

Тектоностратиграфия

А.М. Никишин

Что такое тектоностратиграфия

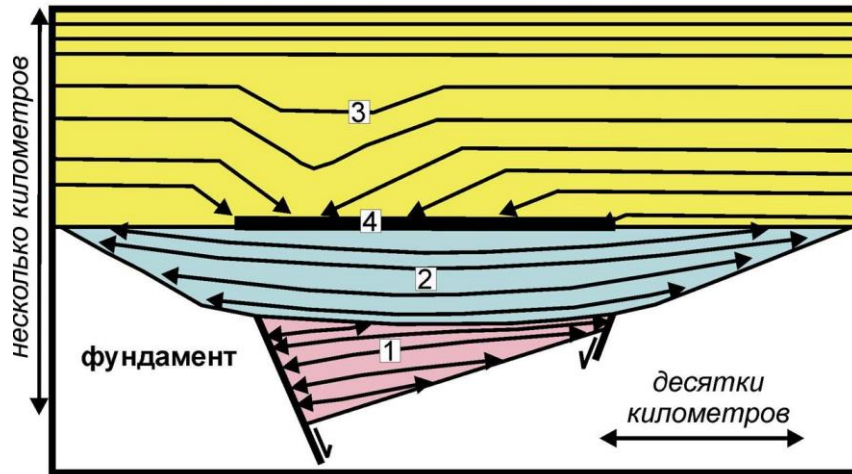
- Тектоностратиграфия – это выделение мегасеквинций и их интерпретация в терминах **тектонических обстановок** их формирования

Иерархия стратиграфических секвенций

Порядок	Продолжительность	Определяющие факторы
• 1 ^{ый} порядок	> 50 млн лет	Глобальные тектонические движения
• 2 ^{ой} порядок	3 – 50 млн лет	Тектоническое опускание и (или) тектонические изменения в масштабе литосферных плит
• 3 ^{ий} порядок	0.5 – 3 млн лет	Изменения в объеме аккомодации окраины бассейна (эвстатические секвенции и комплексы секвенций, выделяемые по методике Еххон) – в определенные периоды имеют ледниковый генезис.
• 4 ^{ый} порядок	0.1 – 0.5 млн лет	Комплексы парасеквенций – считается, что в некоторых частях разреза, где установлено влияние ледниковых процессов, эти комплексы связаны с гляциоэвстатизмом (плиоцен-плейстоцен, поздний карбон – ранняя пермь и ордовик). Парасеквенции, пачки, пласты

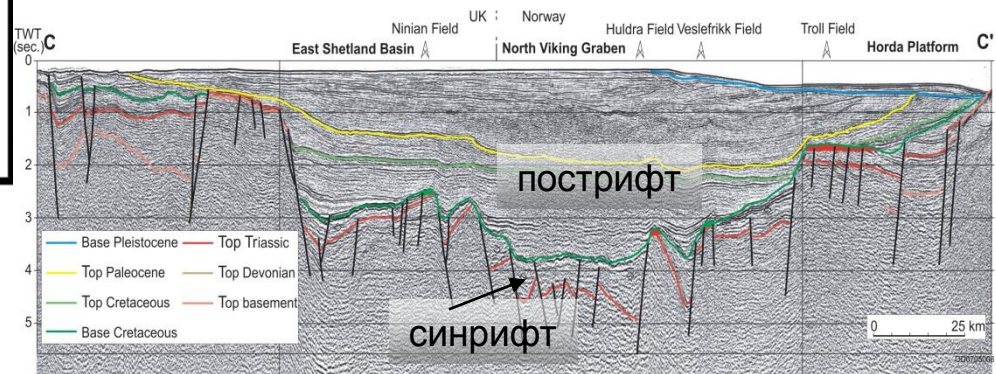
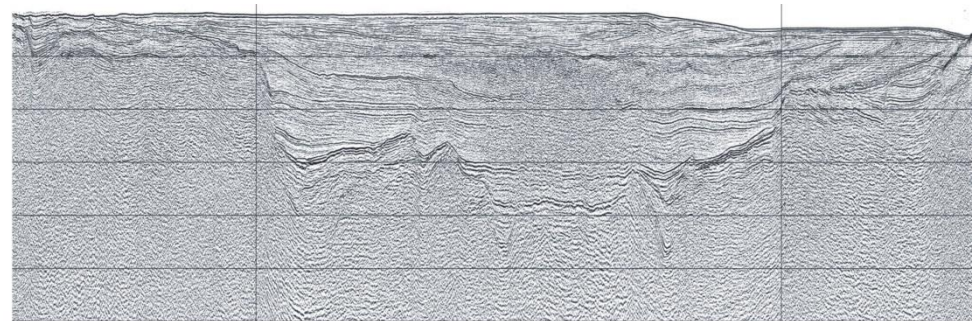
Мегасеквенции на сейсмических профилях – это тектоностратиграфические единицы

Мегасеквенции
(тектоностратиграфические единицы)



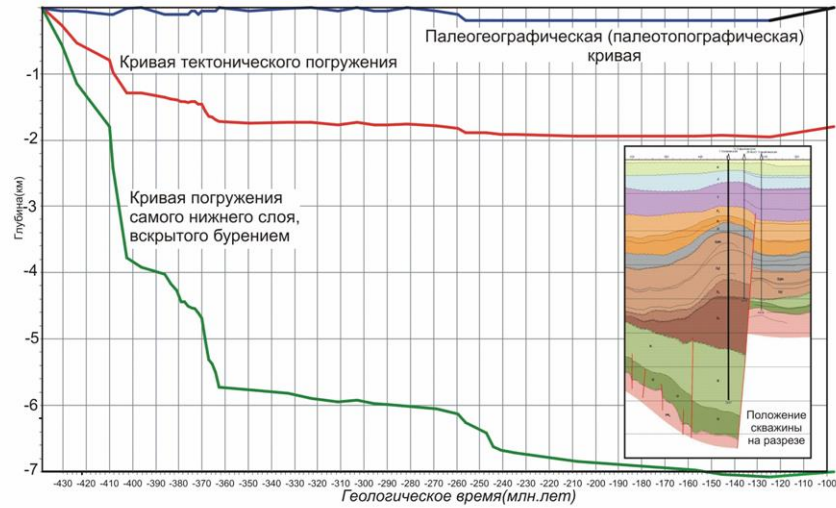
- 1 рифтовый комплекс,
- 2 пострифтовый комплекс,
- 3 комплекс краевого прогиба,
- 4 поверхность конденсированного разреза.

Северное море, грабен Викинг

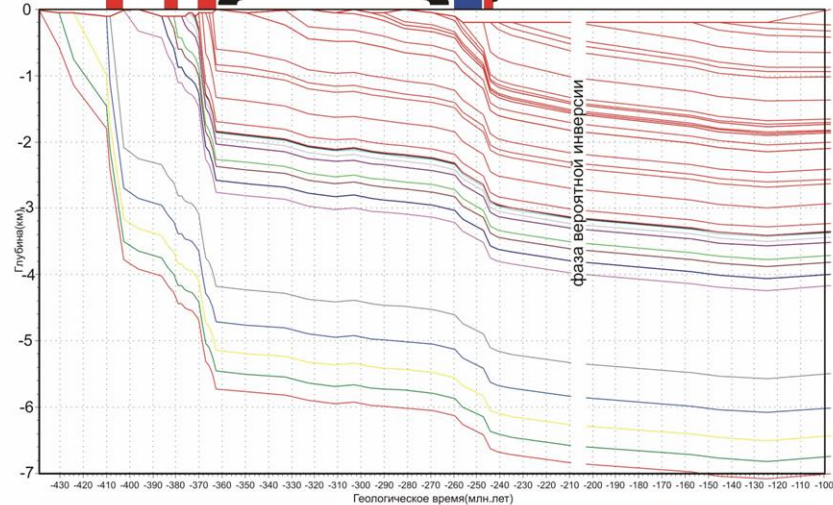


Построение кривых погружения помогает выделить тектоностратиграфические единицы

История погружения Тимано-Печорского бассейна, данные по Колвинской скважине



История погружения выделенных слоев фазы рифтинга, термальное погружение, погружение форландового бассейна, фаза растяжения(?)



ПАЛЕОЗОЙ										МЕЗОЗОЙ																					
СИПУР		ДЕВОН				КАРБОН				ПЕРМЬ		ТРИАС		ЮРА		МЕЛ		АБ													
Li	Wen	Lud	Prid	Lo	Pra	Fr	Fl	Fm	To	Va	Sr	Sp	Bl	Mo	Ro	Co	Sc	AS	Sa	Ar	Per	Tri	Nor	Car	Nor	Jur	Ton	Mel	AB		

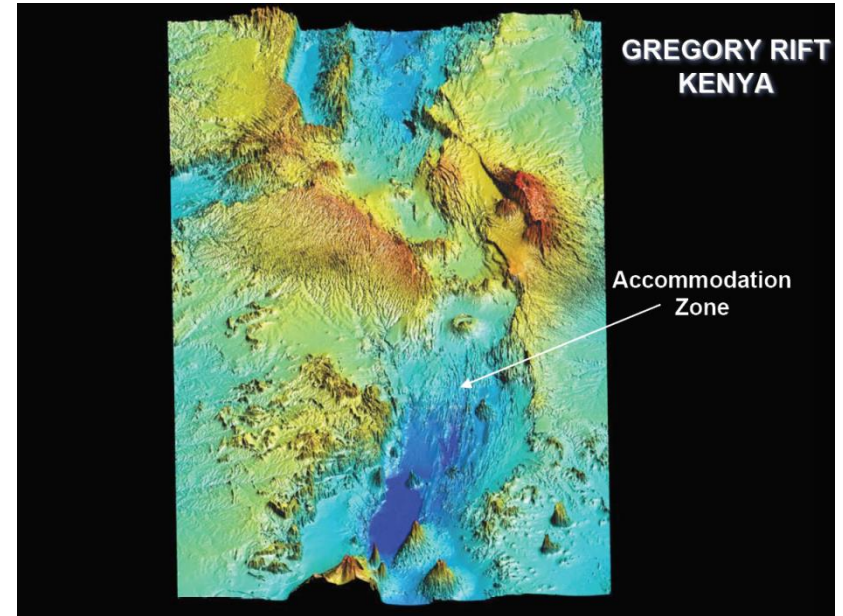
Типы осадочных бассейнов
по тектоническим
обстановкам формирования
и по мегасеквенциям
(или сейсмокомплексам)

Рифтовые бассейны

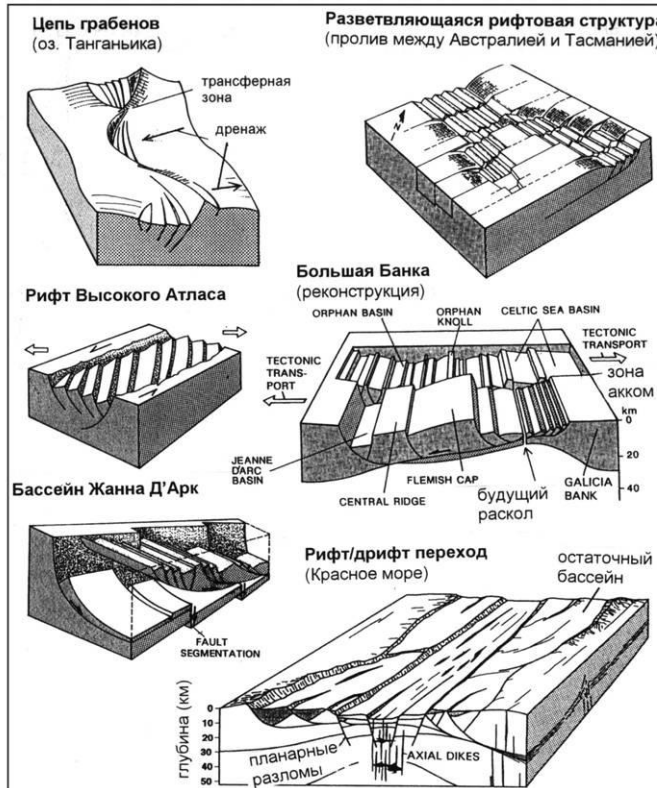
Идеализированная
схема строения
рифтового
бассейна



Современный Кенийский рифт
В Восточной Африке, топография

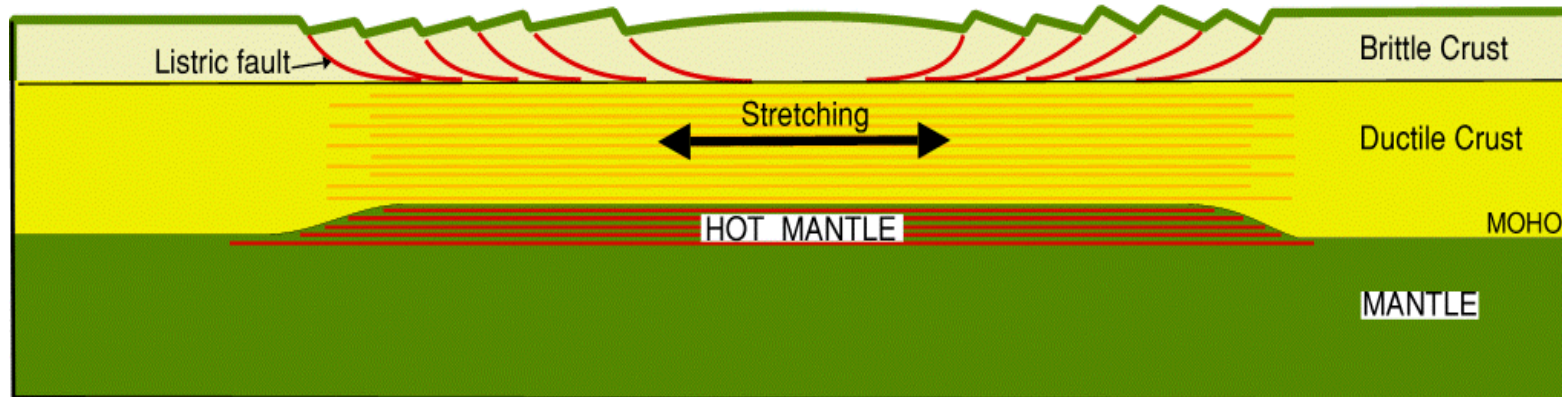


Примеры структуры континентальных рифтовых зон (Einsele, 2000)

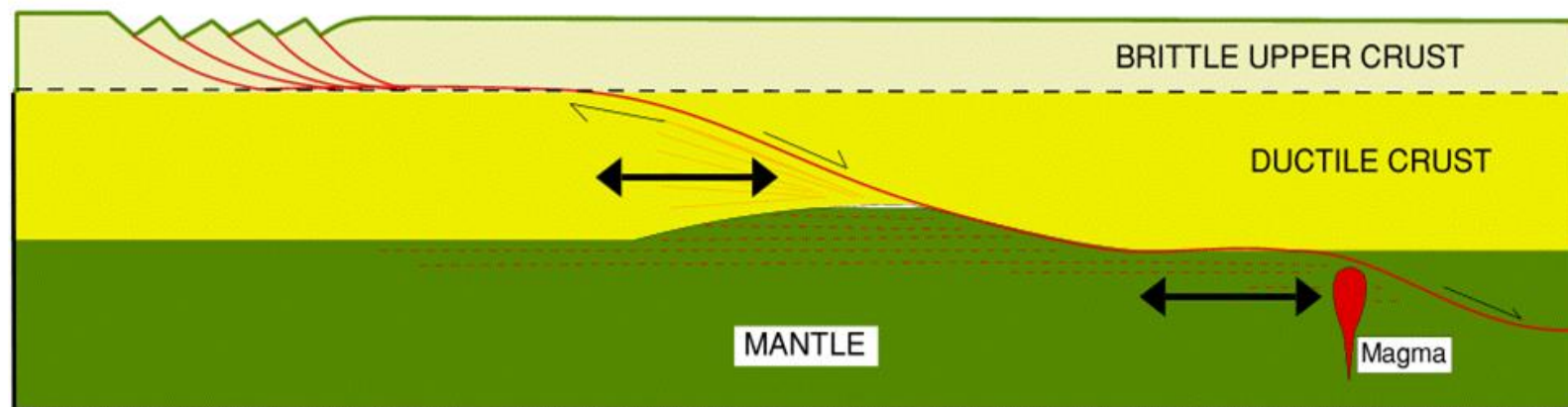
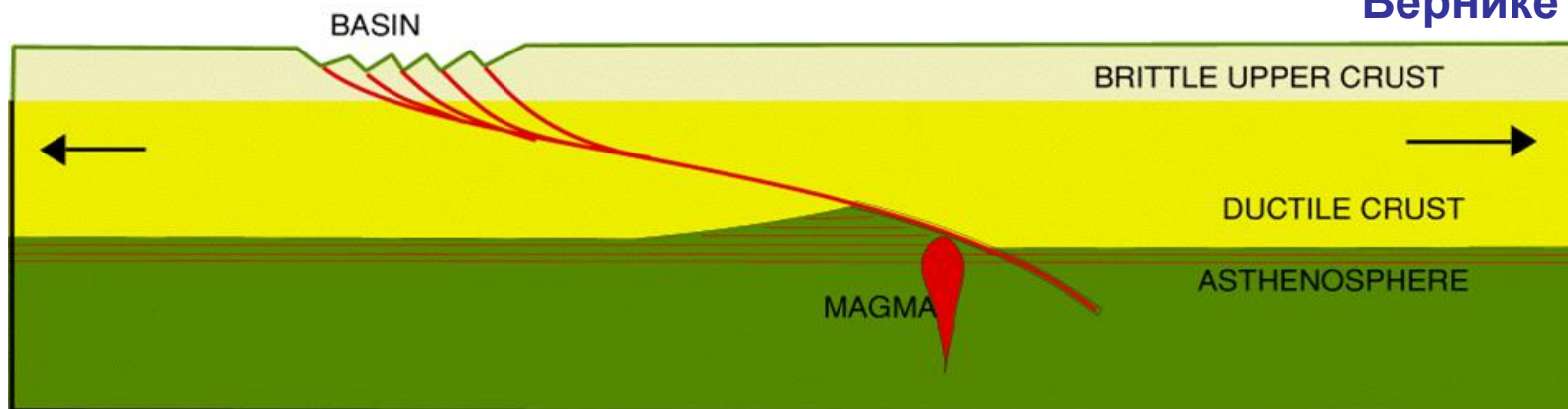


Модели рифтинга по характеру деформаций

Маккензи

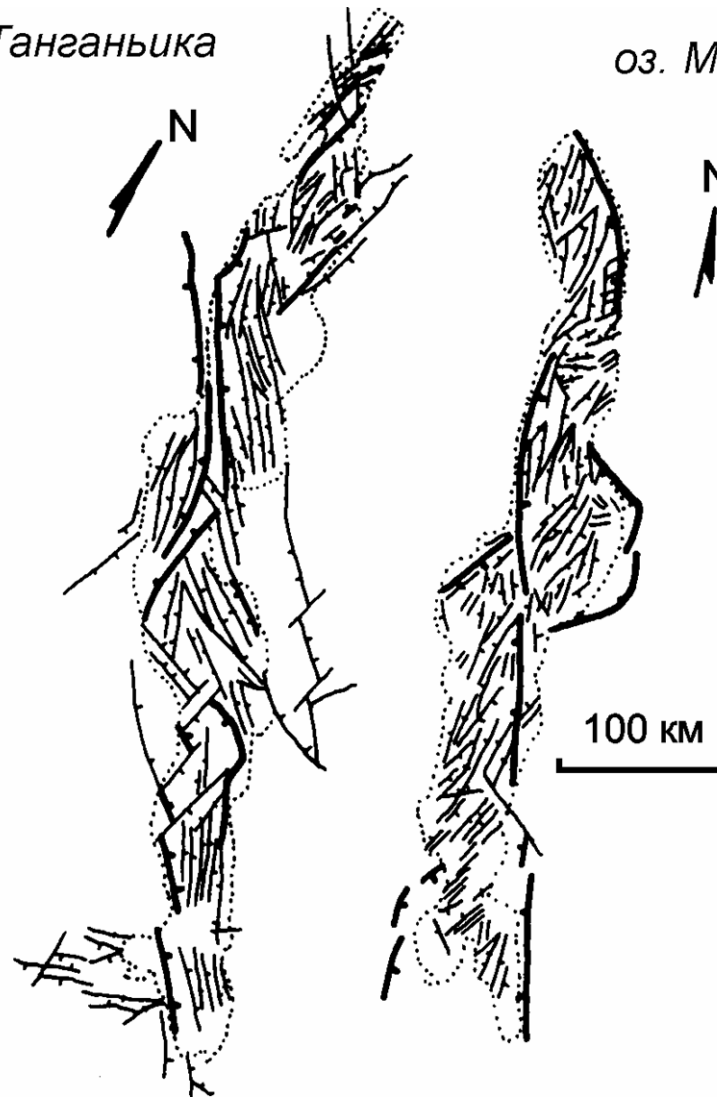


Вернике

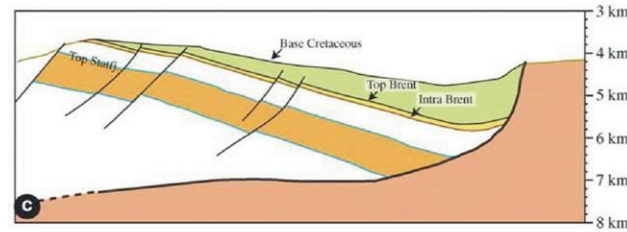
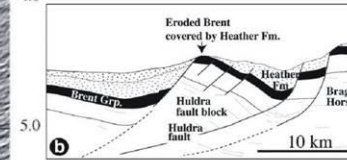
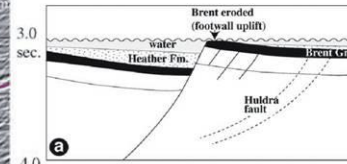
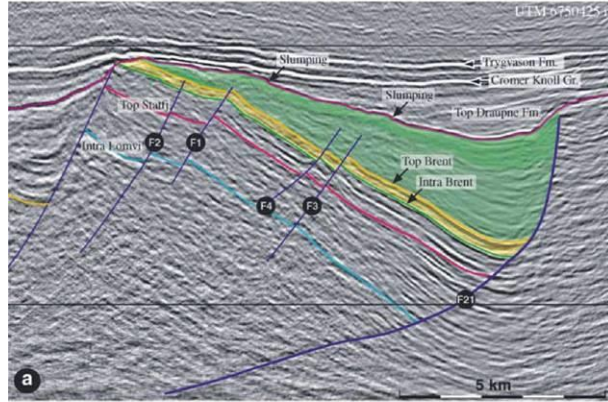
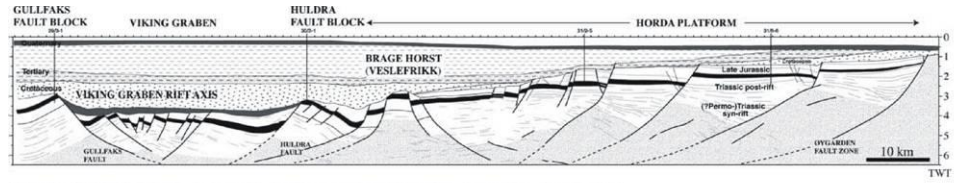


оз. Танганьика

оз. Малави

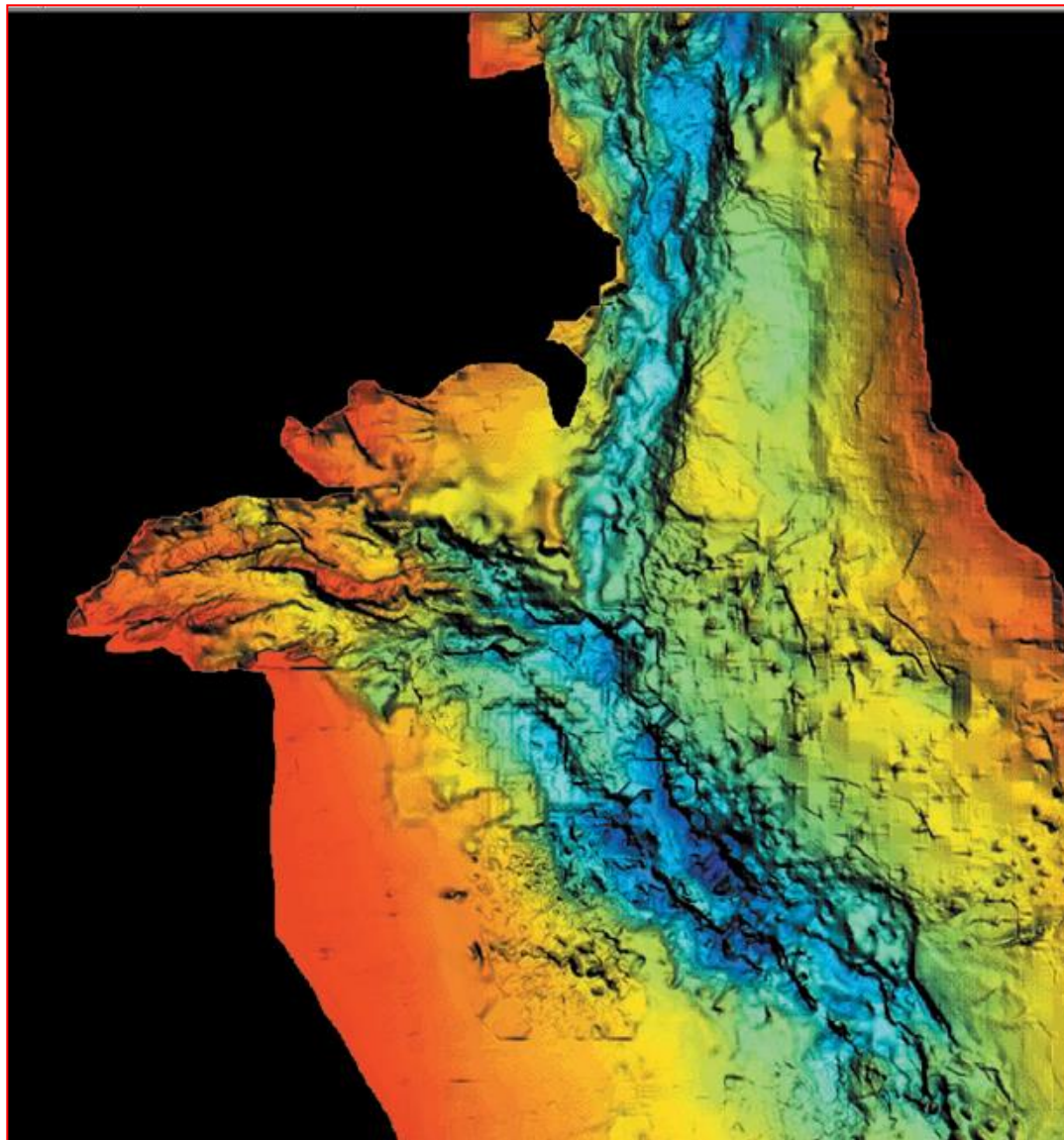


Детальные карты разломов рифтовых озер Танганьика и Малави, составленные по данным многоканального сейсмического профилирования. Жирными линиями показаны основные разломы (Versfelt, Rosenndahl, 1989).



