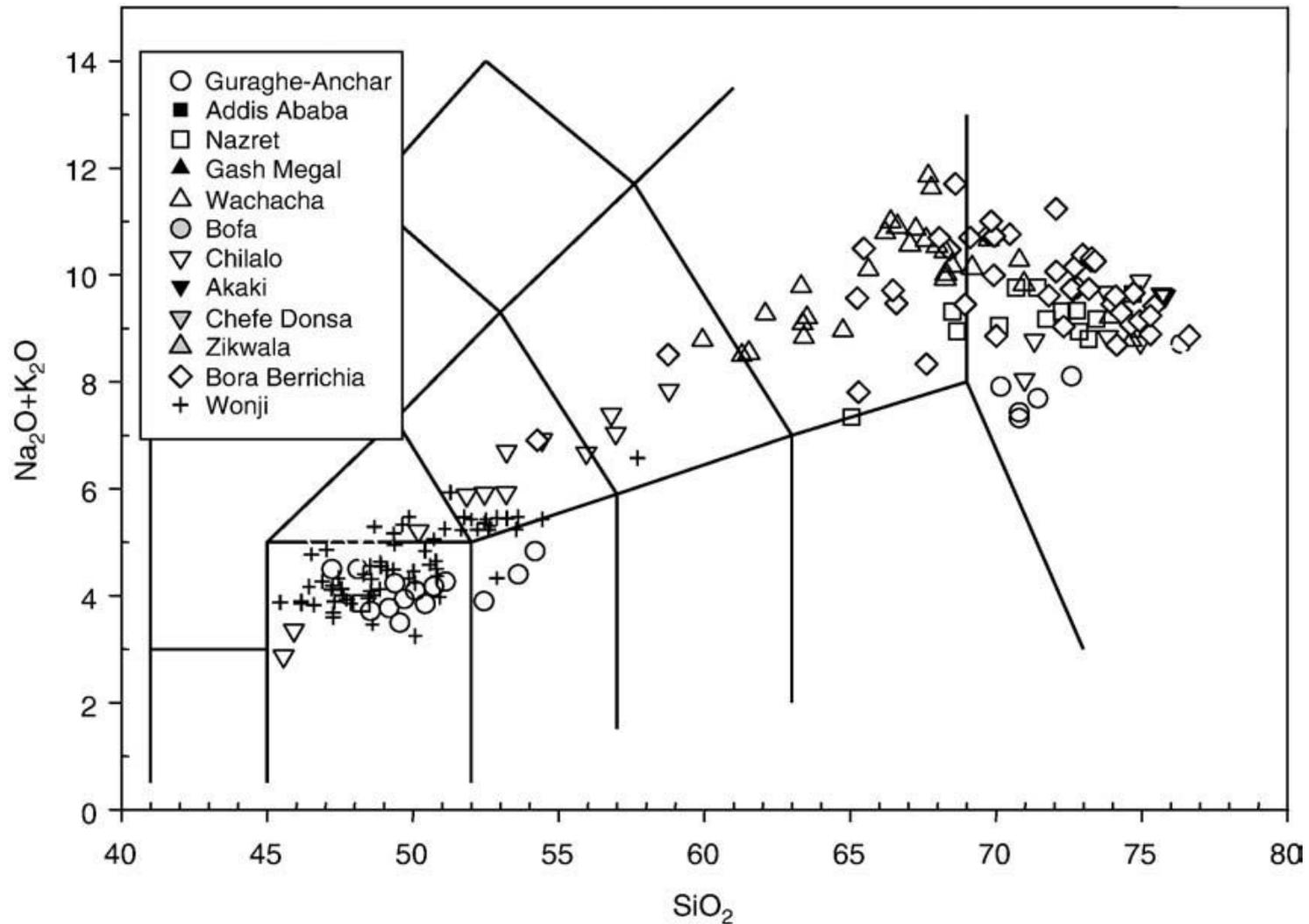


La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu

Красное море и ЮЗ Аравийской плиты



Химический состав магматических пород Главного рифта Эфиопии (Abebe et al., 2005; Corti, 2009)