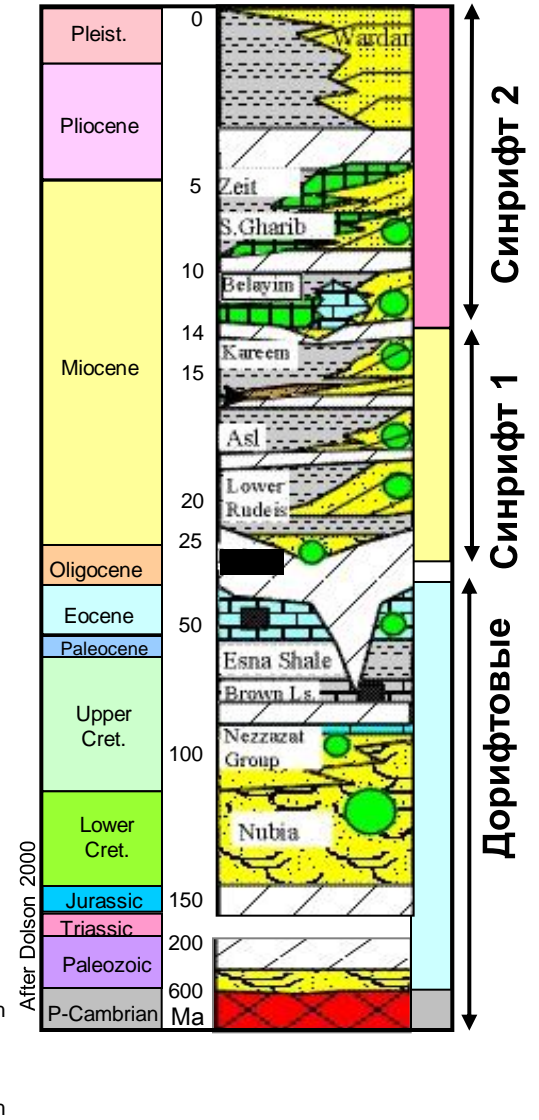
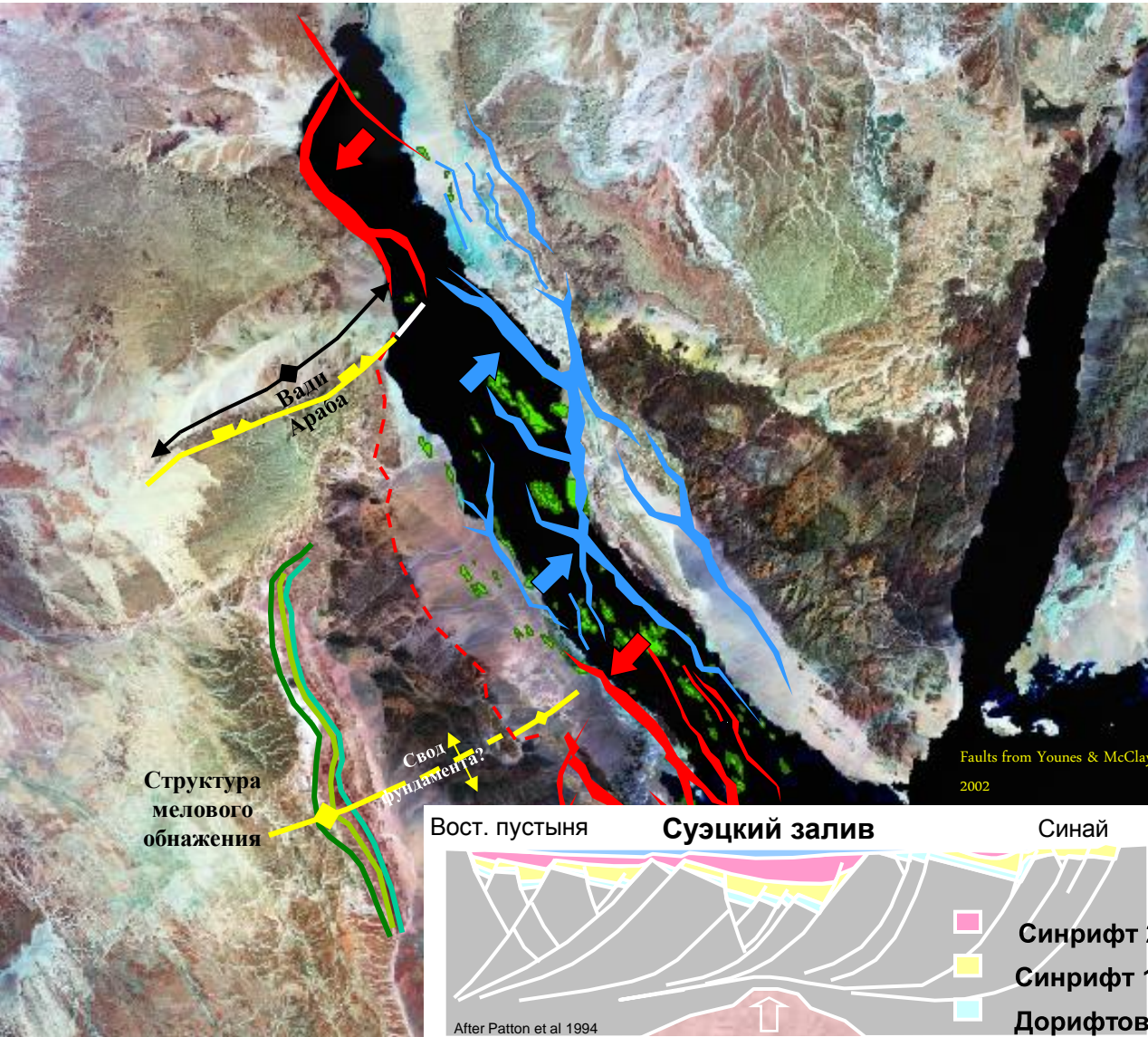
Северное море

Кровля
юрских
отложений по
двойному
времени
пробега (TWT)



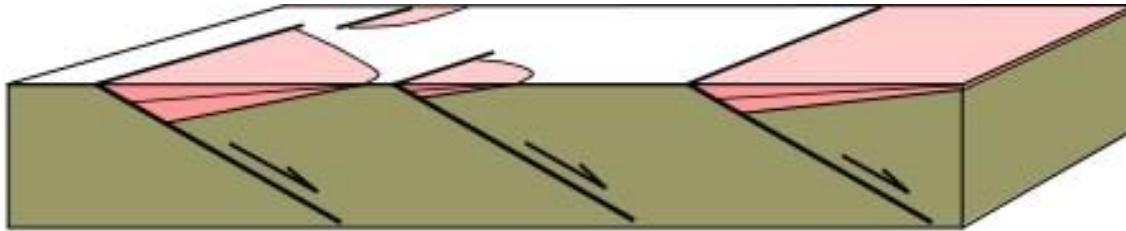
Составное 3D
изображение

Ассиметрия в районе Суэцкого залива

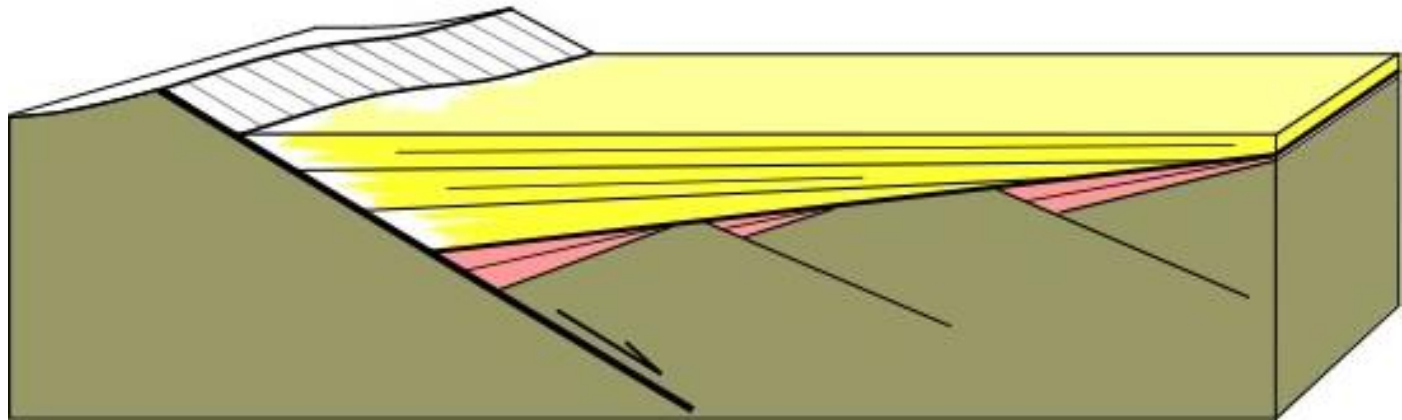


Рифтовые бассейны

- Геометрия растяжения на раннем этапе – короткие сегменты разлома

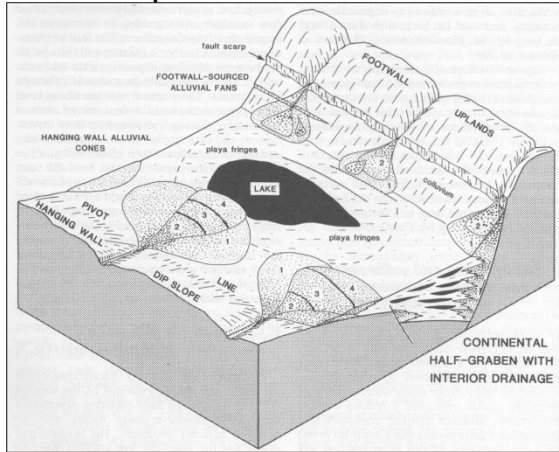


- Зрелая геометрия растяжения – сегменты разлома большей длины

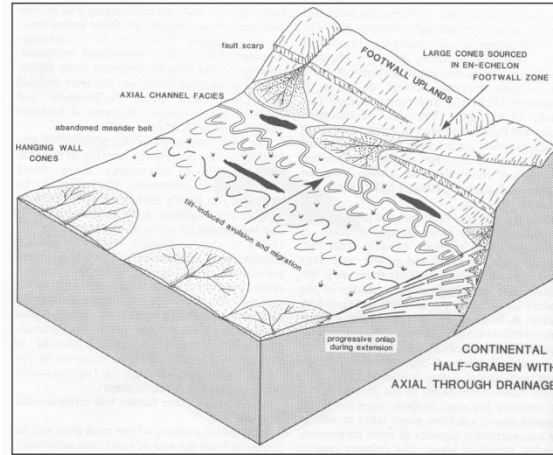


Седиментация в рифтовых бассейнах

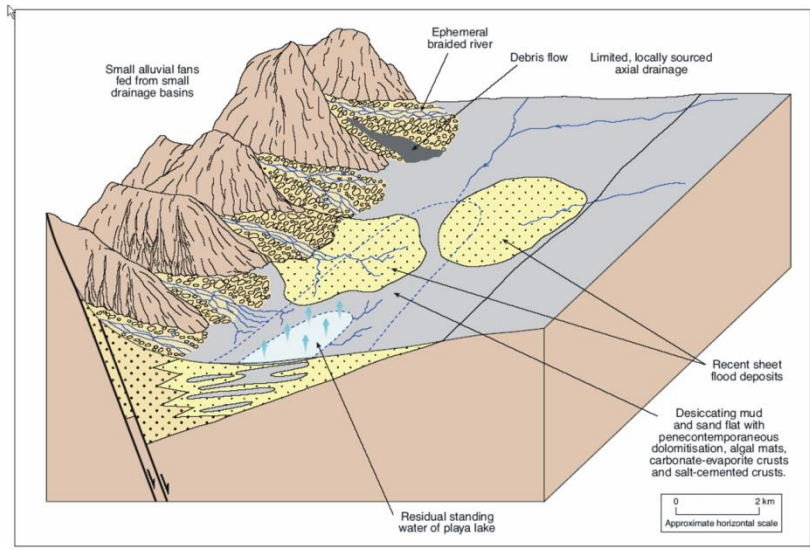
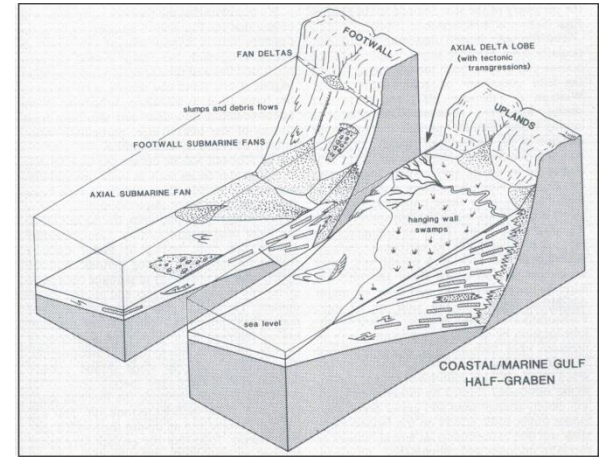
Озерная система



Речная система



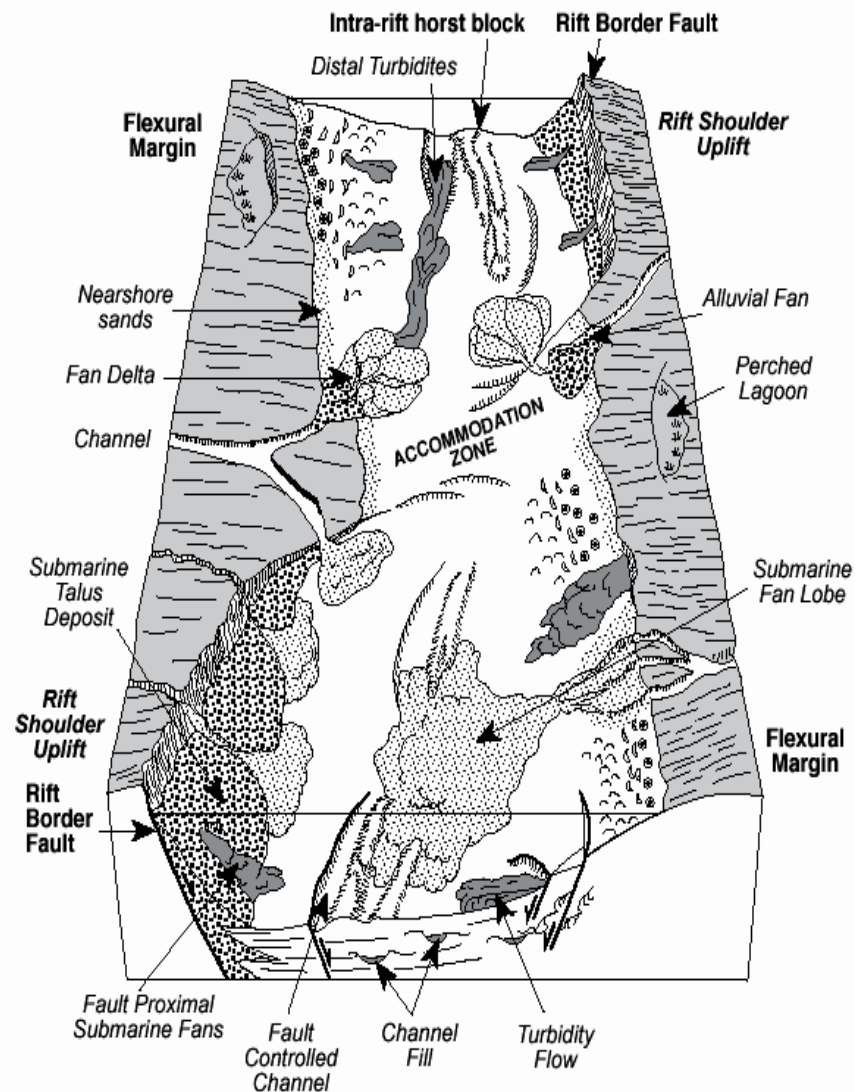
Морской залив система

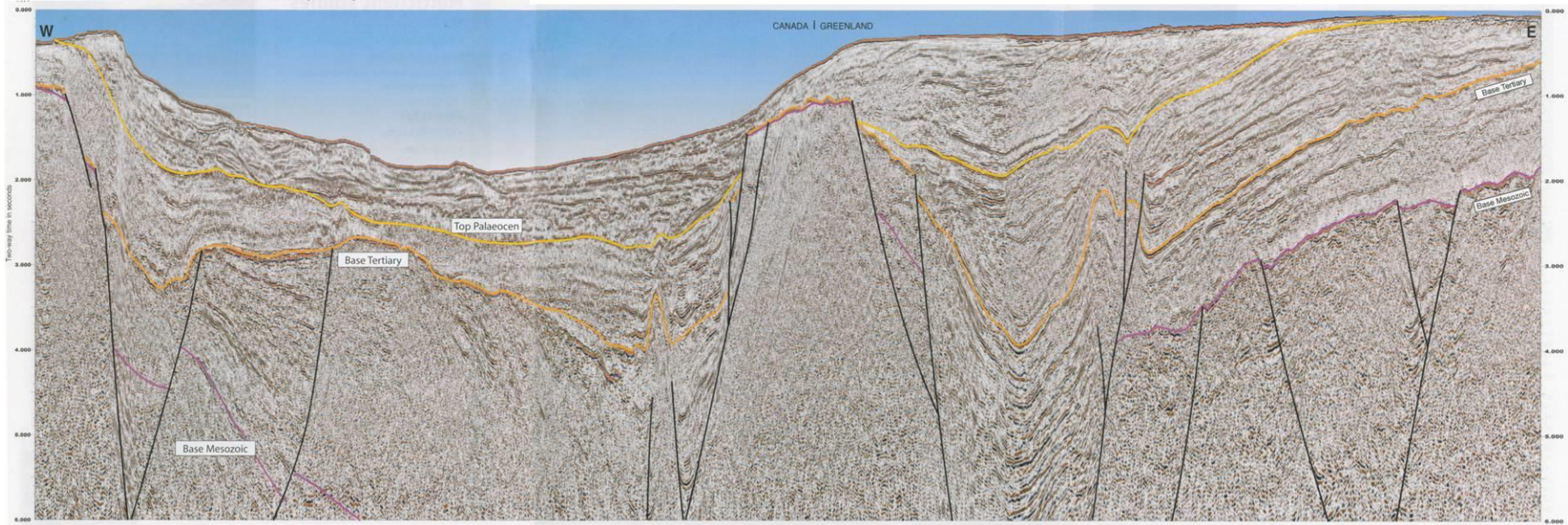
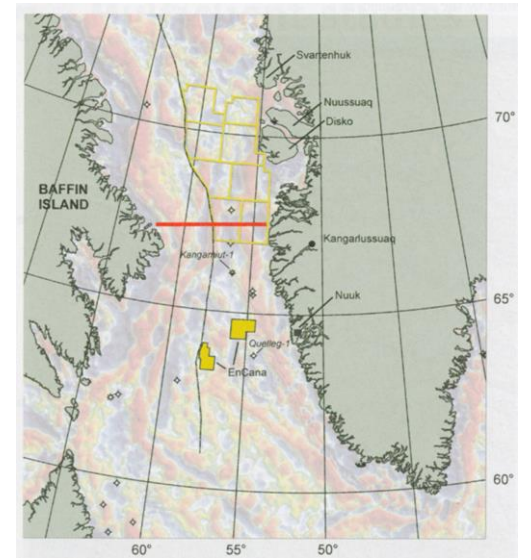


(Leeder, Gawthorpe, 2002).

Осадочные системы в рифтах

- Зоны сочленения формируют относительные возвышения во время развития бассейна, что может к образованию областей, с отсутствием син-рифтовых коллекторов.
- Трасляционные рампы потенциально могут служить каналами доставки осадков в развивающийся бассейн.
 - По мере разрыва рампы или воздымания и реорганизации блоков, каналы доставки осадков могут значительно измениться.
 - Изменение направлений рассеивания осадков и покидание ранее существовавших депоцентров.

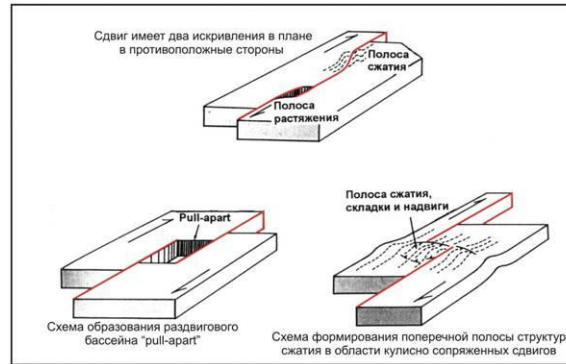




Присдвиговые и трансензионные бассейны

ПРИСДВИГОВЫЕ ОСАДОЧНЫЕ БАССЕЙНЫ

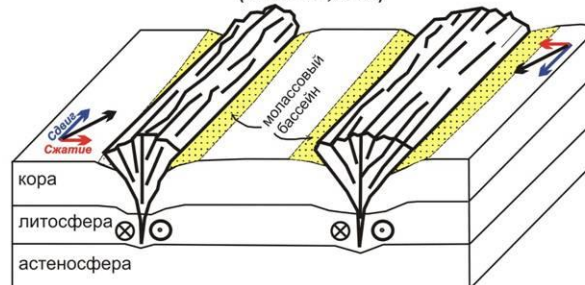
ПРИСДВИГОВЫЕ ЗОНЫ РАСТЯЖЕНИЯ И СЖАТИЯ



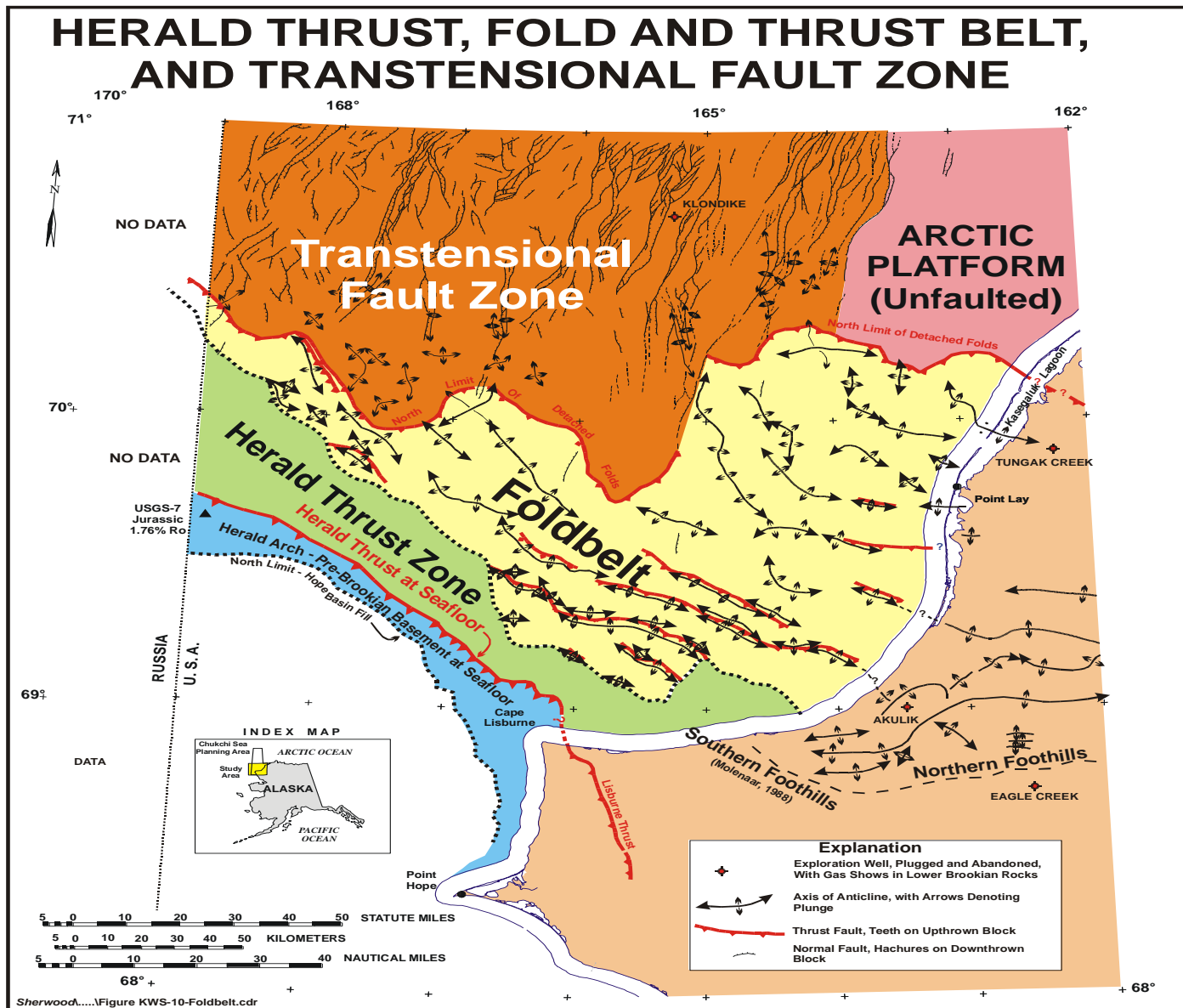
ПРИСДВИГОВЫЕ БАССЕЙНЫ РАСТЯЖЕНИЯ (Eisele, 2000)



СХЕМА ОБРАЗОВАНИЯ ГОР И ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ В ОБСТАНОВКЕ ТРАНСПРЕССИИ (СДВИГОСЖАТИЯ) (Никишин, 2002)

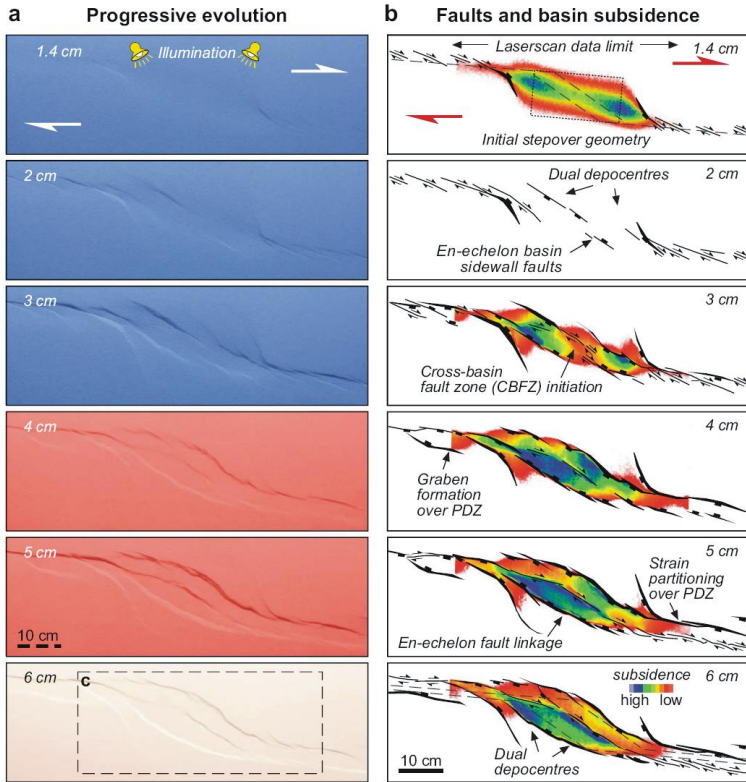


Транстенционные бассейны

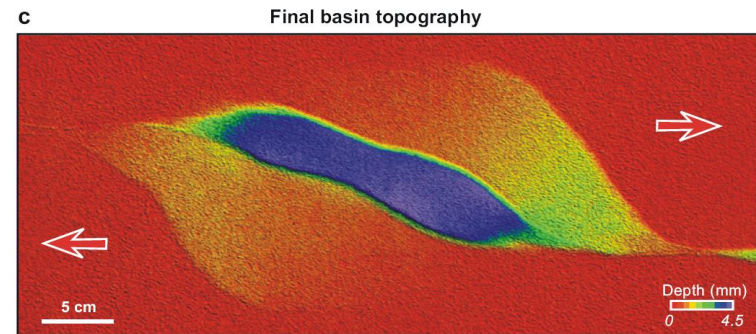
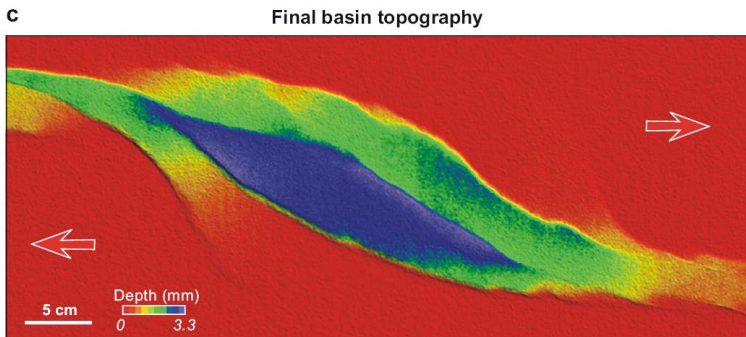
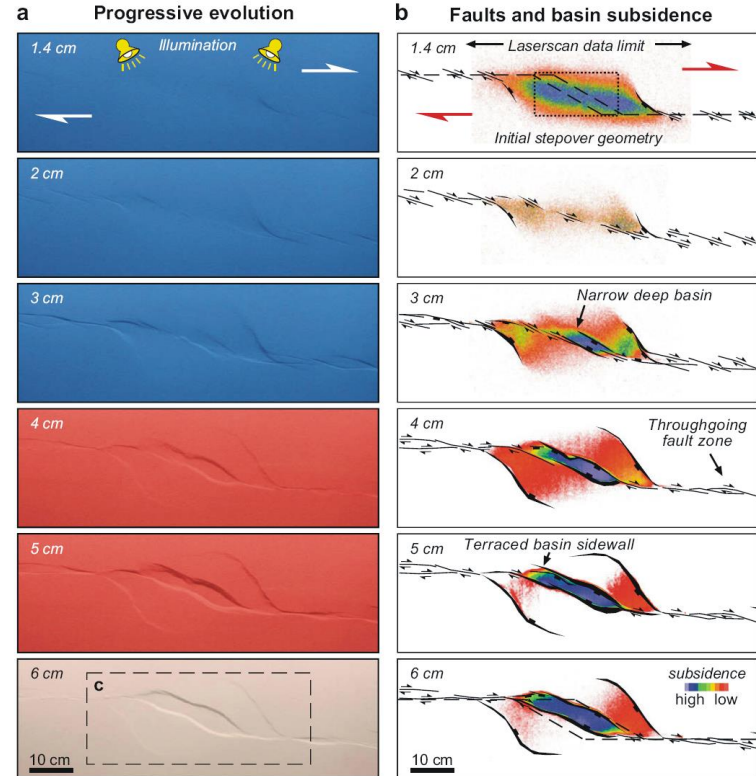


Сдвиг с растяжением (транстенсионные бассейны)

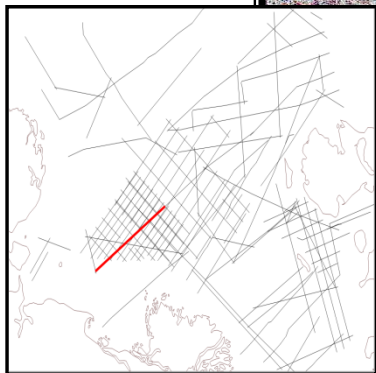
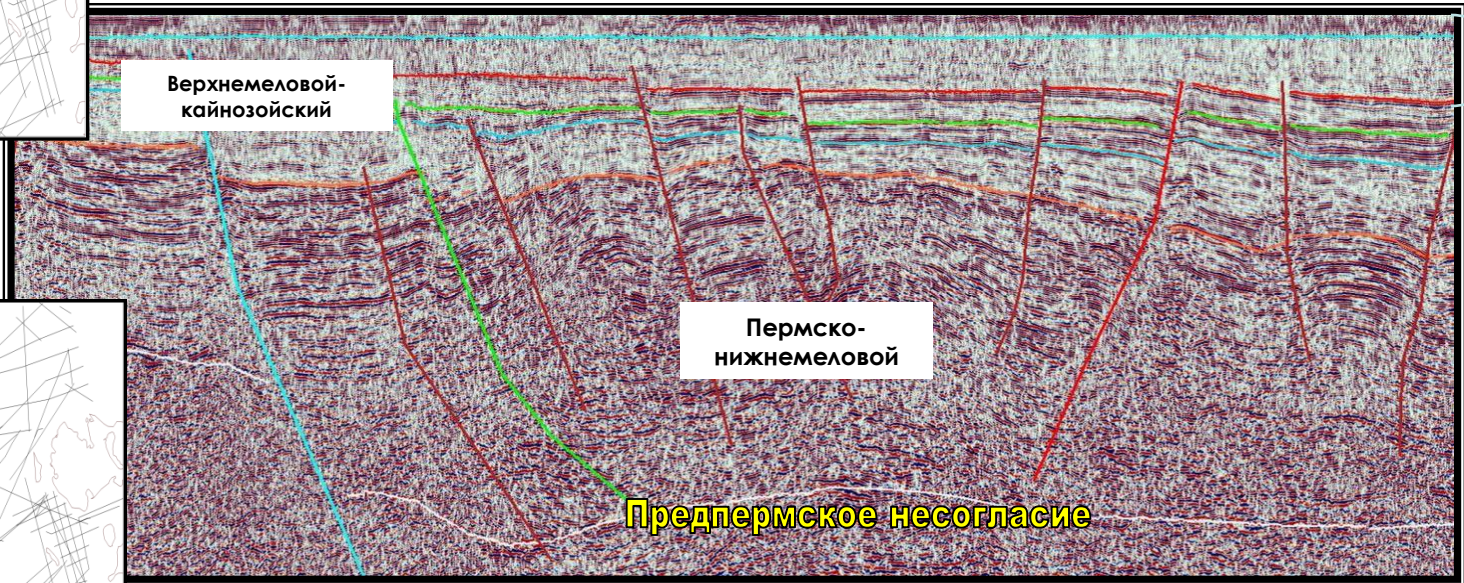
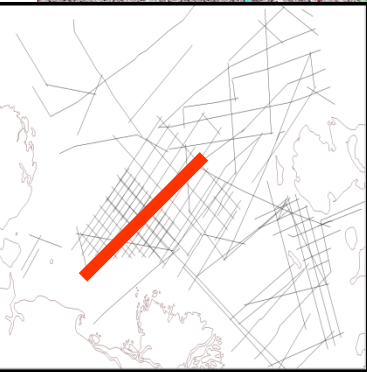
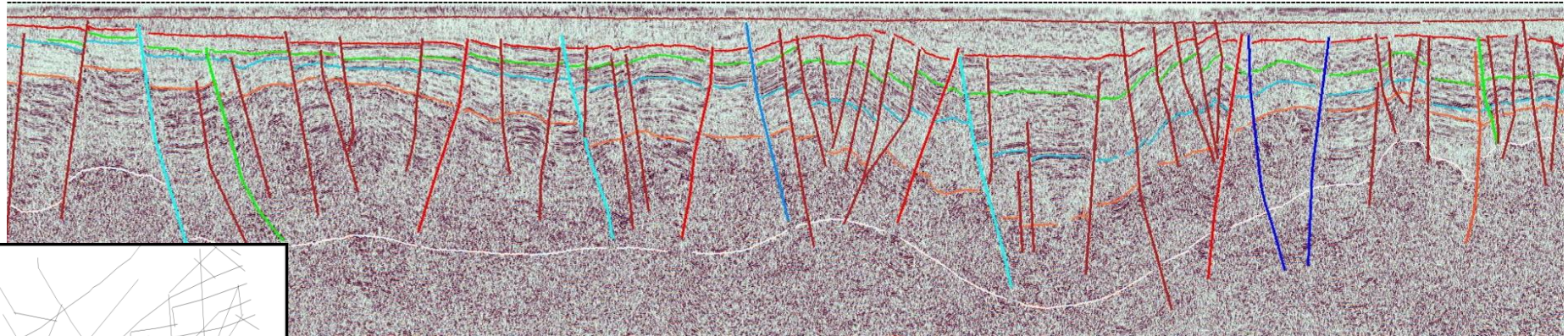
J.E. Wu et al. / Marine and Petroleum Geology 26 (2009) 1608–1623



Чистый сдвиг Бассейны pull-apart



Тектоника Лаптевоморского бассейна



Посттрифовый комплекс (N2-Q)
Синрифовый комплекс (K2-N2)
Перикратонный комплекс (P-K1)

Пострифтовые бассейны

Схема строения пострифтового бассейна

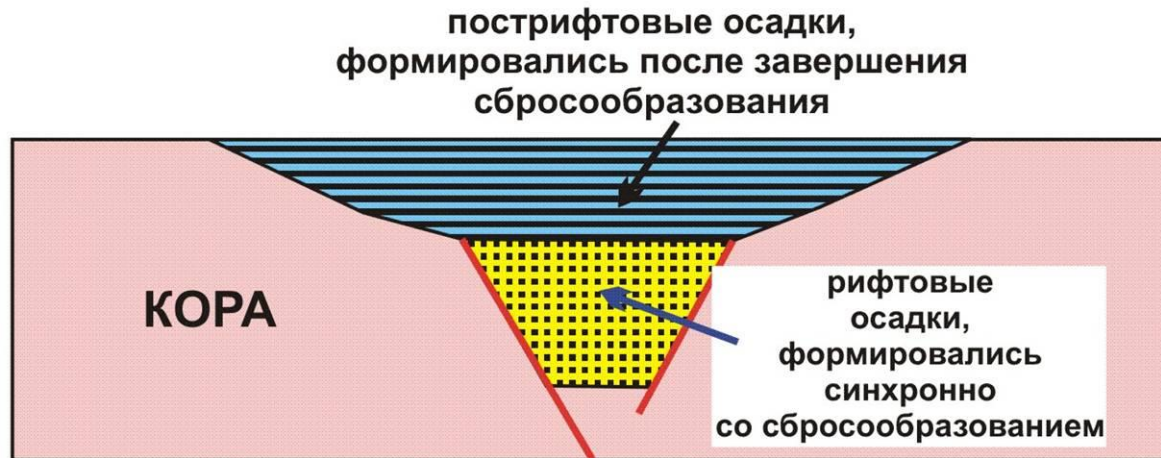
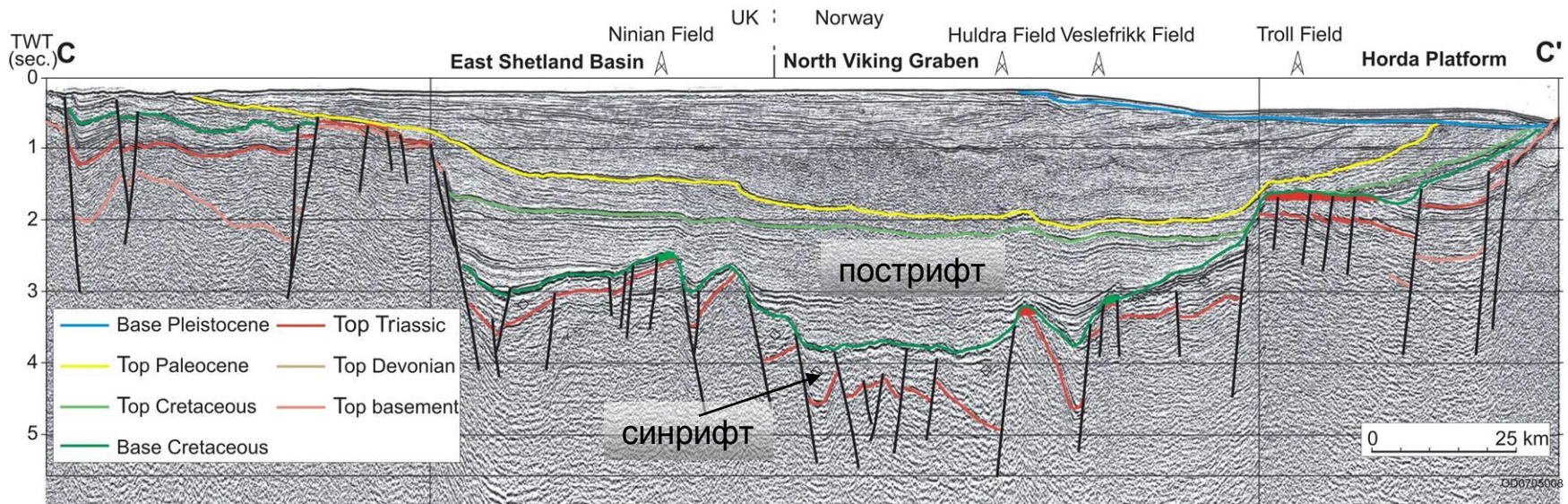
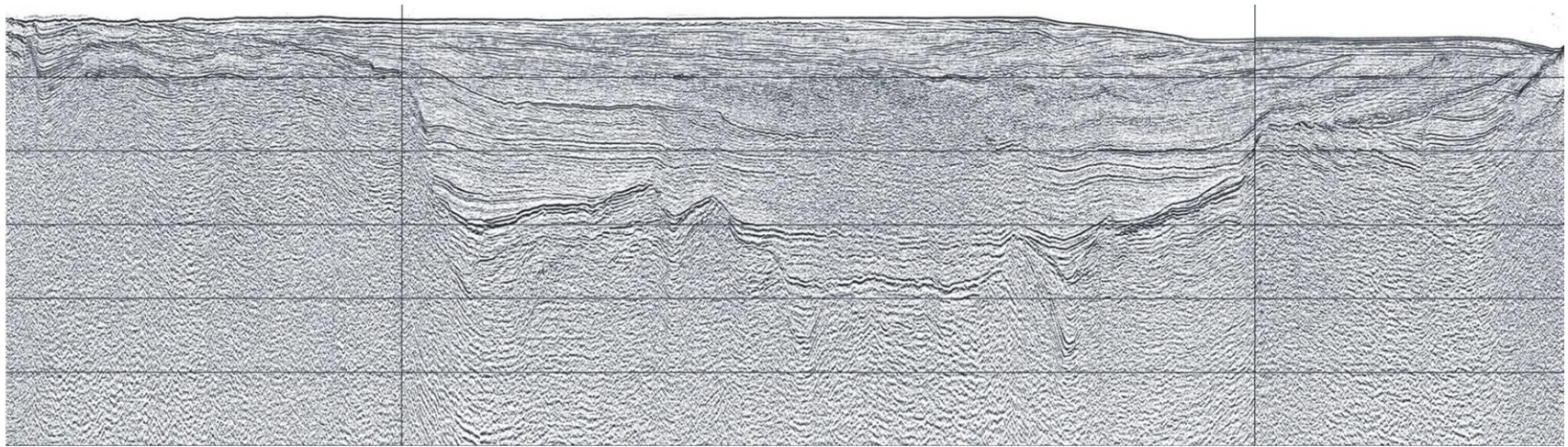


Схема строения Днепровского пострифтового бассейна (частично реконструированы эродированные осадки)