Geological map the Oslo Graben

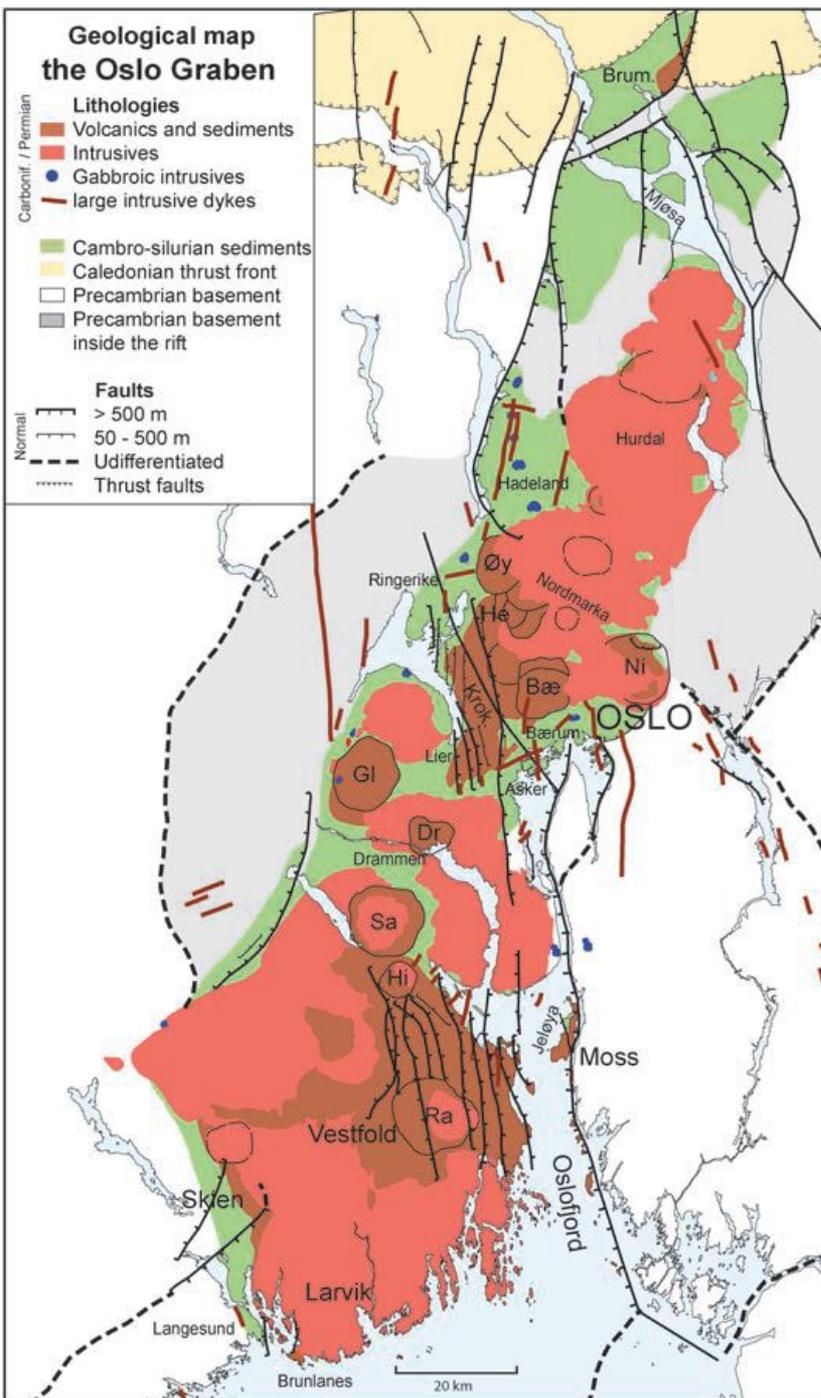
Lithologies

- Volcanics and sediments
- Intrusives
- Gabbroic intrusives
- large intrusive dykes

- Cambro-silurian sediments
- Caledonian thrust front
- Precambrian basement
- Precambrian basement inside the rift

Faults

- > 500 m
- 50 - 500 m
- Udifferiated
- Thrust faults



Магматическая эволюция рифта Осло (Larsen et al., 2008)

265-255 млн лет: батолиты щелочных гранитов и сиенитов

265-266 млн лет: интрузии щелочных габбро и гранитных батолитов

276 млн лет: «ромбические порфириды»

288-285 млн лет: Оливиновые базальты (вулканы центрального типа, кальдеры диаметром до 12 км, возможно до 36 км) с дифференциатами вплоть до щелочных риолитов

300-290 млн лет: «ромбические порфириды» умеренно щелочные породы среднего состава, до 1500 м. Завершает стадию внедрение сиенитов (лаврикиты)