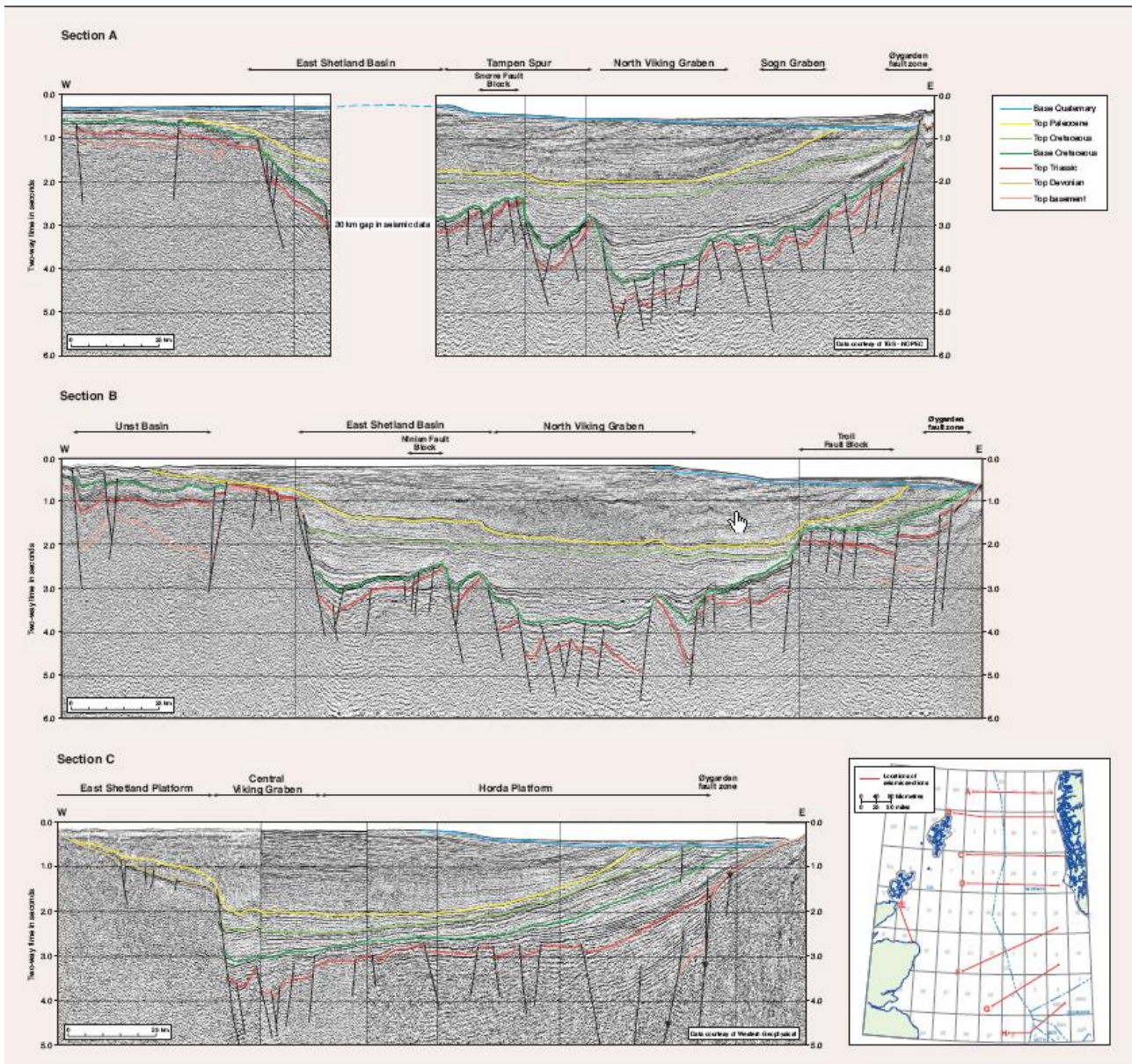


Северное море, грабен Викинг

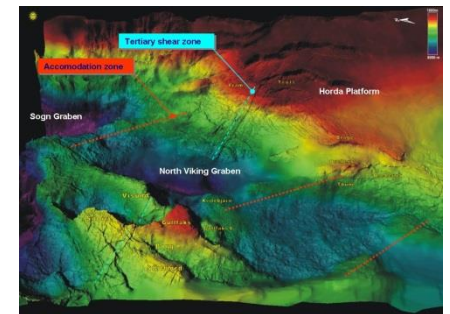
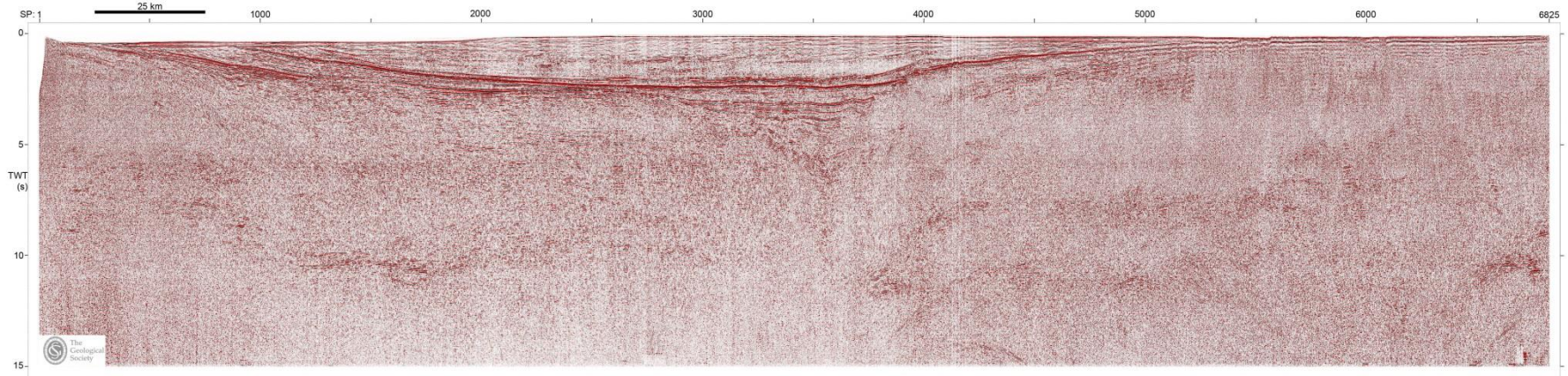
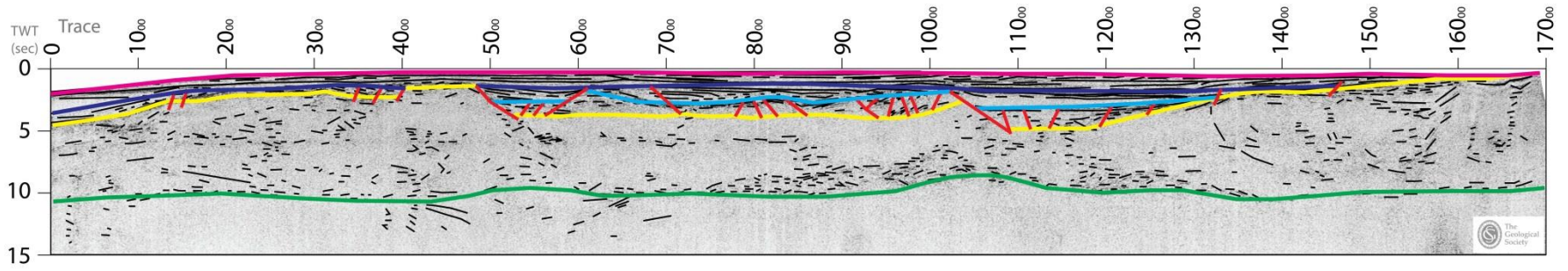


(Spencer 2008, Episodes)

Северное море

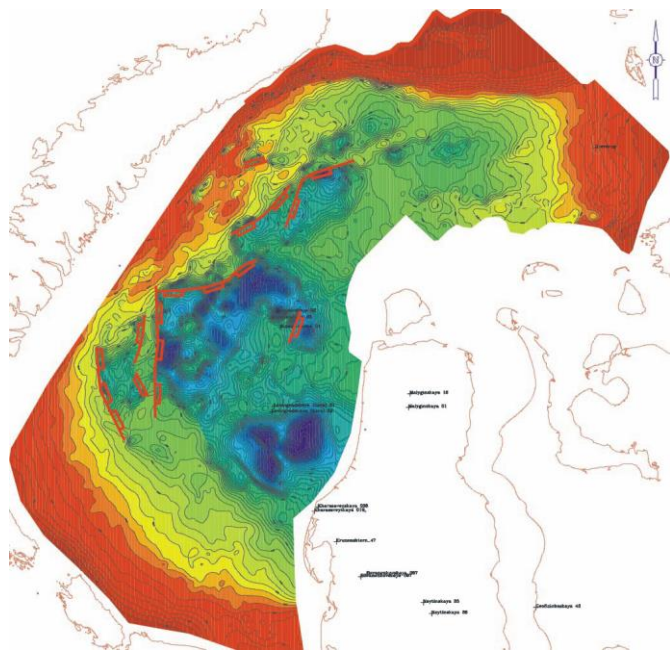


Северное море

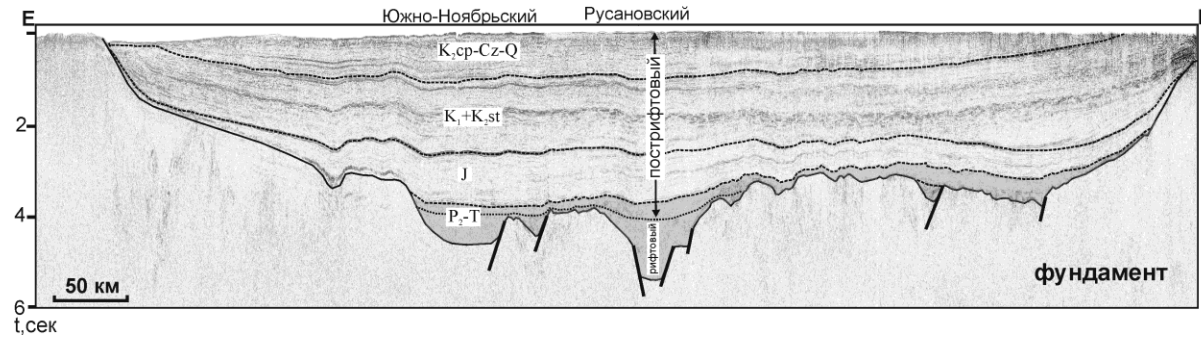
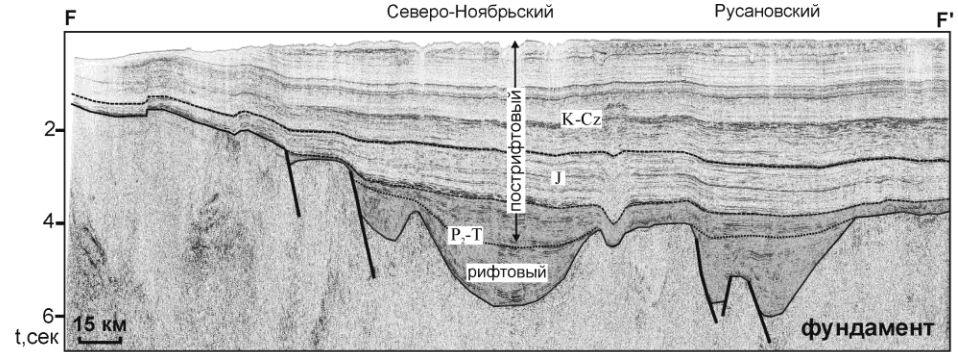


Южно-Карский бассейн

Рельеф фундамента

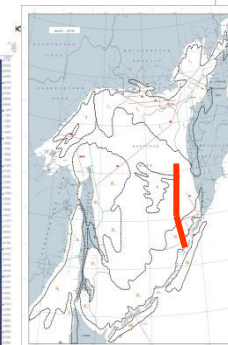
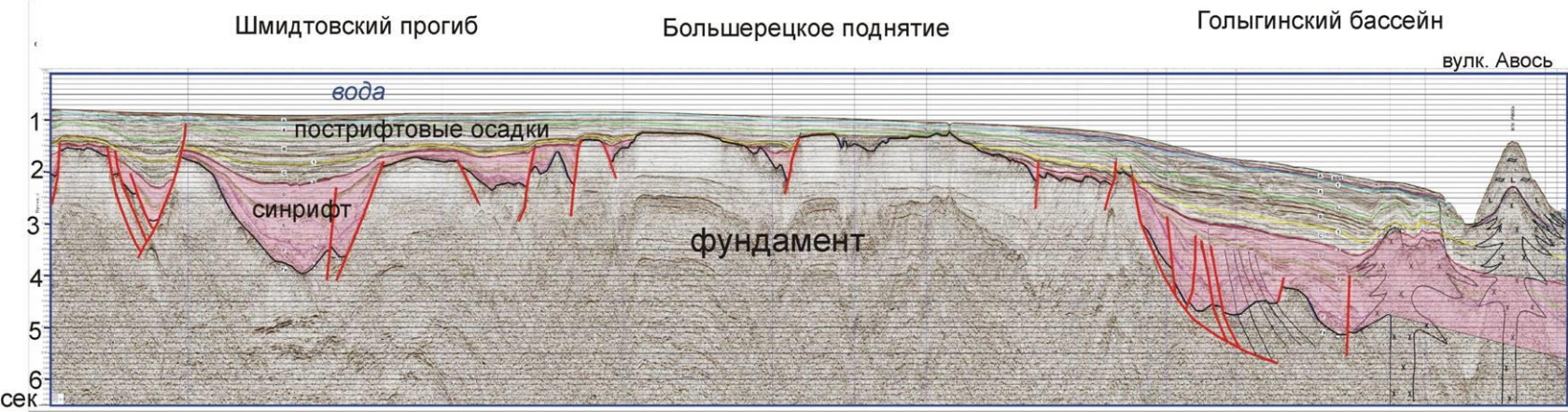
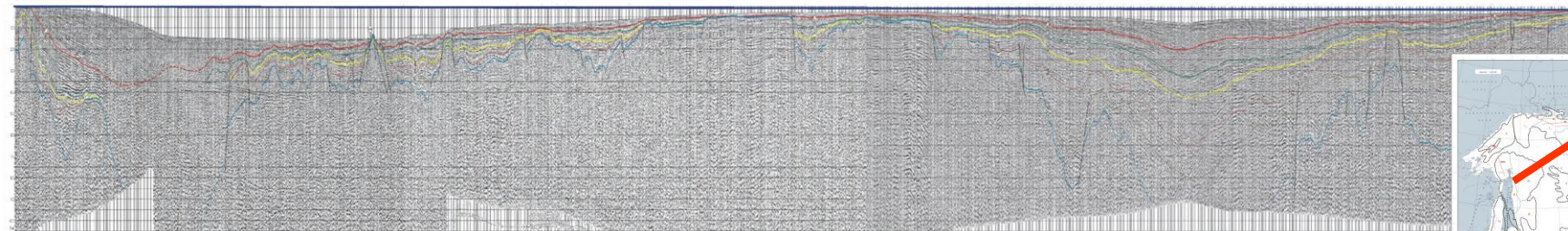
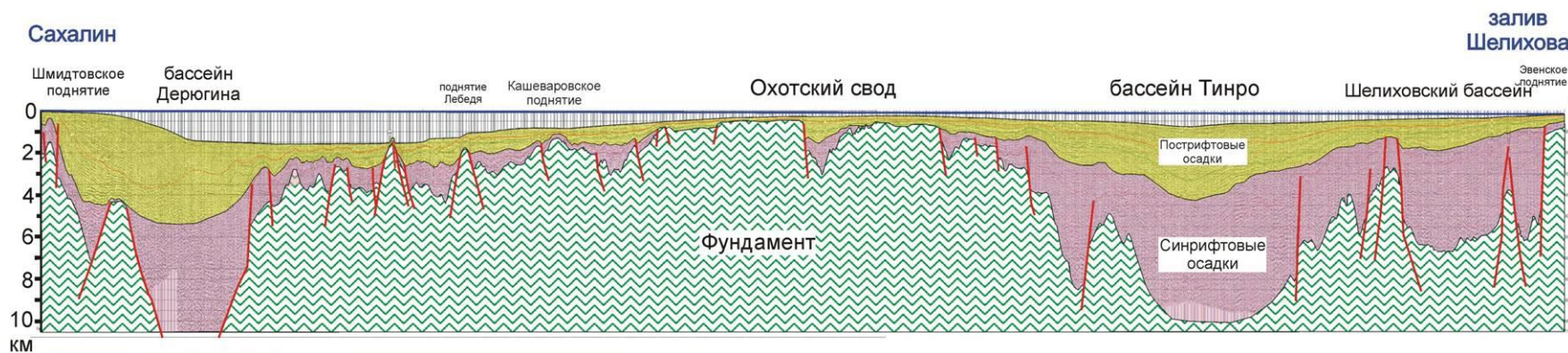


Разрезы



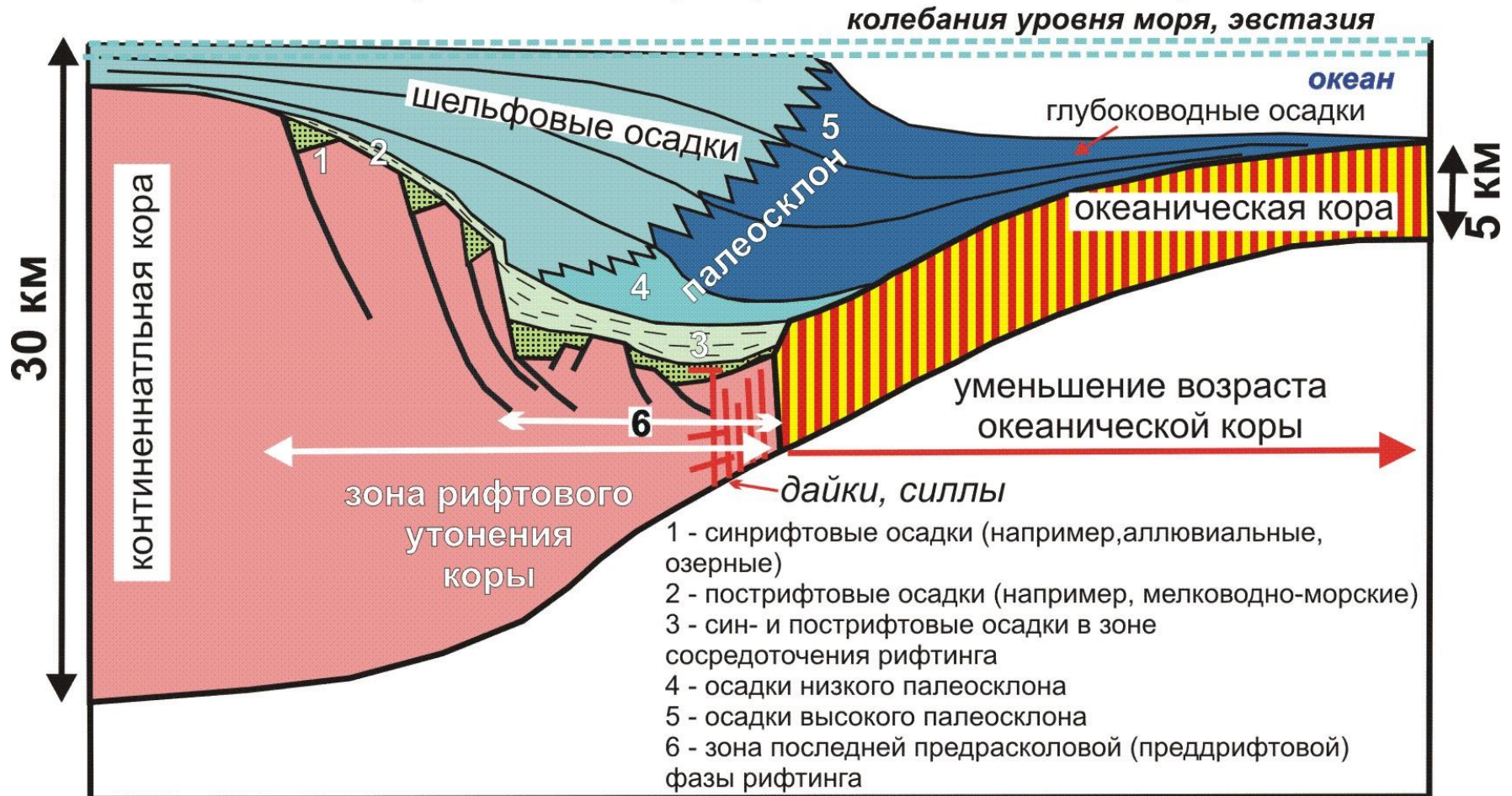
Охотское море

Данные ДМНГ



Пассивные окраины

Идеализированный разрез пассивной окраины



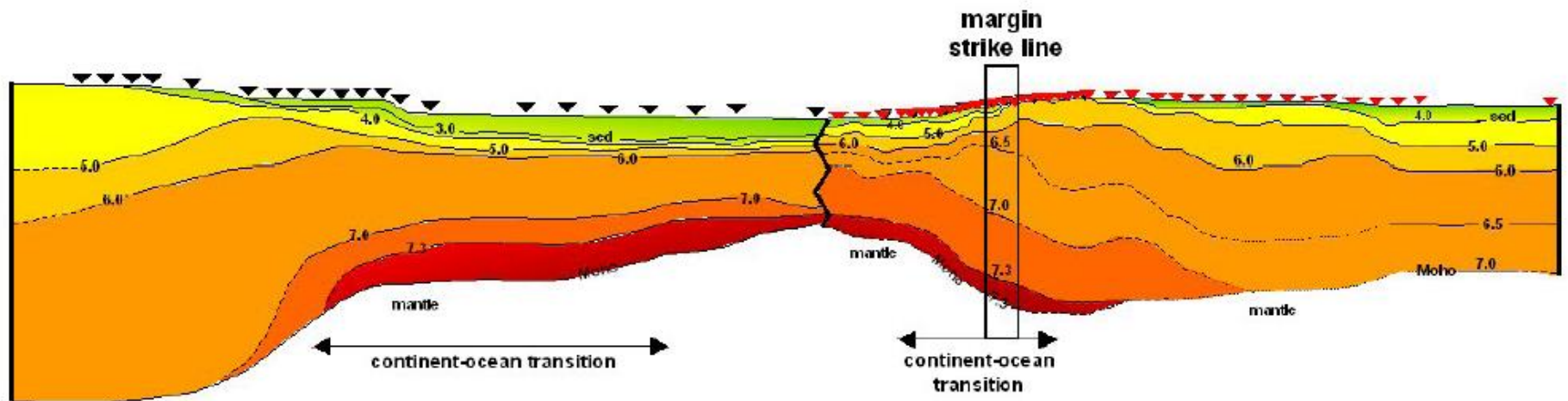
Реконструкция истории пассивных окраин на момент
 окончания континентальной
 рифтовой фазы и переходу к расколу континента

Conjugate margins

SE Greenland

Hatton Bank

Hatton Basin



Greenland
 After Hopper *et al.* 2003

Irminger
 Basin

Iceland
 Basin

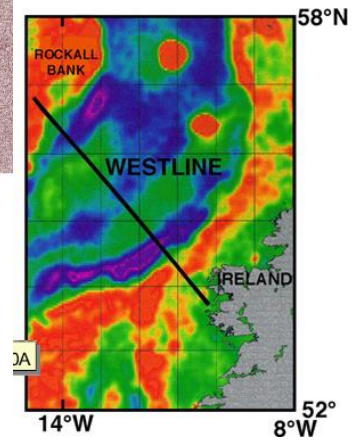
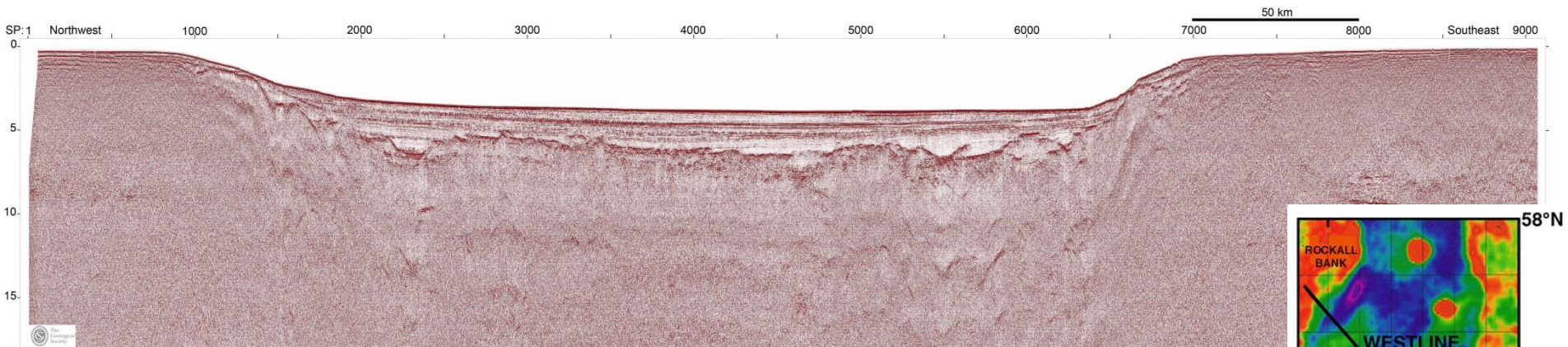
Hatton Basin