300-290 млн лет: недосыщенные кремнеземом щелочные базальты, до 800 м

Схема строения осадочного комплекса рифта Керио, Кения, восточная Африка

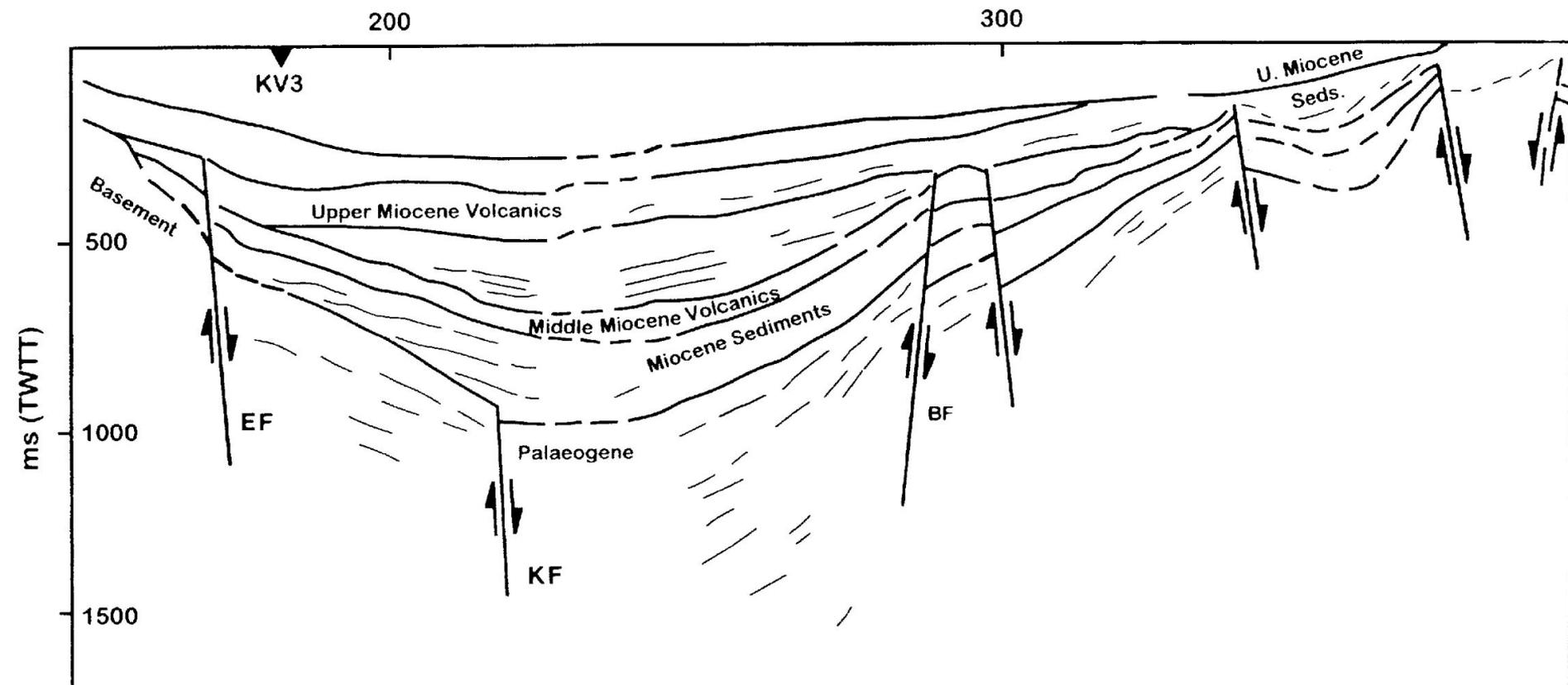
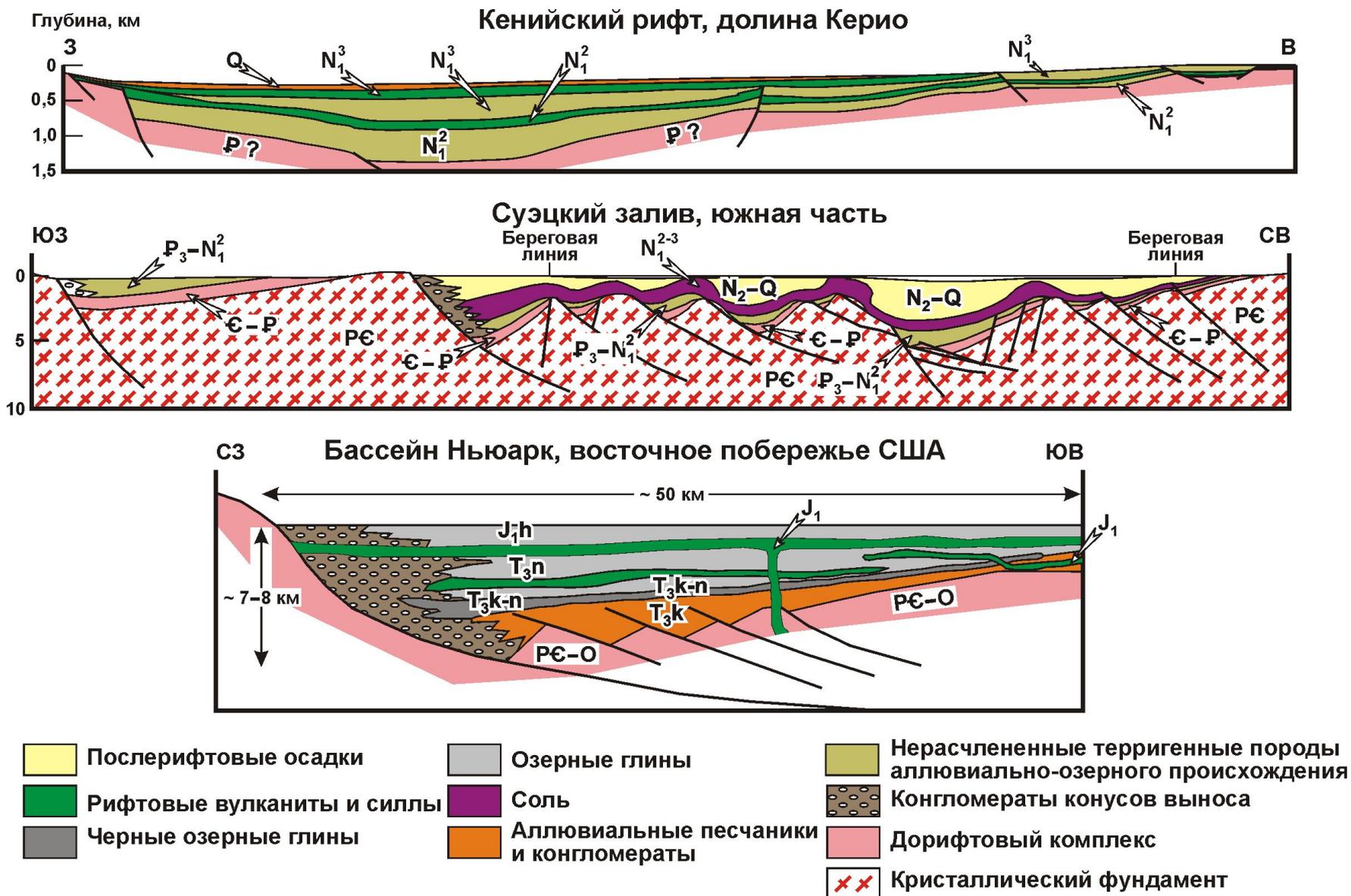
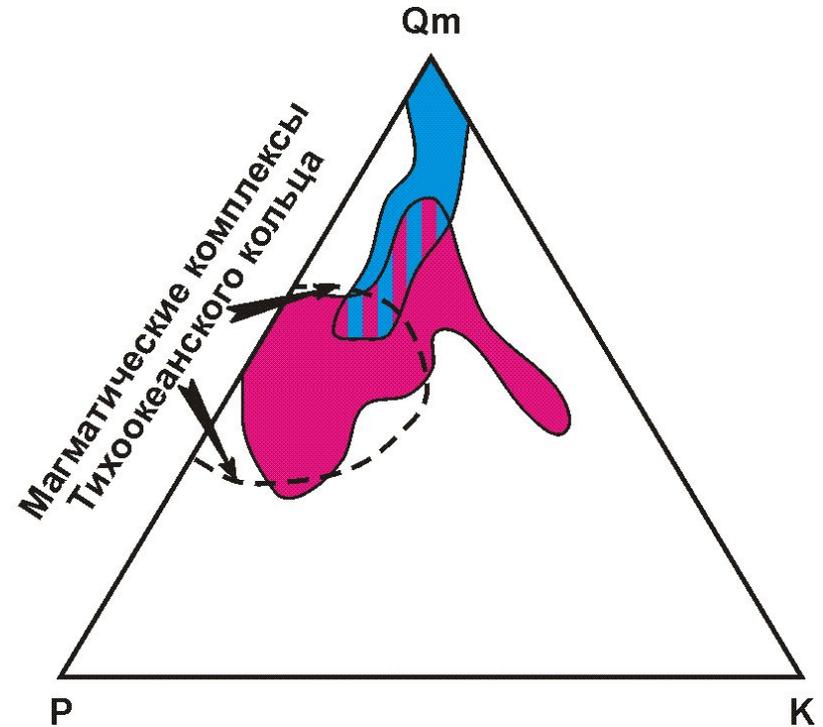
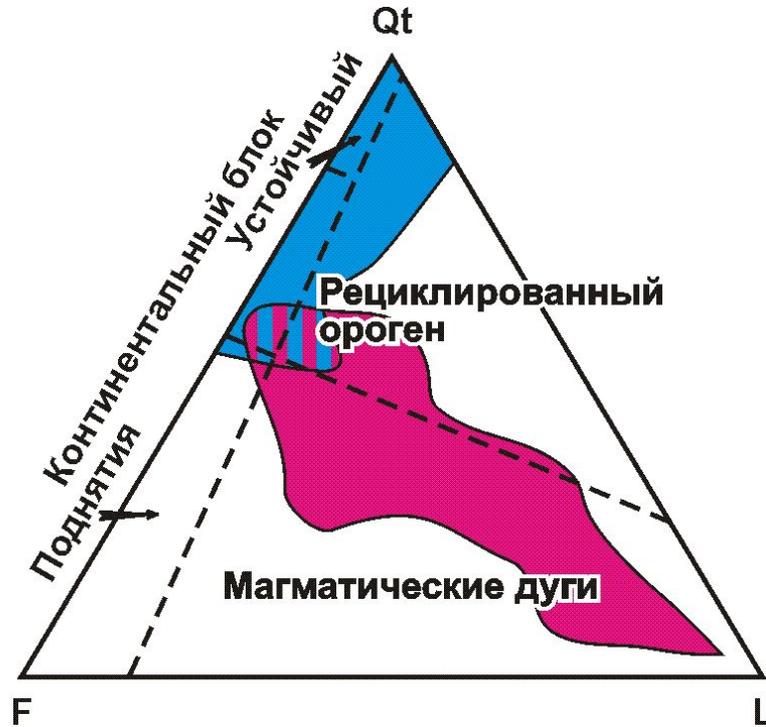


Схема строения осадочных комплексов современных и мезозойских рифтов (Mugisha et al., 1997, Bosworth, McClay, 2001, The Atlantic continental margin, 1988).



Состав обломочной фракции песчаников, накапливающихся на окраине современного рифта Красного моря и Аденского залива (по Garzanti et al., 2001)



 Невулканическое побережье Красного моря и Аденского залива

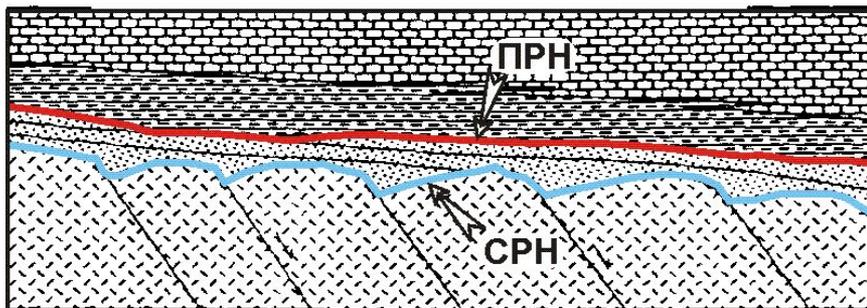
 Вулканическое побережье Красного моря и Аденского залива

Qt – кварц, Qm – кварц монокристаллический, F – полевые шпаты, K – калиевые полевые шпаты, P – плагиоклазы, L – обломки пород (кроме карбонатных).

Схематические разрезы через окраины рифтовых бассейнов, иллюстрирующие роль тектонического и климатического контроля процессов осадконакопления (по Vose, 1998)