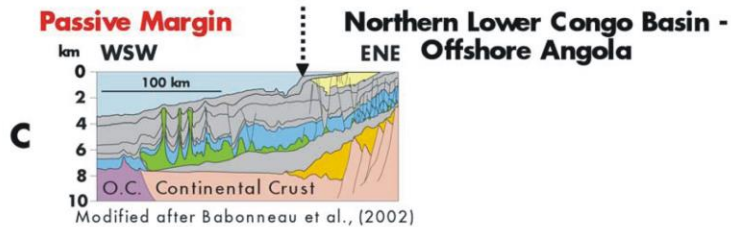
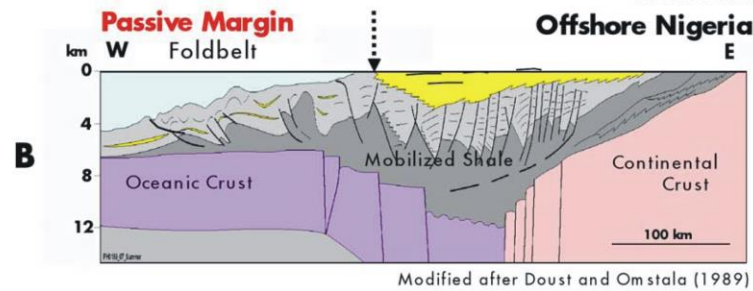
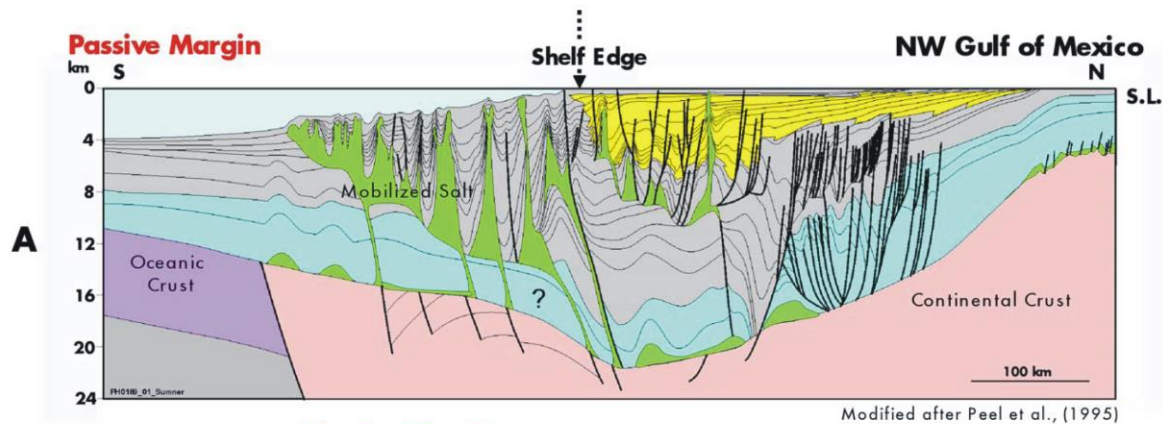
New modelling

Пассивная
окраина

океан

Пассивная
окраина

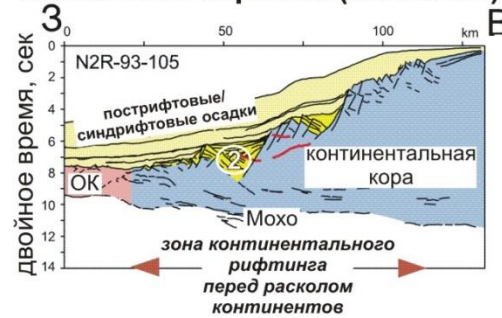




Regional cross-sections of the Northwest Gulf of Mexico, Nigeria, Angola, and Northwest Borneo continental margins are displayed at the same scale for direct comparison. Gulf of Mexico and offshore Angola are salt-based systems while offshore Nigeria and Northwest Borneo are shale-based systems. Gulf of Mexico, Angola, and Nigeria are passive margin settings, dominated by gravitationally driven extensional–contractual tectonic systems detaching on mobile substrates (thin-skinned). In contrast, Northwest Borneo is an active margin setting underlain by the Crocker thrust belt and mobilized shale; much of the compressional deformation is basement related (thick-skinned) and is pervasive throughout the margin (slope, shelf, and hinterland).

Региональные разрезы для континентальных окраин
Мексиканского залива, Нигерии и Анголы в одном масштабе
(Steffens et al., 2003).

Рифтовая авулканическая пассивная окраина (Намибия)



Рифтовая вулканическая пассивная окраина (Намибия)



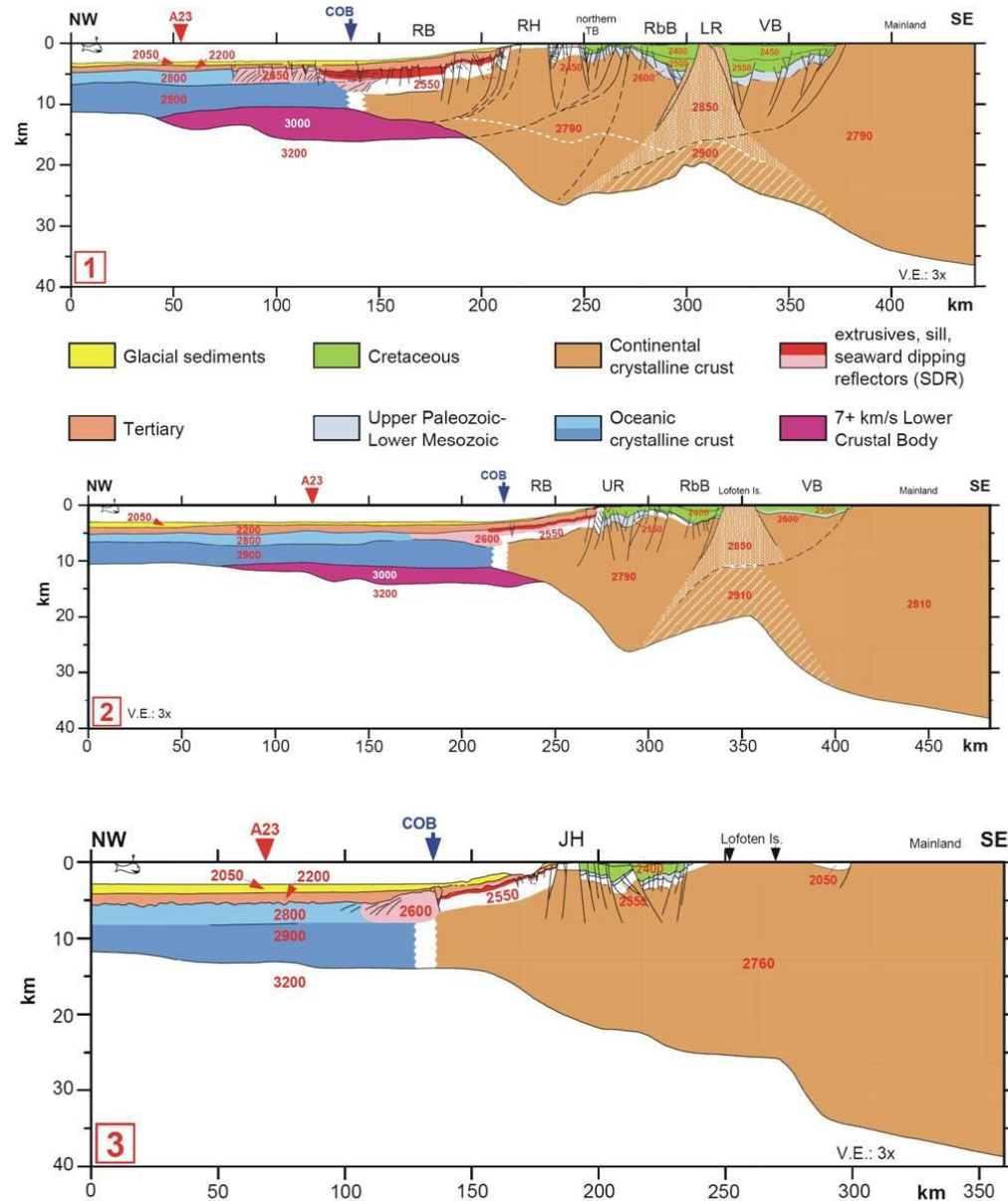
Трансформная пассивная окраина (Кот-Д'-Ивуар-Гана)



Три типа пассивных континентальных окраин: рифтовая вулканическая, рифтовая вулканическая и трансформная. А и Б – окраины Намибии, Западная Африка (Skogseid, 2001), В – окраина Кот-Д'Ивуар-Гана, Западная Африка (составлена с использованием данных в (Wagner, 2002)).

Вулканические пассивные континентальные окраины

F. Tsikalas et al. / Tectonophysics 404 (2005) 151–174



Gravity modelled transect 1 (location in Fig. 1). Densities in kilograms per cubic meter. Areas with high continental crust densities are hatched. Dashed white line is the 6.8 km/s iso-velocity contour (cfr. Fig. 7). LDEO, Lamont–Doherty Earth Observatory; COB, continent–ocean boundary; other annotations in Fig. 1.

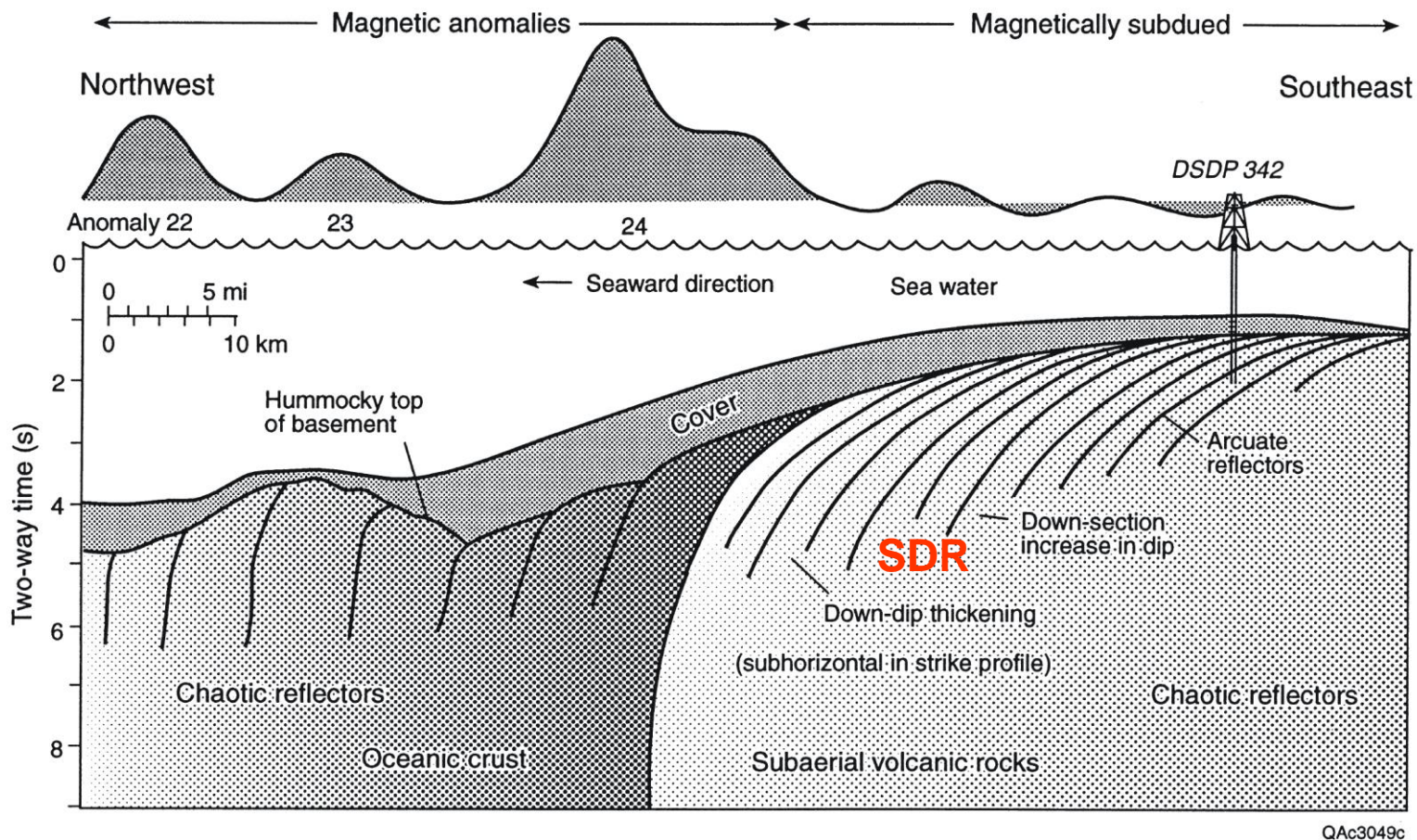
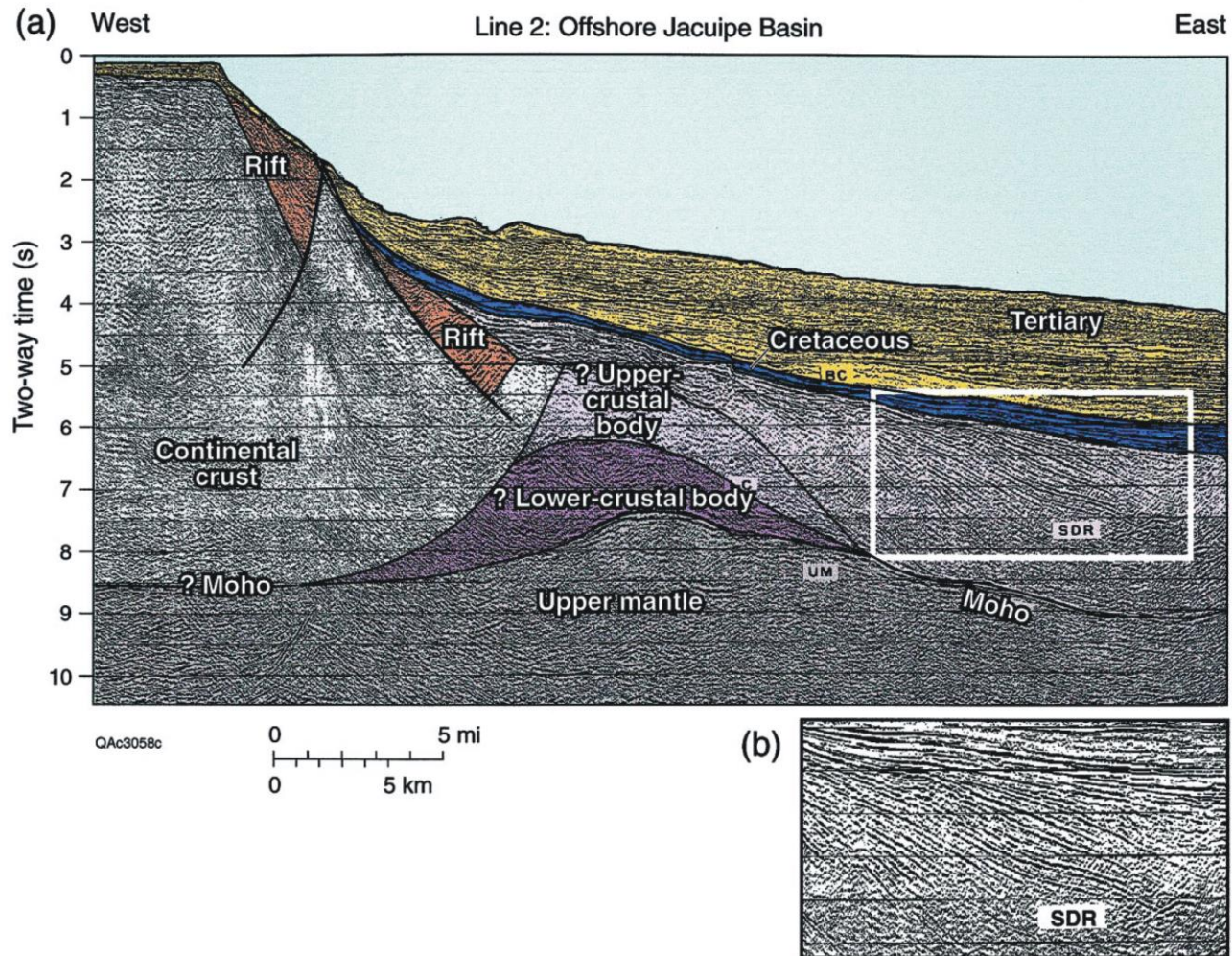


Fig. 2. Schematic features of SDRs on the Outer Vøring Plateau, offshore Norway (after Mutter et al. 1982). Magnetic anomalies are based largely on lines C165±166. Chron 24 at 56 Ma roughly dates the SDR sequence.

Схема характера сейсмических рефлекторов на вулканической пассивной окраине плато Веринг (Норвегия); также показаны магнитные аномалии. По (Mutter et al., 1982 из Jackson et al., 2000)



Seismic profile of line 2 in the Jacuibe Basin of northeastern Brazil. (b) Seismic detail of SDRs from the area outlined in white in profile (a). Data from Mohriak et al. (1998).

Разрез вероятной вулканической пассивной континентальной окраины северо-восточной Бразилии (бассейн Джакуипе) (a) и деталь сейсмопрофиля с SDR рефлекторами (Jackson et al. 2000)

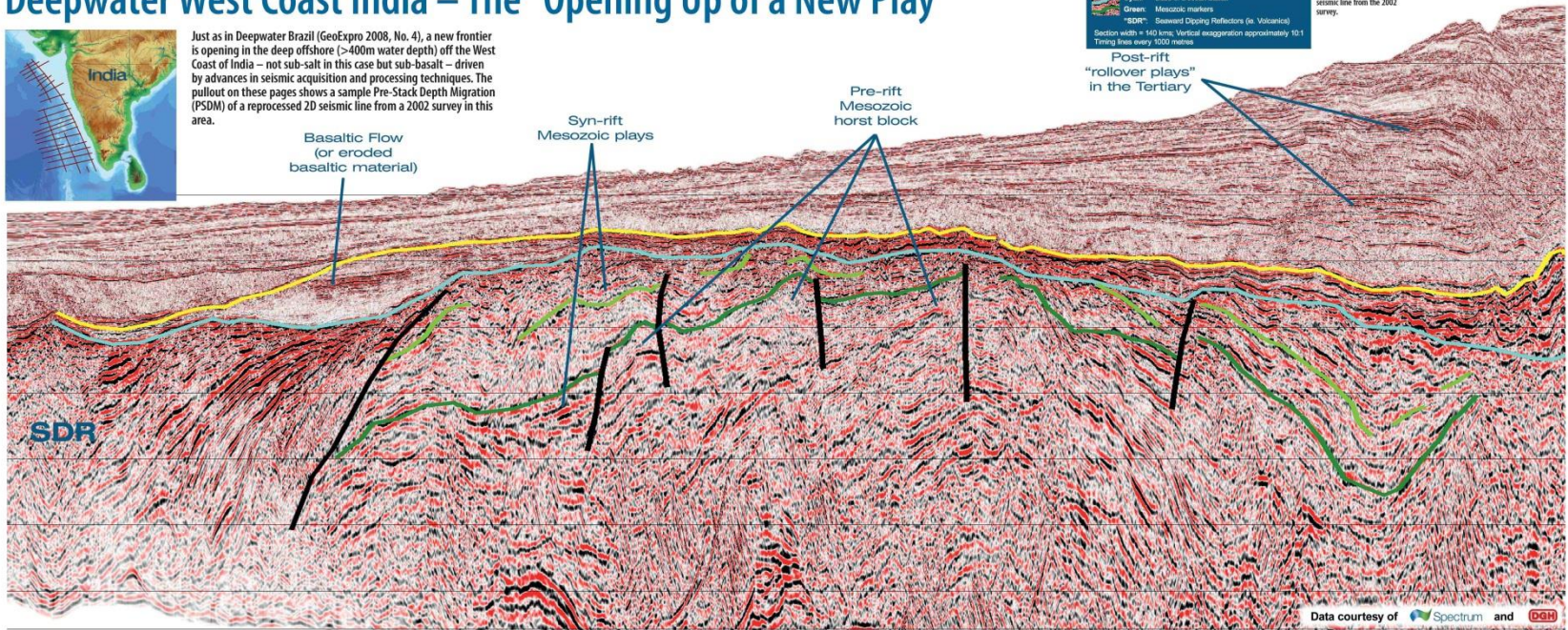
Deepwater West Coast India – The Opening Up of a New Play



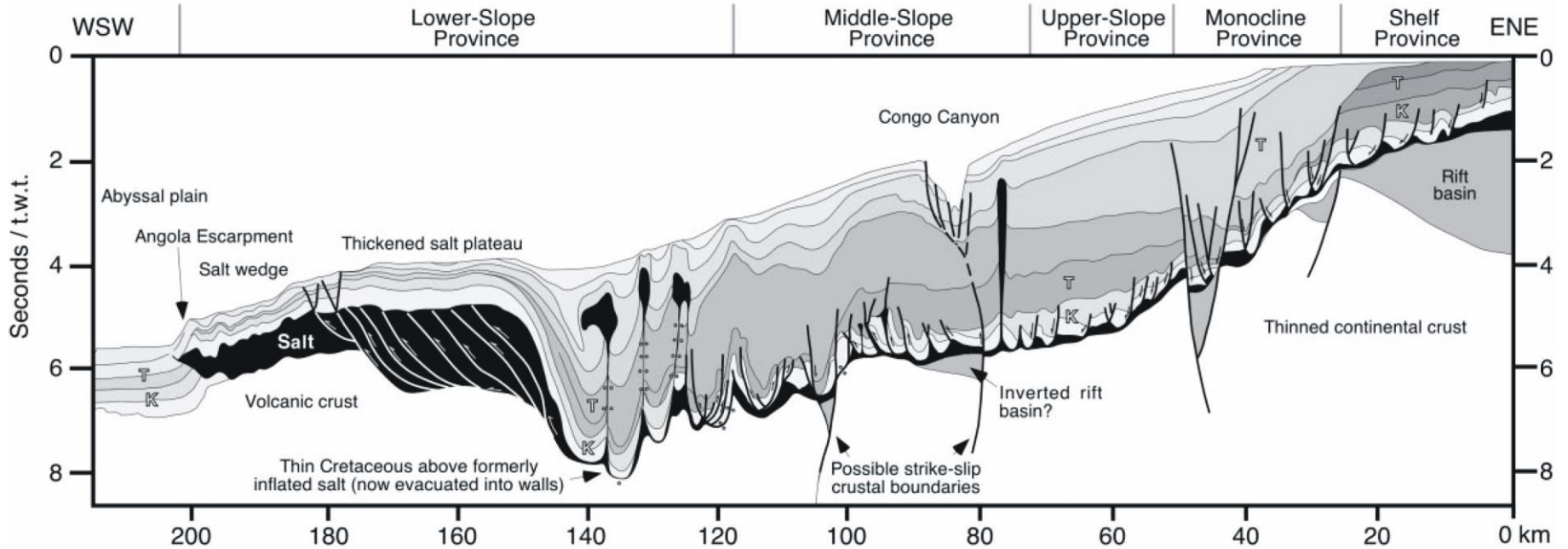
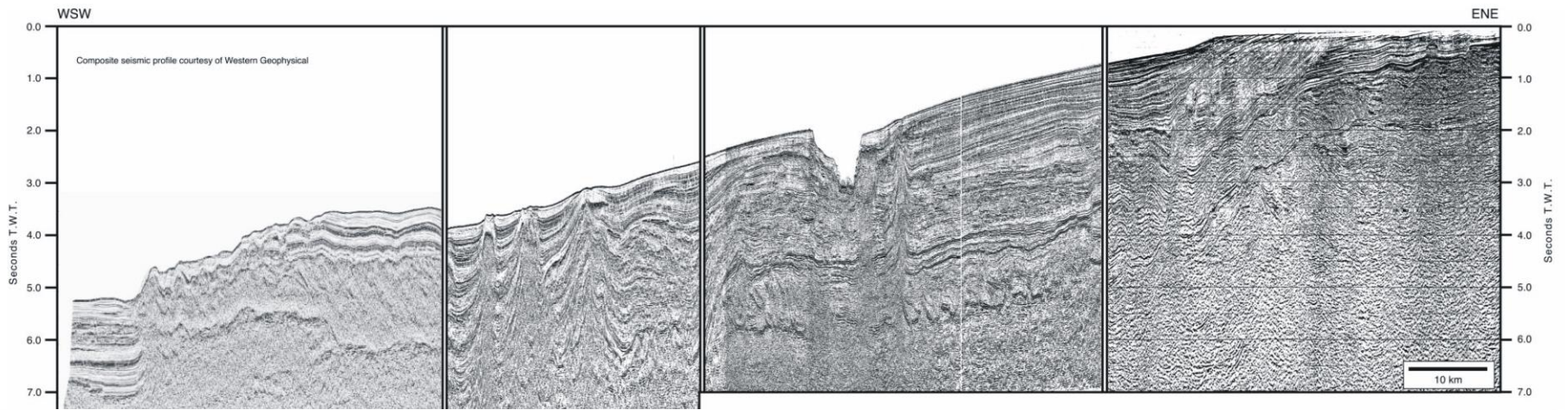
Just as in Deepwater Brazil (GeoExpro 2008, No. 4), a new frontier is opening in the deep offshore (>400m water depth) off the West Coast of India – not sub-salt in this case but sub-basalt – driven by advances in seismic acquisition and processing techniques. The pullout on these pages shows a sample Pre-Stack Depth Migration (PSDM) of a reprocessed 2D seismic line from a 2002 survey in this area.