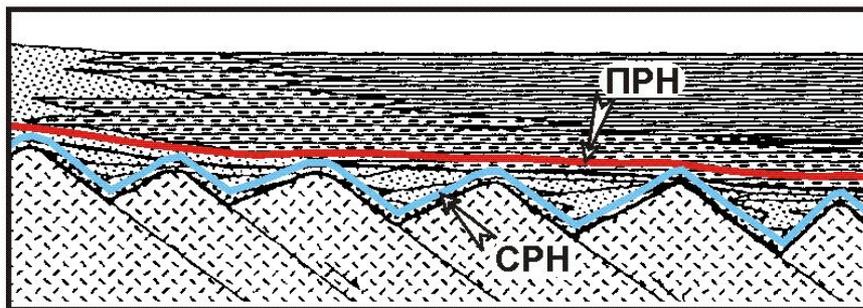
Тектонический контроль

Растяжение / прогибание < осадконакопление

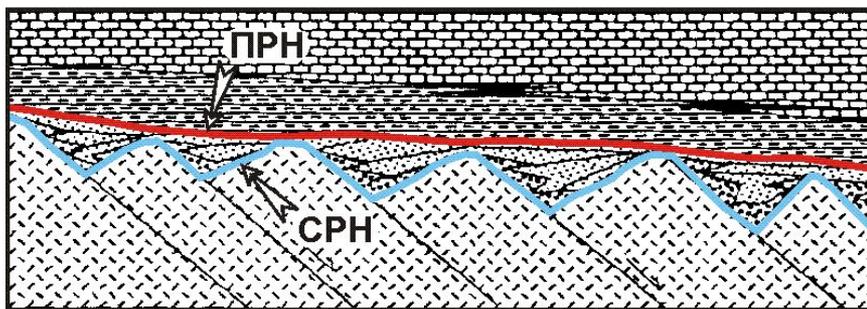


Климатический контроль

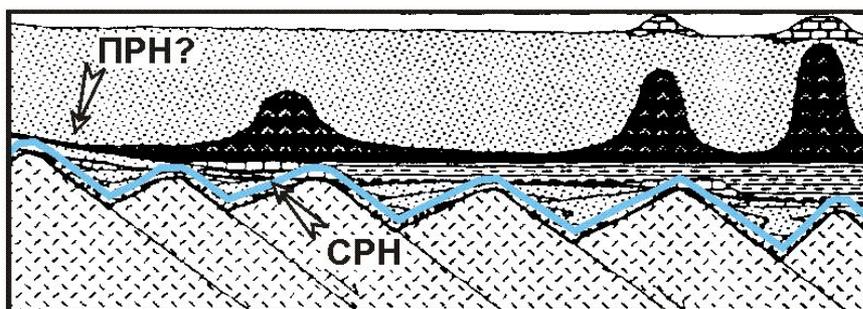
Умеренный климат



Растяжение / прогибание > осадконакопление



Аридный климат

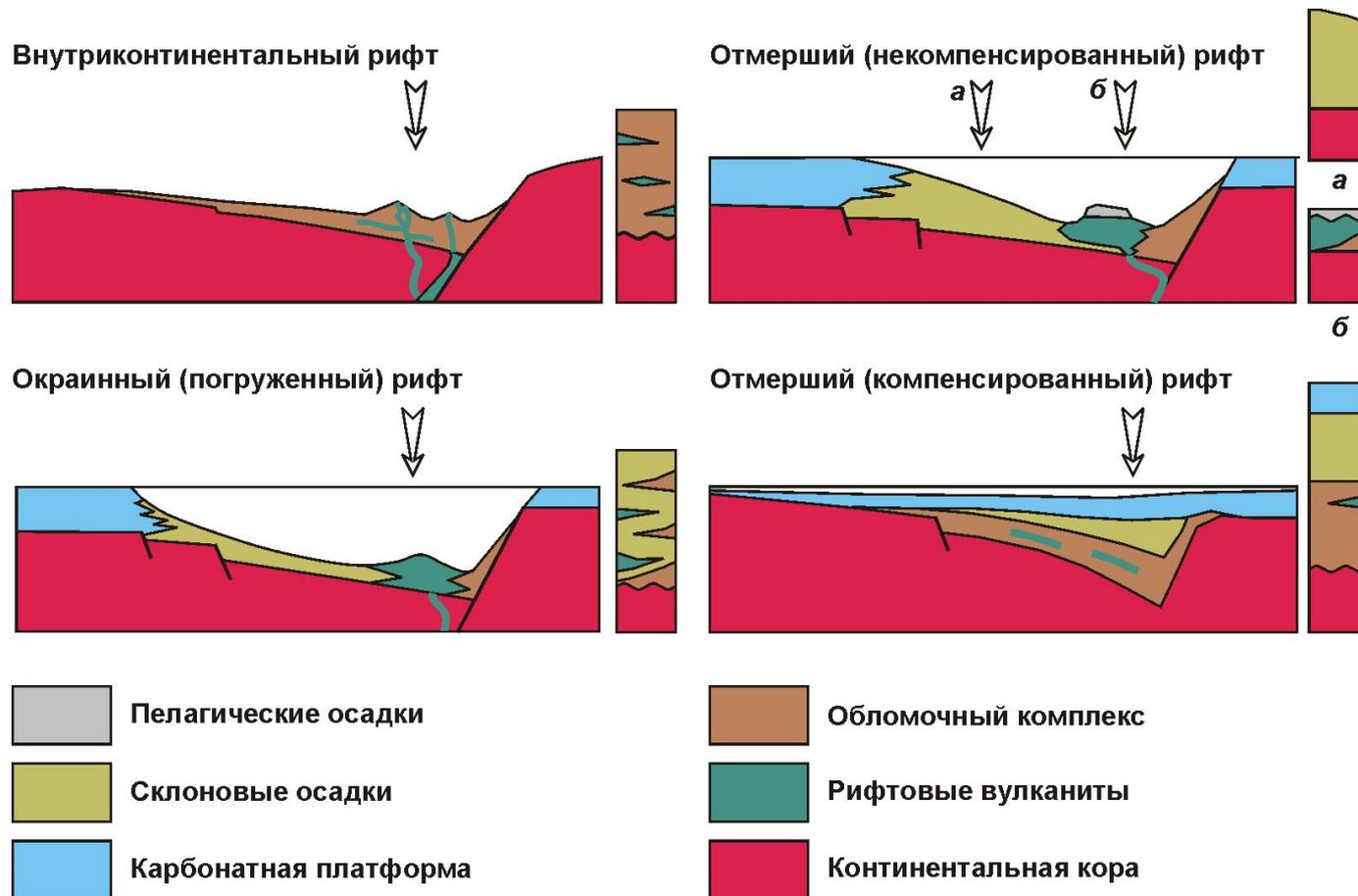


ПРН – пострифтовое несогласие (несогласие растяжения), СРН – синрифтовое несогласие.