■ Top of Deccan Basalt
■ Base of Deccan Basalt
■ Mesozoic layers
 SDR¹ Southeast Dipping Reflectors (i.e. Volcanic)
 Section width = 140 kms. Vertical exaggeration approximately 10:1
 Timing line every 1200 metres

Pre-Stack Depth Migration (PSDM) of a reprocessed 2D seismic line from the 2002 survey.



Data courtesy of Spectrum and OGH



Seismic examples in following figures were all extracted from this uninterpreted composite seismic profile (foldout). The locations of the component segments are shown in Fig. 1. The westernmost segment is from the Kwanza Basin. The remaining segments are from the Lower Congo Basin about 300 km to the north. Seismic data courtesy of Western Geophysical. (B) Composite regional profile schematically showing the main features interpreted from four seismic profiles. K-Cretaceous; T, Cenozoic. Aptian salt is black in all illustrated cross sections.

Сейсмический профиль для континентальной окраины Анголы (бассейн Нижнего Конго) и его интерпретация. К- мел, Т- третичные отложения, аптские соли показаны черной заливкой (Cramez, Jackson, 2000)

Трансформная континентальная окраина

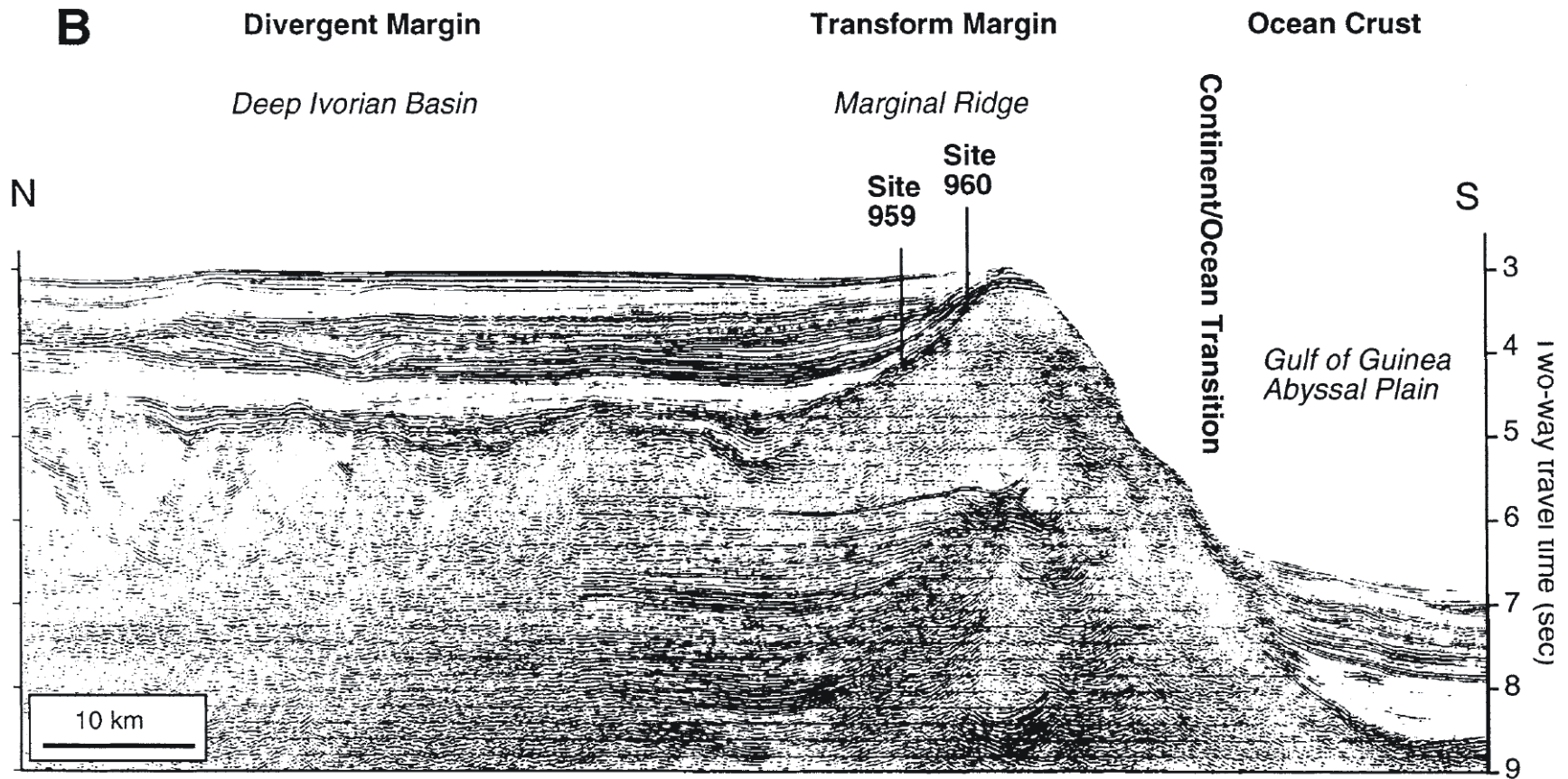
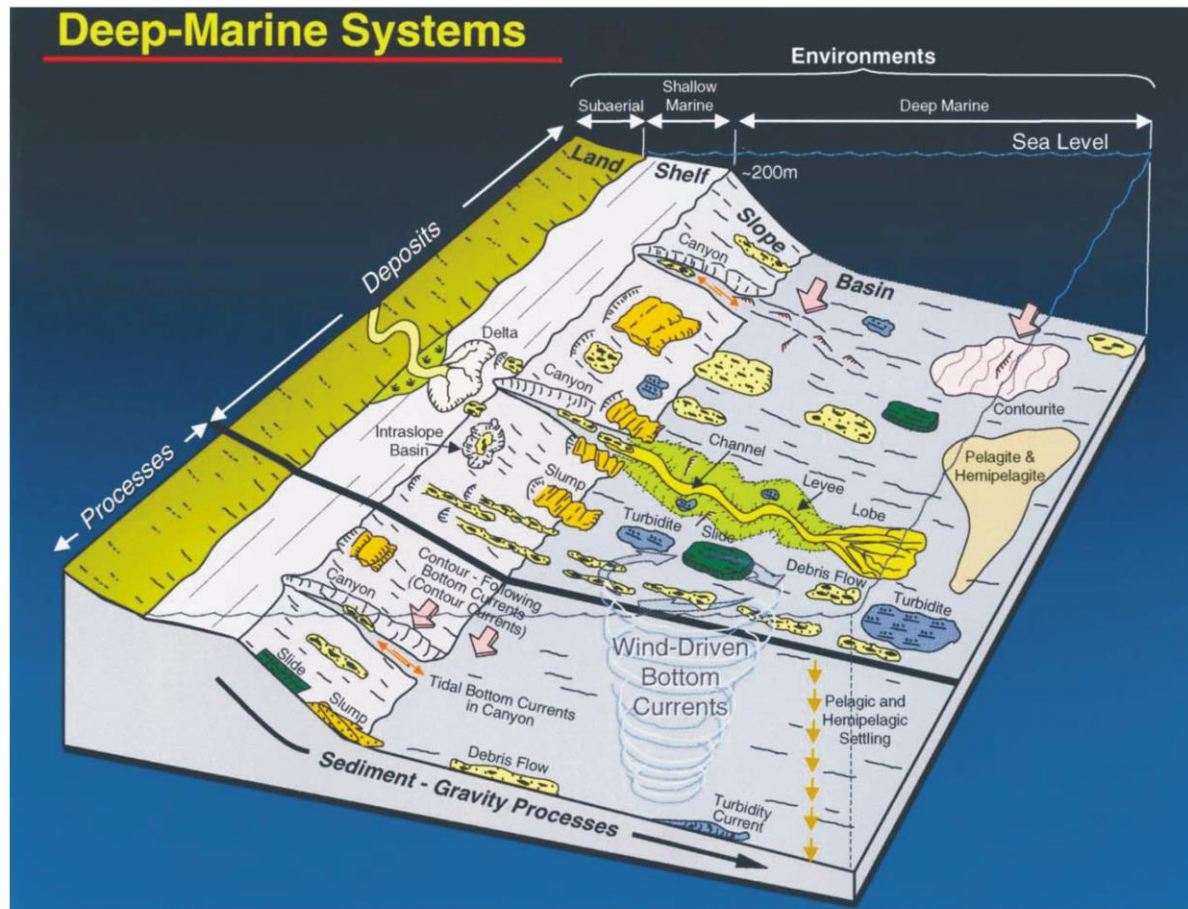


Fig. 1. (A) Location, stratigraphy, and generalized lithology of drill sites of ODP Leg 159 along the CIGTM (from Pletsch et al., 2001). (B) Migrated multichannel seismic line across the CIGTM and the Deep Ivorian Basin (from Mascle et al., 1996).

Сейсмический профиль для трансформной континентальной окраины Ганы-Кот-Д'Ивуар (Wagner, 2002).



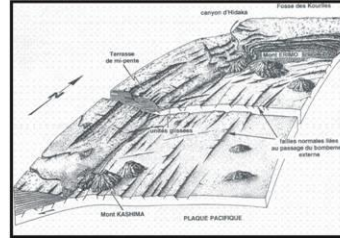
Schematic diagram showing slope and basinal deep-marine sedimentary environments occurring at water depths deeper than 200 m (shelf-slope break). In general, shallow-marine (shelf) environments are characterized by tides and waves, whereas deep-marine (canyon, slope, and basin) environments are characterized by mass flows (i.e. slides, slumps, grain flows, and debris flows), various bottom currents, and pelagic/hemipelagic deposition. Turbidity currents are rare in submarine canyons, but common in basinal settings. Submarine canyons are unique because the shelf-slope break does not control processes within the canyon; more importantly, both tidal currents and mass flows operate within canyons (see text for details). Note up- and down-tidal bottom currents in submarine canyons (opposing red arrows). Along-slope movement of contour-following bottom currents and circular motion of wind-driven bottom currents are important processes outside of the canyon.

Схематическая диаграмма показывающая обстановки седиментации на континентальном склоне и у его подножья на глубинах более 200 метров (Shanmugam, 2003)

Осадочные бассейны района зоны субдукции (желоба)

ОСАДОЧНЫЕ БАСЕЙНЫ РАЙОНА ЗОНЫ СУБДУКЦИИ (желоба)

Строение Японского желоба (Cadet et al., 1987)



Строение аккреционной призмы желоба Нанкай (Япония) (Korff, Brown, 2003)

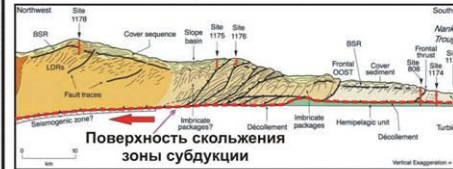
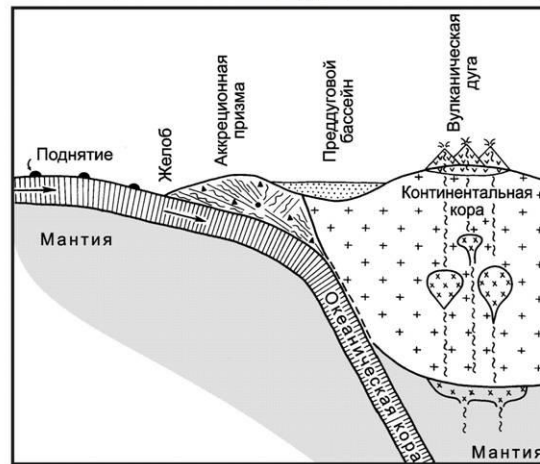


Схема строения района зоны субдукции и основная терминология



Рельеф района Индонезии с показом аккреционной призмы, преддугового бассейна и вулканической дуги



Задуговые и междугловые бассейны растяжения

СХЕМА ОБРАЗОВАНИЯ КУРИЛЬСКОГО ЗАДУГОВОГО БАСЕЙНА на карте рельефа

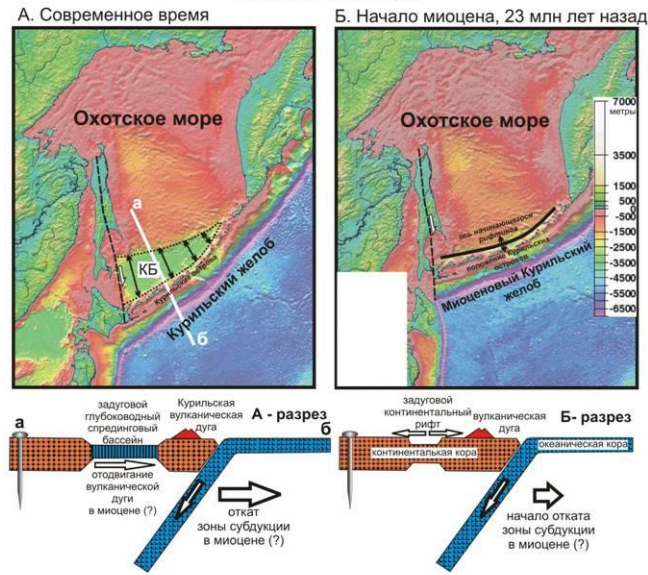
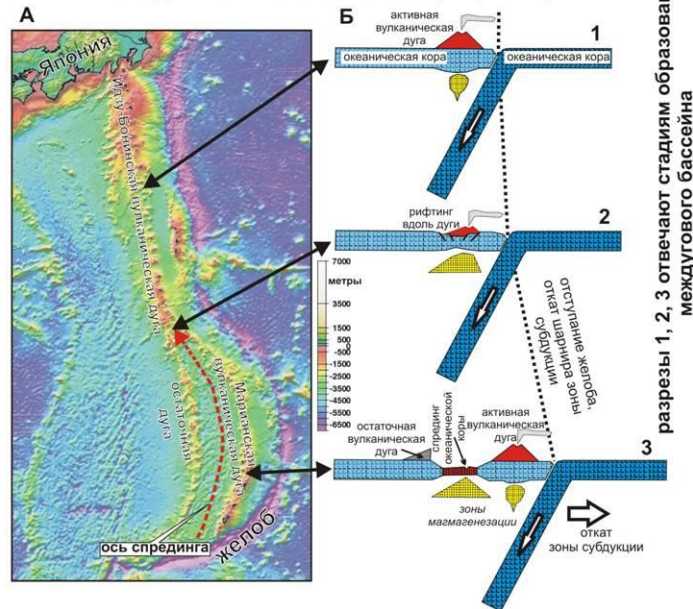
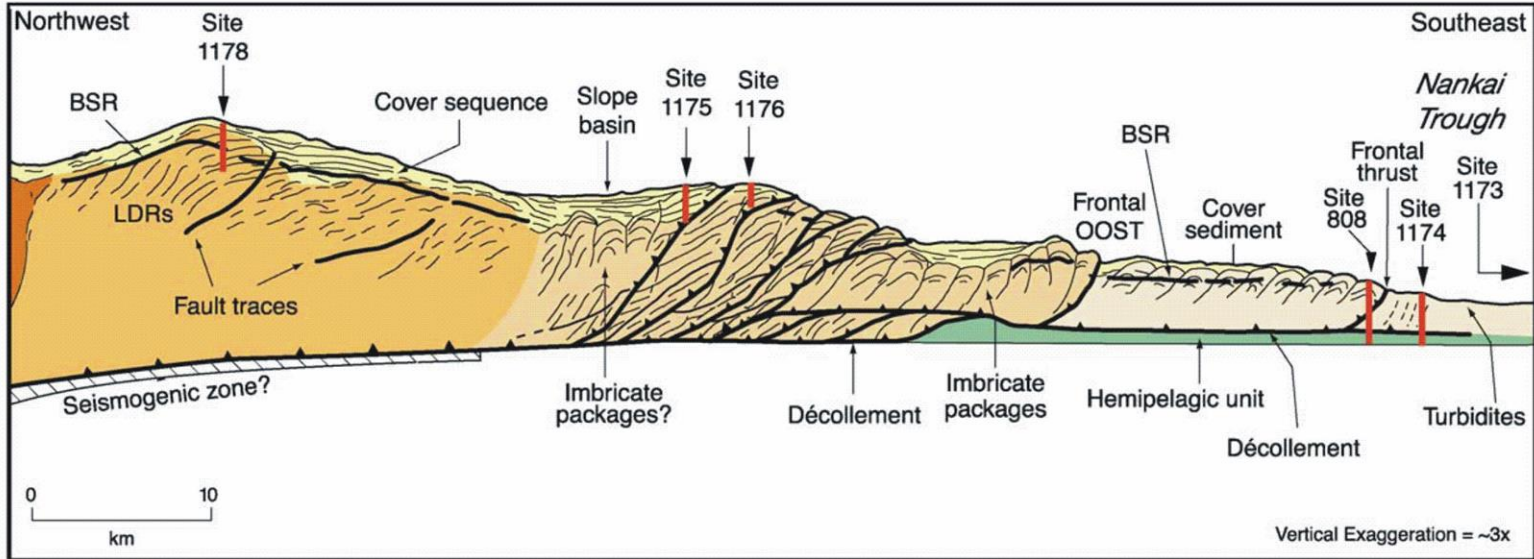


СХЕМА СТРОЕНИЯ И ОБРАЗОВАНИЯ МАРИАНСКОГО МЕЖДУГУЛОВОГО БАСЕЙНА на карте рельефа

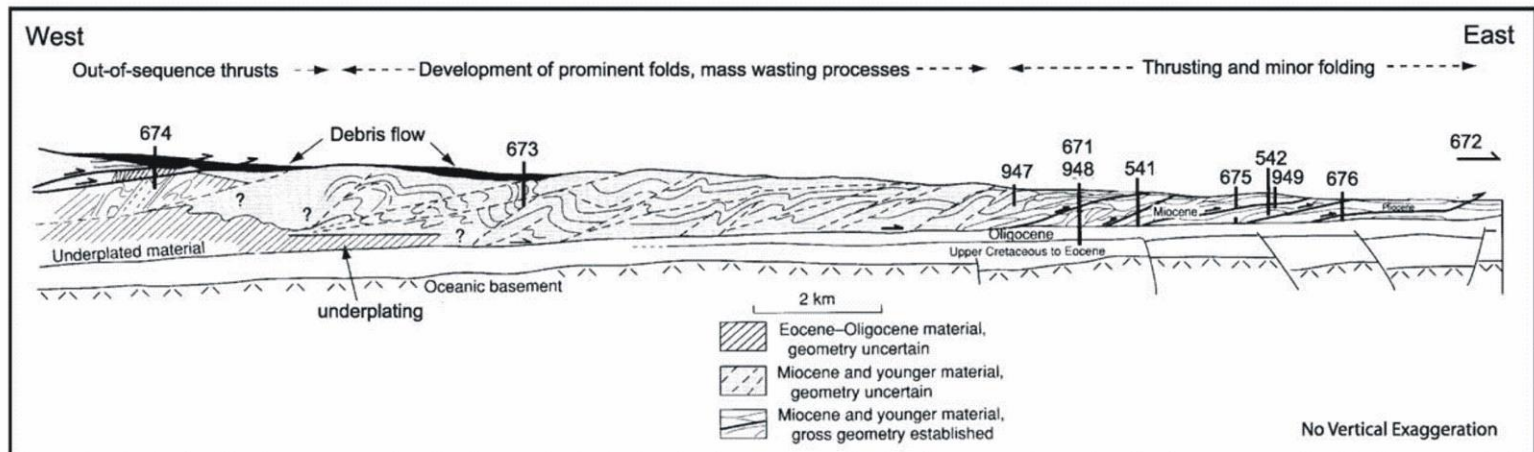


A) Nankai

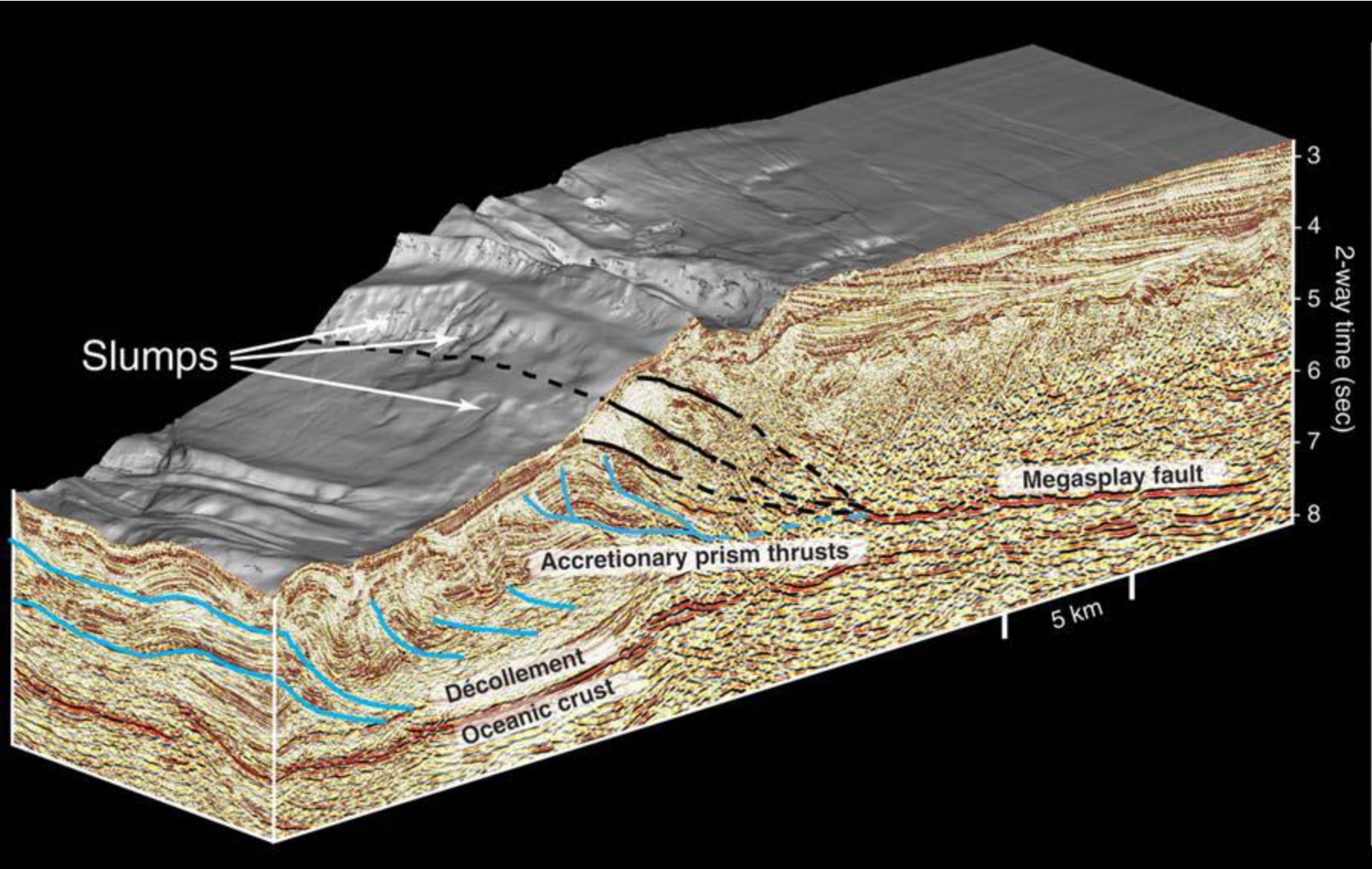
Классический аккреционные призм



B) Barbados

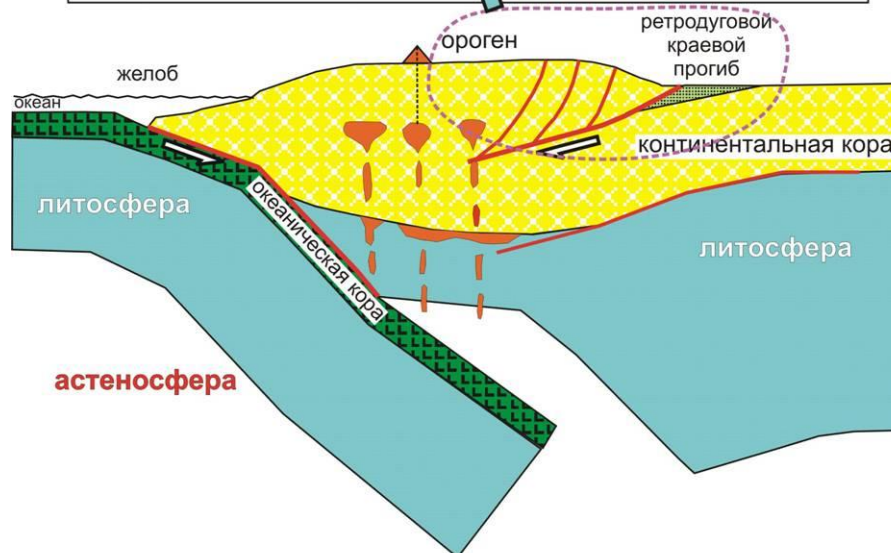
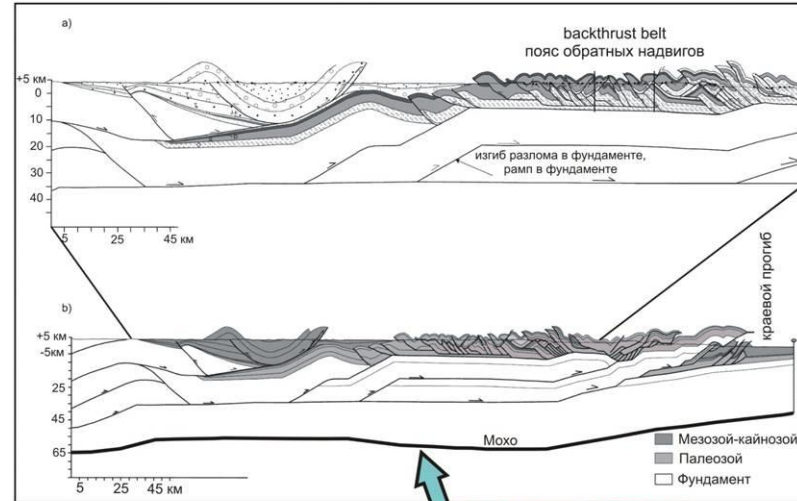


Sinu Accretionary prism



Задуговые бассейны сжатия (ретродуговые краевые прогибы)

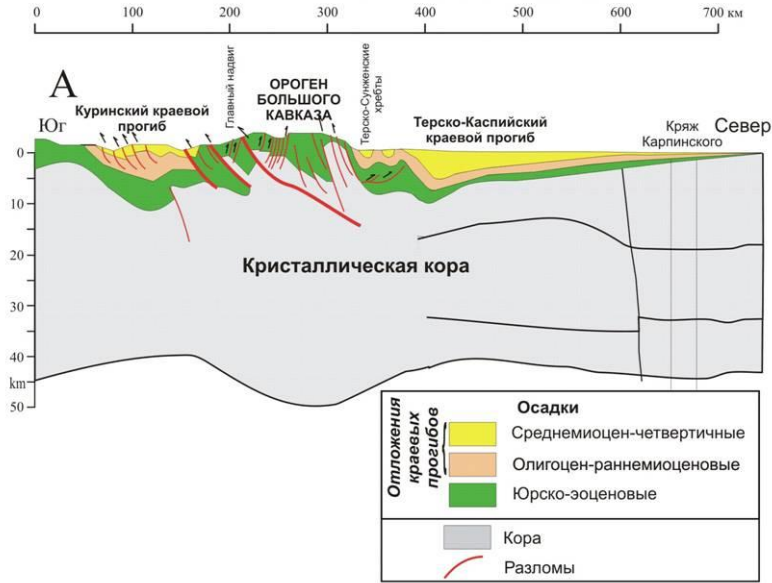
Разрез через Анды в Боливии. Хорошо видны флексурный (изгибный) характер Предандийского краевого прогиба и геометрия коровых надвигов (McQuarrie, Davis, 2002)



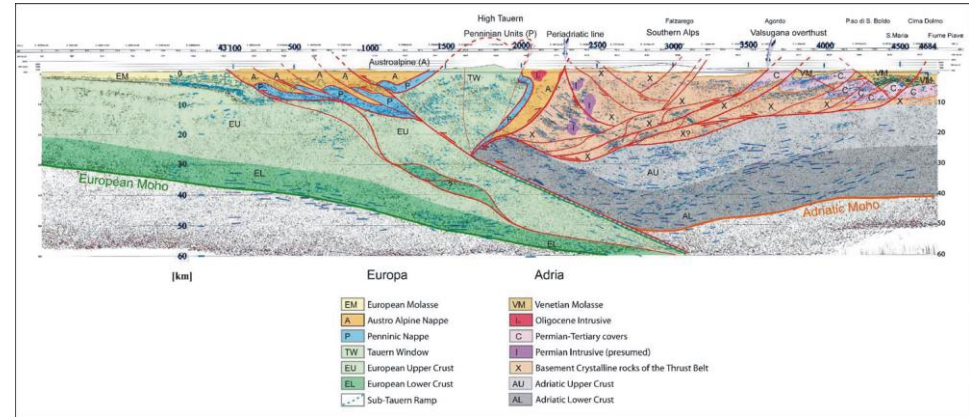
ИДЕАЛИЗИРОВАННАЯ СХЕМА СТРОЕНИЯ ОРОГЕНА АНД С ПОКАЗОМ ПОЗИЦИИ РЕТРОДУГОВОГО БАСЕЙНА (краевого прогиба)

Краевые (флексурные) прогибы

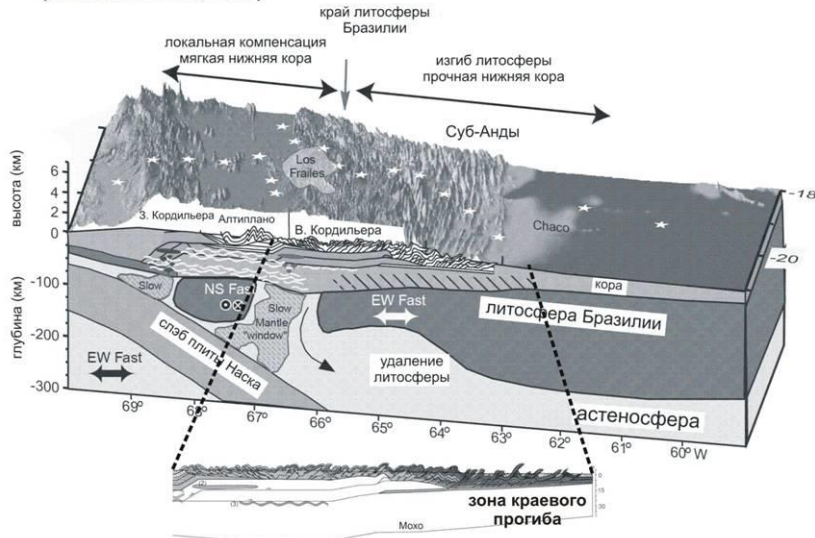
КРАЕВЫЕ ПРОГИБЫ БОЛЬШОГО КАВКАЗА



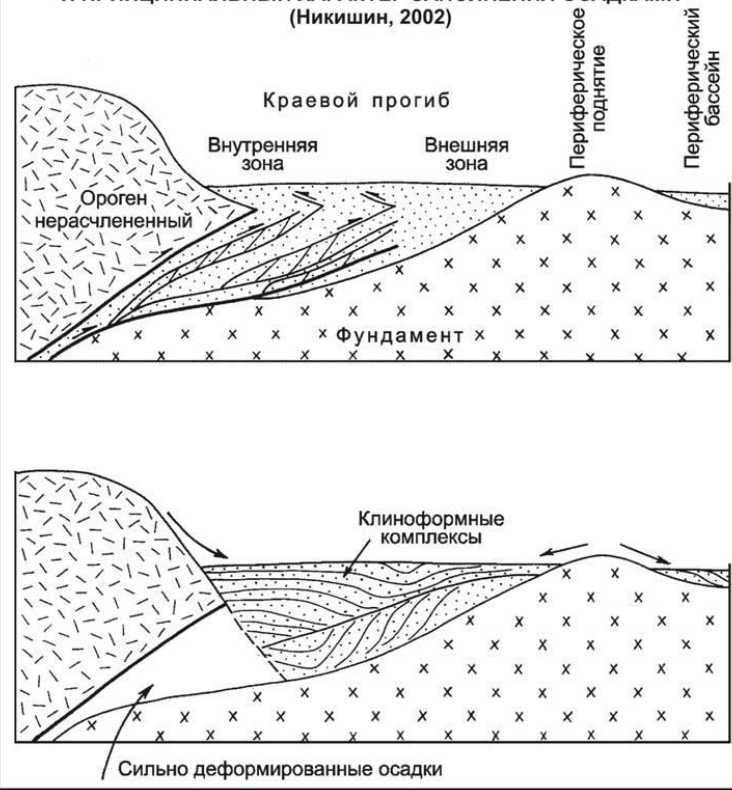
Альпы



ТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЕДАНДИЙСКОГО КРАЕВОГО ПРОГИБА (McQuarrie et al., 2005)



**ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ЗОНЫ РАЙОНА КРАЕВОГО ПРОГИБА
И ПРИНЦИПАЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ОСАДКАМИ**
(Никишин, 2002)



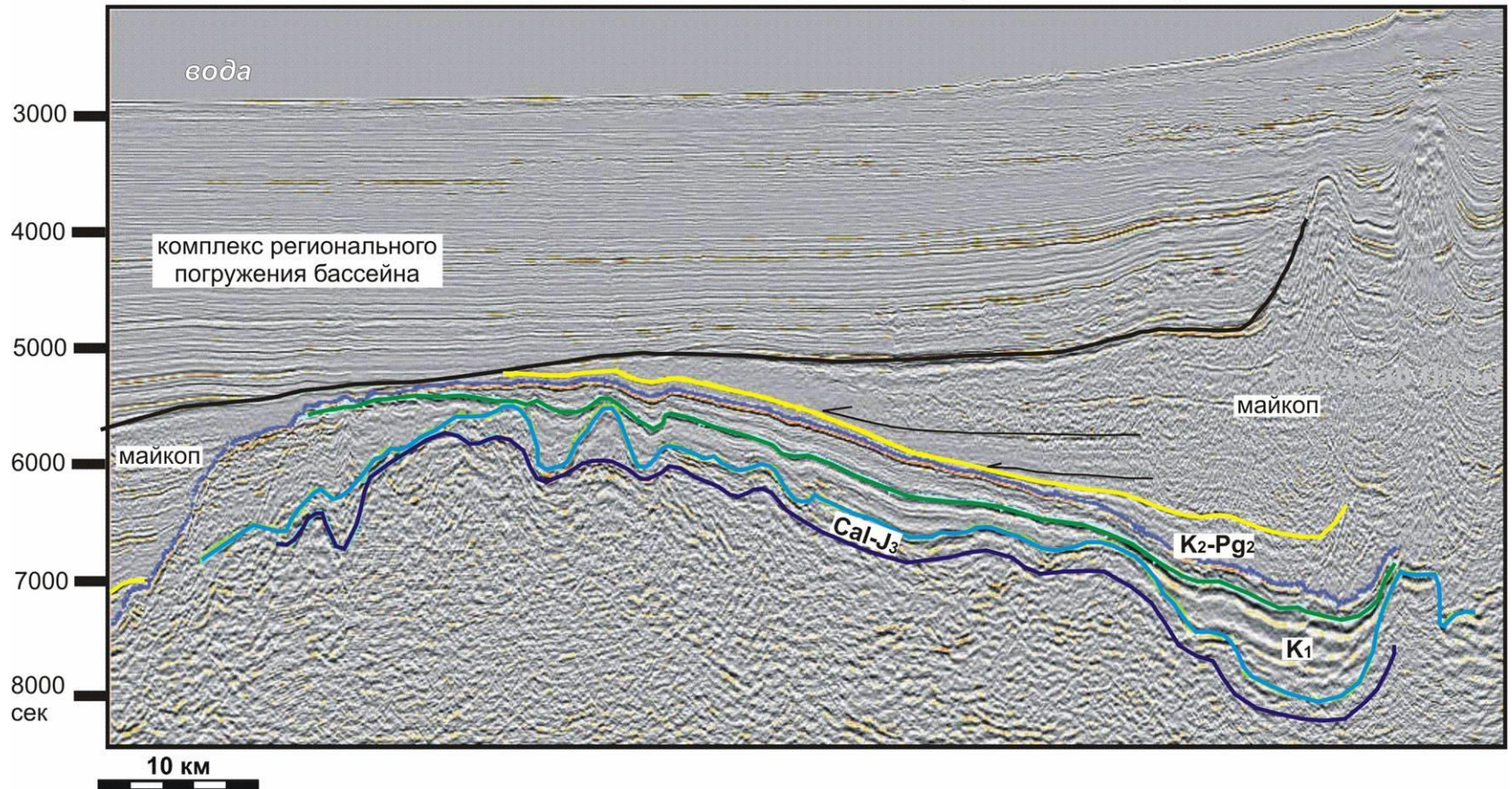
**ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ И СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ
КРАЕВОГО ПРОГИБА (Mutti et al., 2003)**



вал Шатского

WBS-02-14

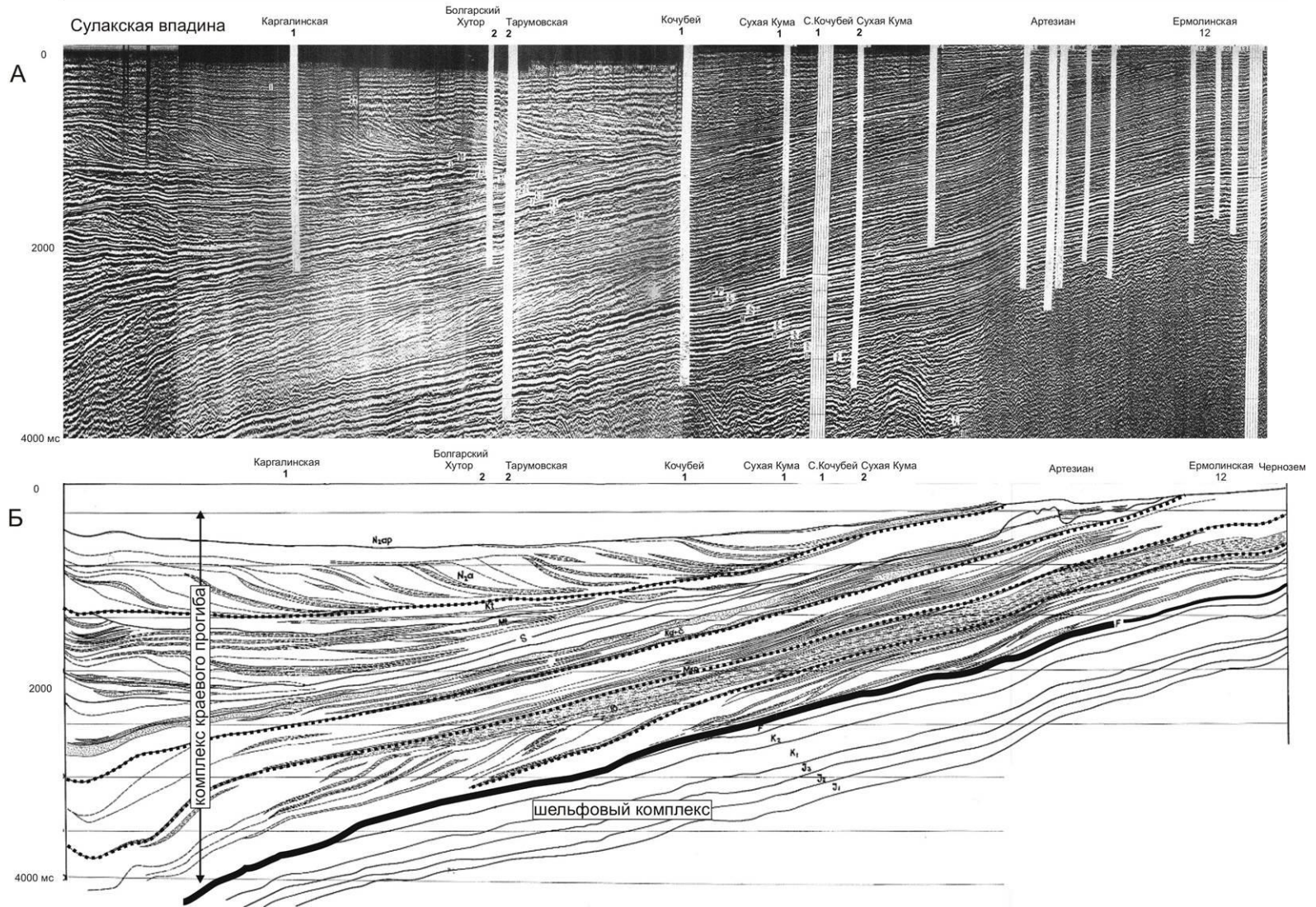
Туапсинский прогиб



Региональный сейсмический и сейсмогеологический разрез через Терский прогиб

(Шерафутдинов и др., 1999, Шерафутдинов, 2002)

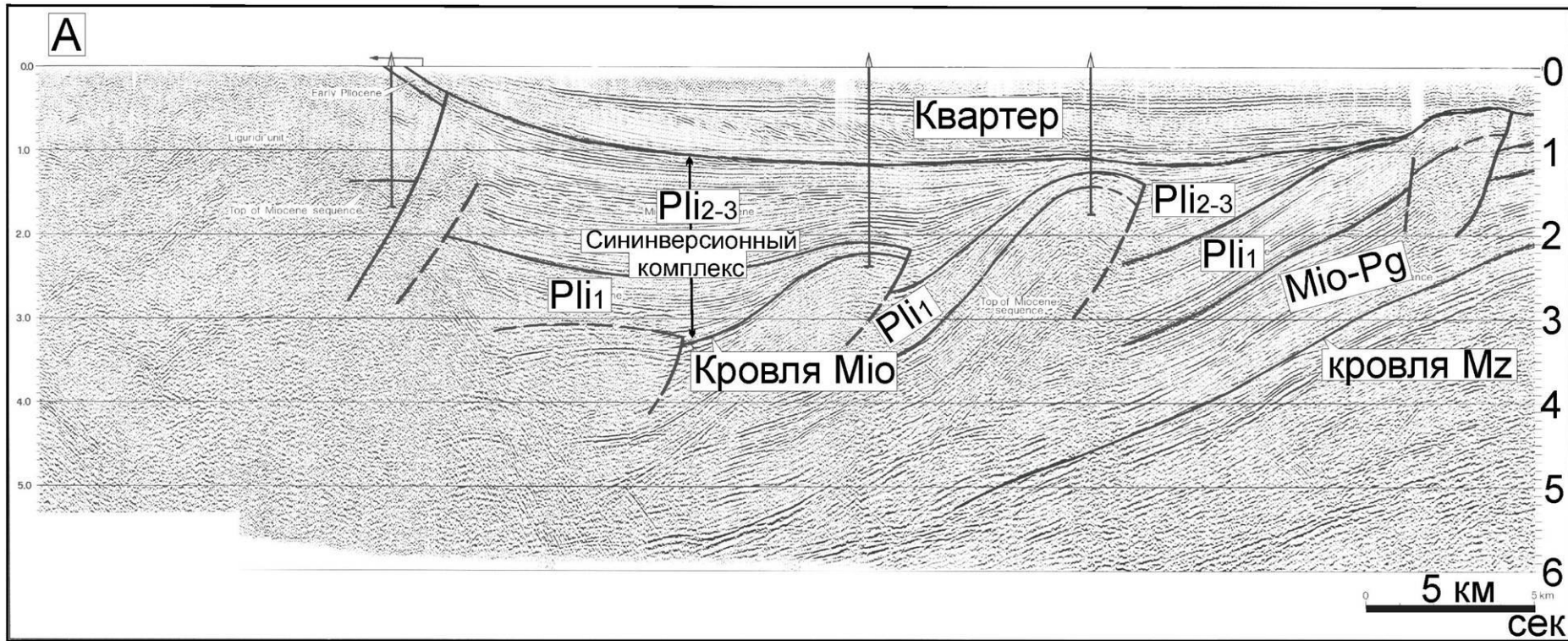
Терско-Каспийский передовой прогиб Ногайская ступень Прикумская система поднятий Маньчский прогиб Кряж Карпинского



Сейсмический профиль и его интерпретация для Терского Предкавказского краевого прогиба (Шерафутдинов и др., 1999, Шерафутдинов, 2003).