Индикационные ряды осадочных формаций зрелых континентальных рифтов (Романовский, 1998)

Стадия рифтогенеза	Обстановки осадконакопления	Индикационные ряды осадочных формаций	
		Гумидные	Аридные
Дорифтовая (региональное воздымание)	Преобладает эрозия. Небольшие озера и реки	Кора выветривания. Эвапориты. Терригенные угленосные, карбонатно-терригенные, известняково-глинистые формации	Кора выветривания. Терригенные красноцветы, гипсоносная формация с доломитами, ангидритами, солями
Начальный рифтогенез	Флювиальная, озерно-болотная, лагунная	Терригенные песчано-глинистые толщи, часто угленосные; карбонатно-терригенно-угленосная формация	Терригенные красноцветы, сульфатно-карбонатный ряд формаций с эвапоритами
Ранняя провальная (медленное погружение)	Флювиальная, пролювиальная лагунно-эвапоритовая	Угленосная формация, терригенные аллювиальные конуса выноса, прибрежно-морские терригенно-карбонатные	Красноцветы, алевролитопесчаниково-конгломератовая красноцветная; гипсоносная с пачками доломитов, ангидритов, солей
Интенсивная провальная (быстрое погружение)	Глубоководная дельтово-суспензионная	Глубоководные аргиллиты, терригенная аллювиальная моласса (фангломераты), рифовая формация	Глубоководные аргиллиты, красноцветная моласса (фангломераты), рифовая формация
Пострифтовая (длительное погружение)	Флювиальная, лагунная	Терригенные алевролитопесчаниковые, карбонатно-терригенные формации	Карбонатная сульфатно-глинистая формация

Типовое строение осадочных комплексов рифтов (Robertson, 1994)



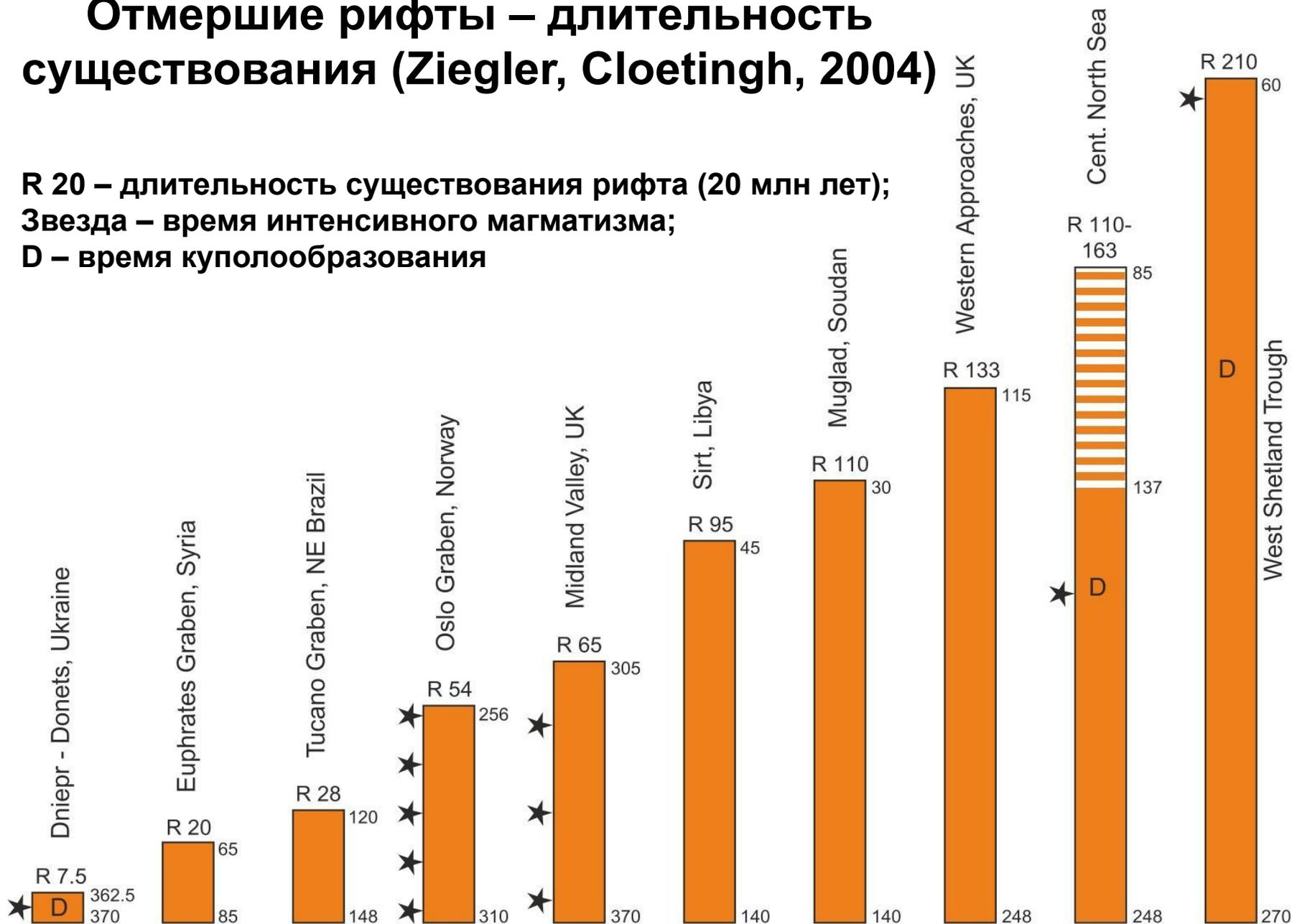
Колонки справа от каждого профиля характеризуют вертикальный разрез соответствующего рифта в месте, указанном стрелкой.

Отмершие рифты – длительность существования (Ziegler, Cloetingh, 2004)

R 20 – длительность существования рифта (20 млн лет);

Звезда – время интенсивного магматизма;

D – время куполообразования

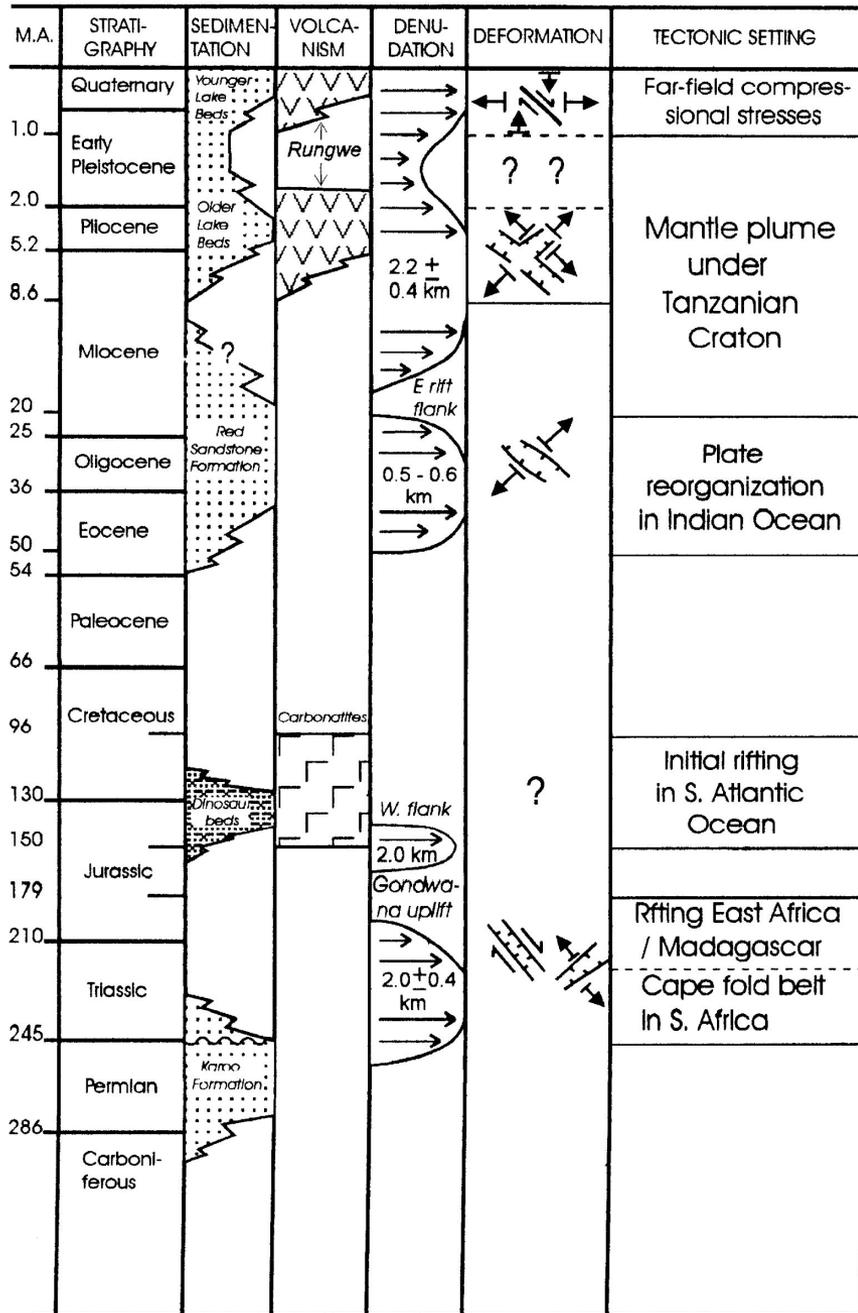


Континентальные рифты, преобразовавшиеся в океанические рифты – длительность существования (Ziegler, Cloetingh, 2004)

R 20 – длительность существования рифта (20 млн лет);
 Звезда – время интенсивного магматизма;
 D – время куполообразования;
 S – длительность спрединга



Эволюция рифтовой зоны Танганика – Руква – Малави (Delvaux, 2001)



**Многостадийное развитие
рифта бассейна Муглад,
центральная Африка, Судан
(McHargue et al. 1992)**