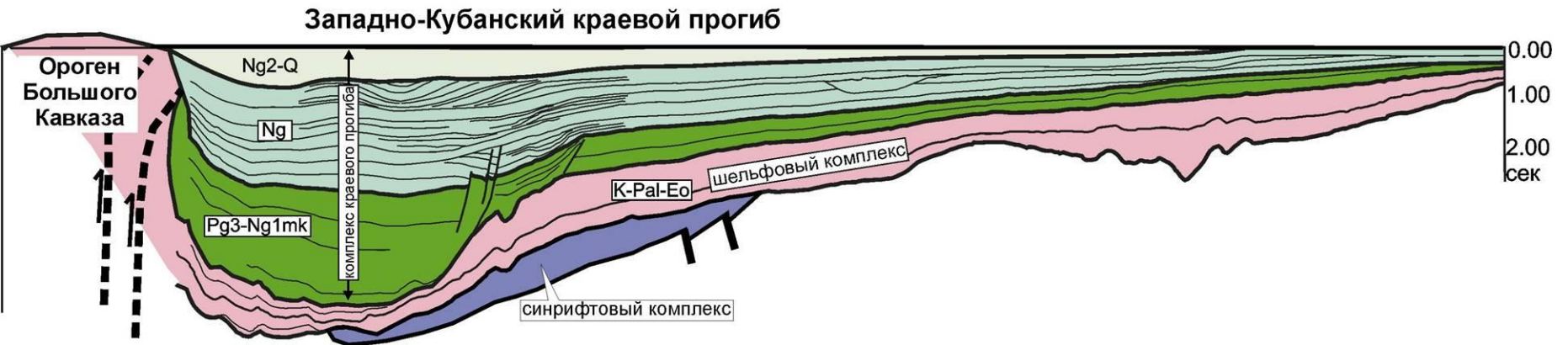
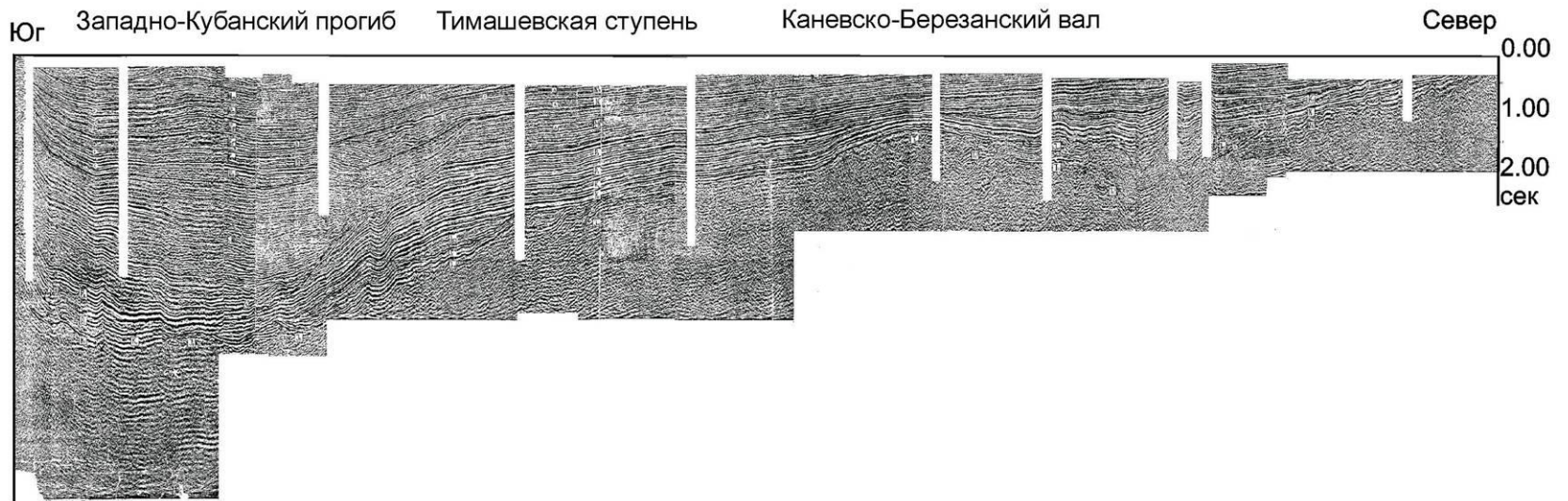
Краевой прогиб По, Италия

Бассейн типа piggy-back



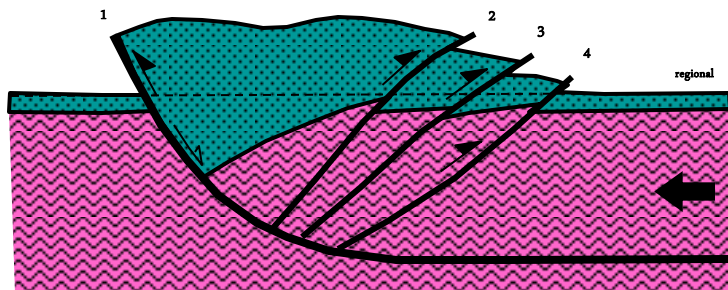
(Атлас профилей Bally)

Западно-Кубанский прогиб

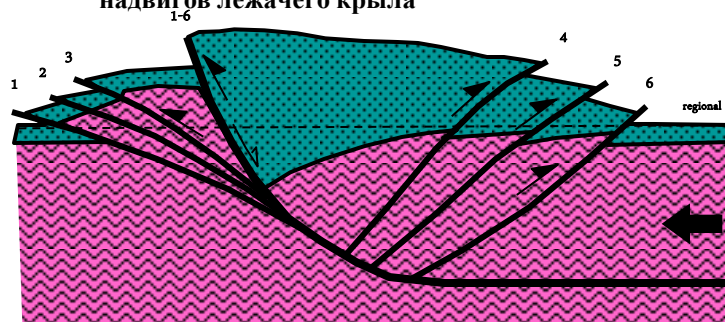


Сининверсионные бассейны

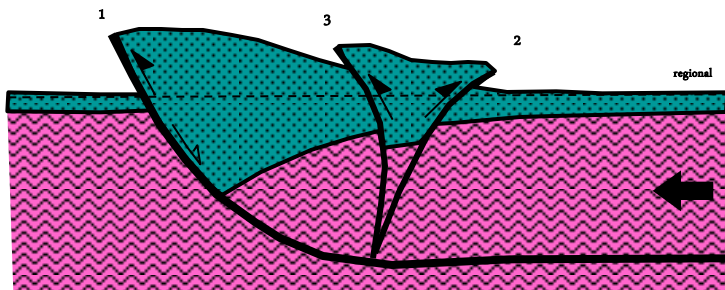
ИНВЕРСИЯ – чешуйчатый веер встречных надвигов



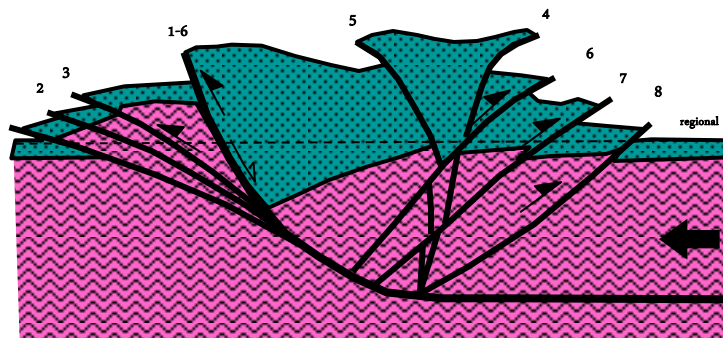
ИНВЕРСИЯ – веерообразная структура встречных надвигов и коротких надвигов лежащего крыла



ИНВЕРСИЯ – клиновидная структура выдавливания в верхней части блока

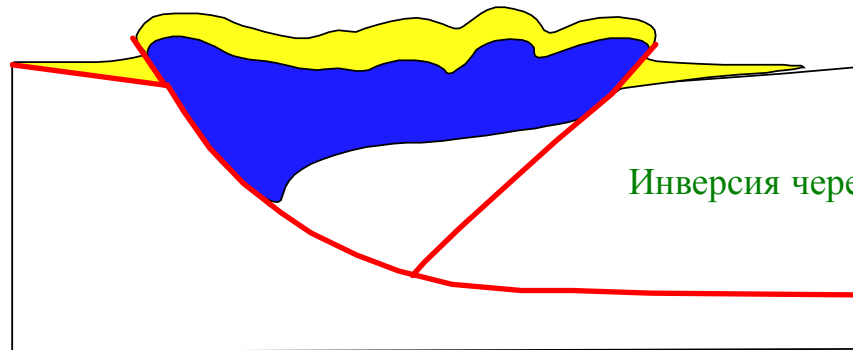
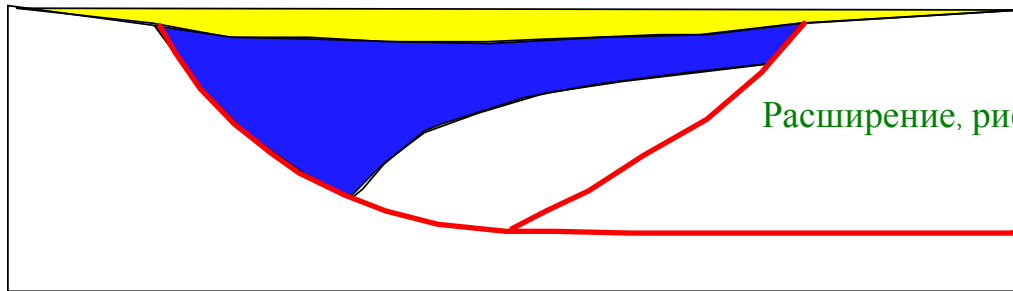


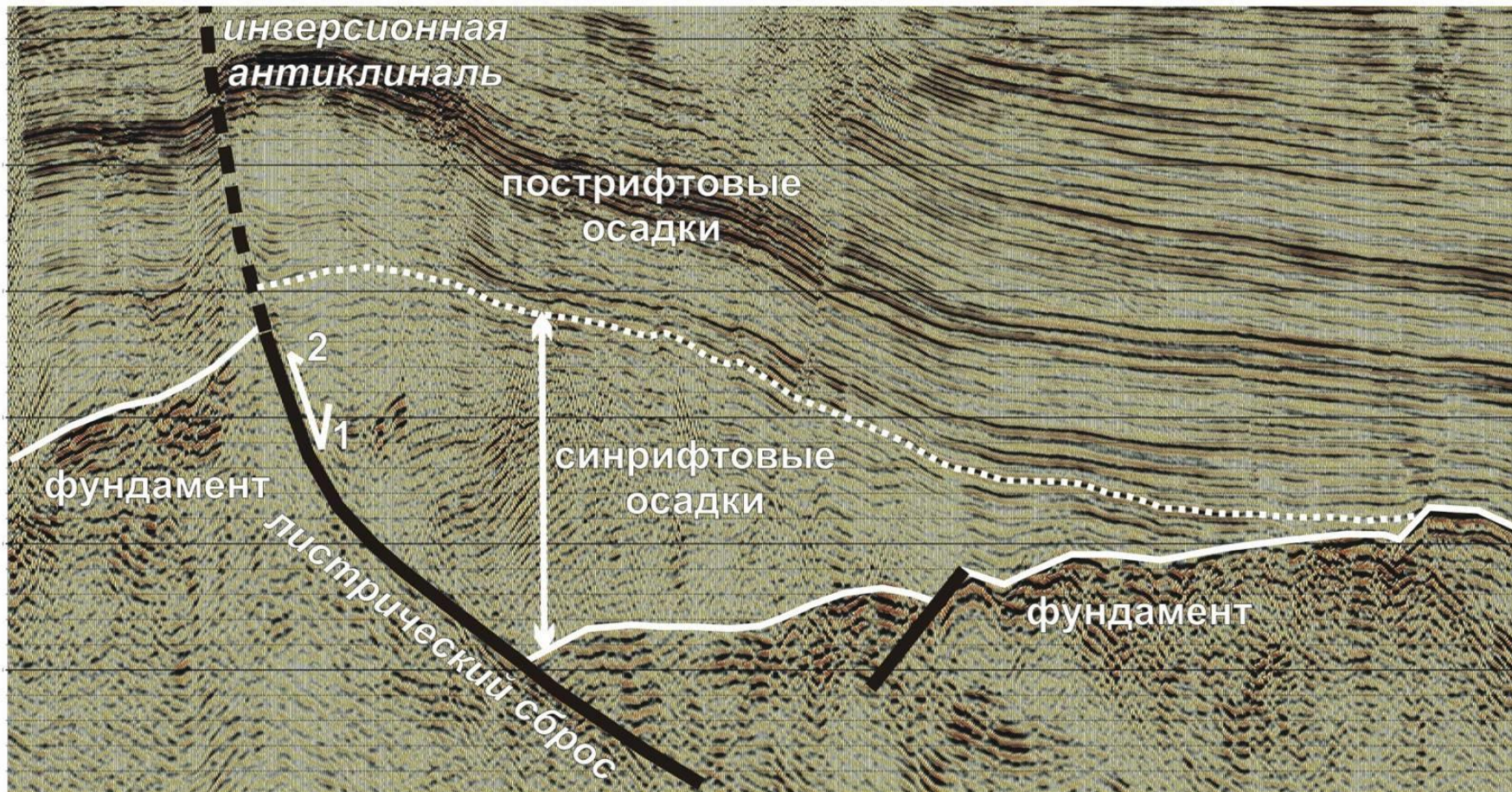
ИНВЕРСИЯ – смешанная модель



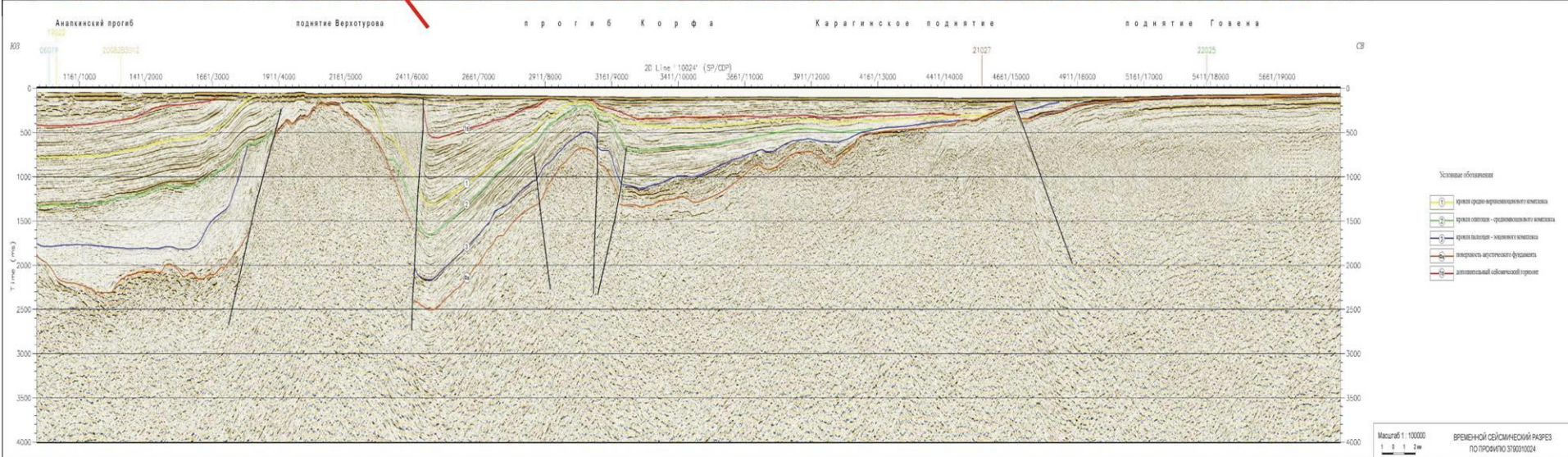
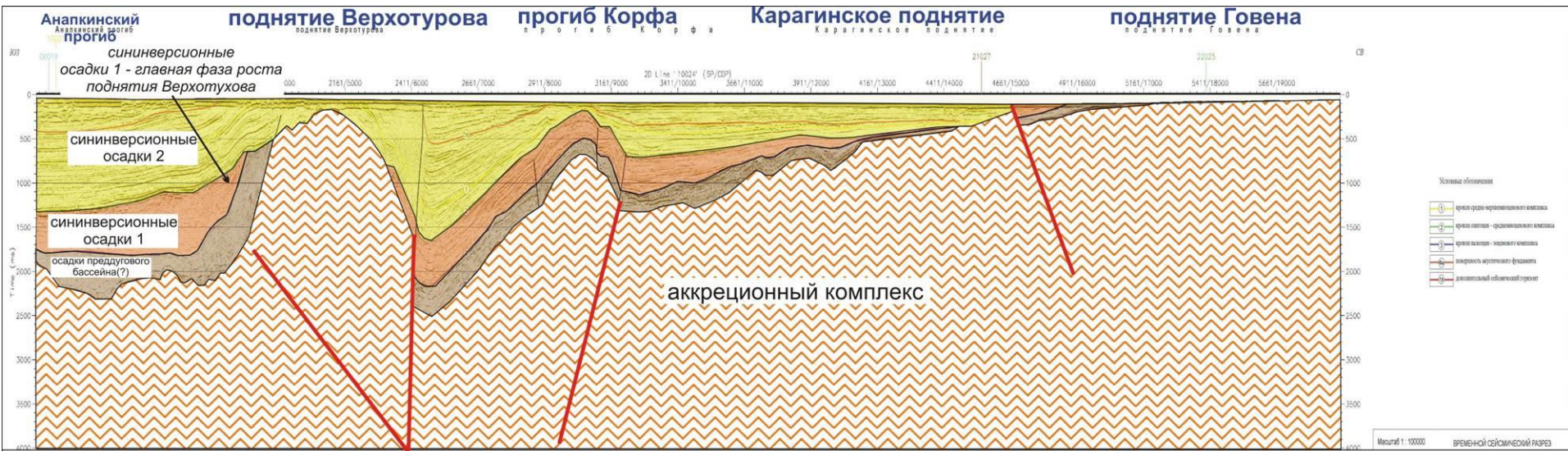
- **клиновидное поднятие может вытянуться и напоминать по форме структуру цветка**

Инверсия бассейна





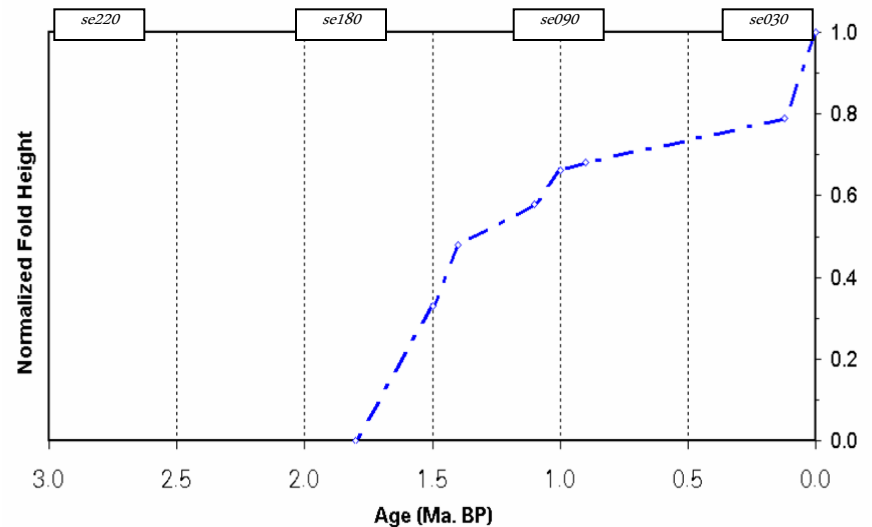
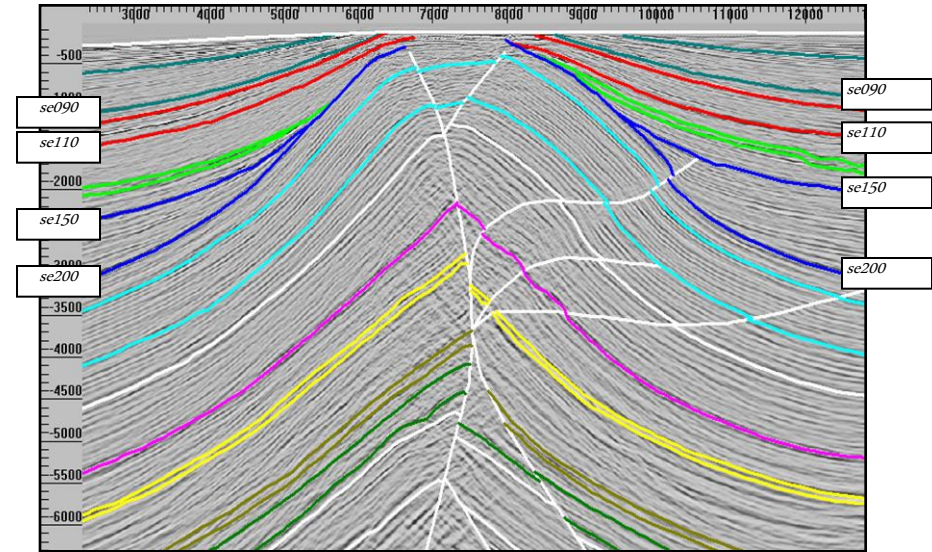




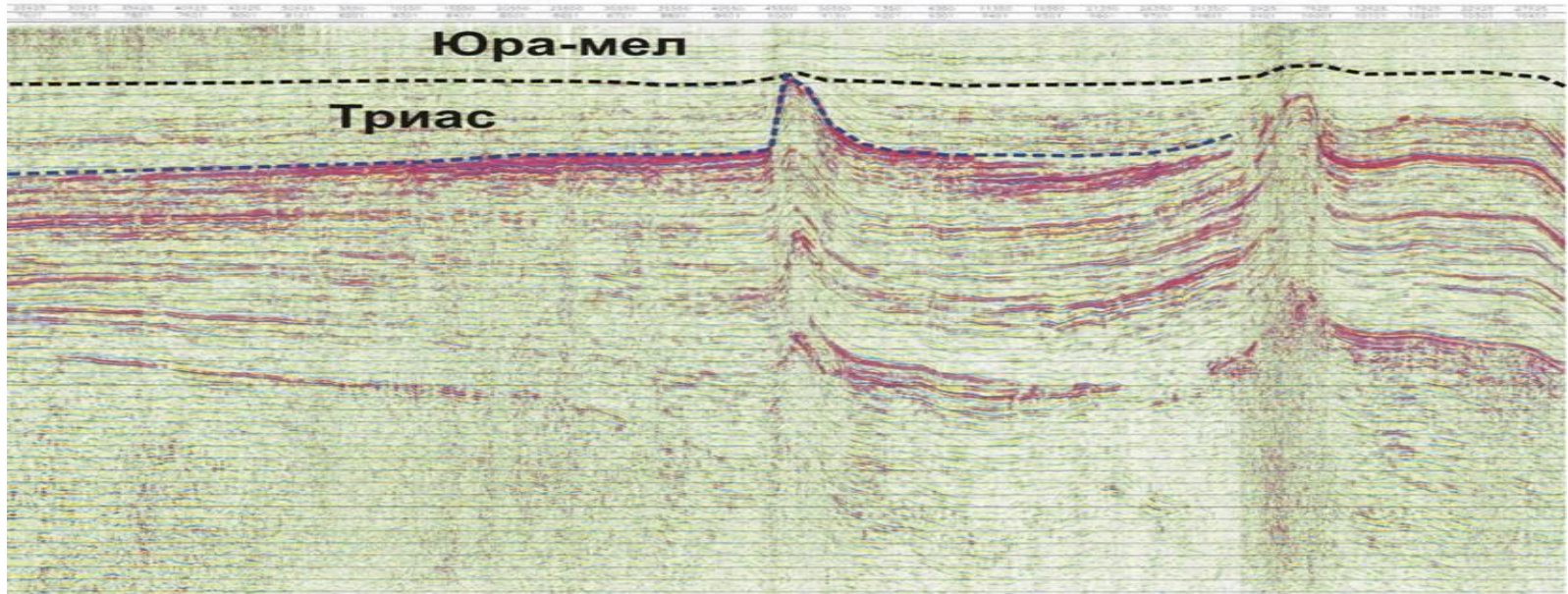
Данные ДМНГ

Определение геологического времени и последовательностей роста – *Решение*

- Предыстория роста
 - Первоначальный быстрый рост в интервале se200-se150.
 - параллельное несогласное трансрегрессивное залегание структурного рельефа на этом этапе, особенно в северо-восточном крыле.
 - Продолжение стабильного интервала несогласного трансрегрессивного залегания от 150-110?
 - Возобновление роста и последующая эрозия (?) после se090.
 - Эрозия примерно до верхнего уровня se200.

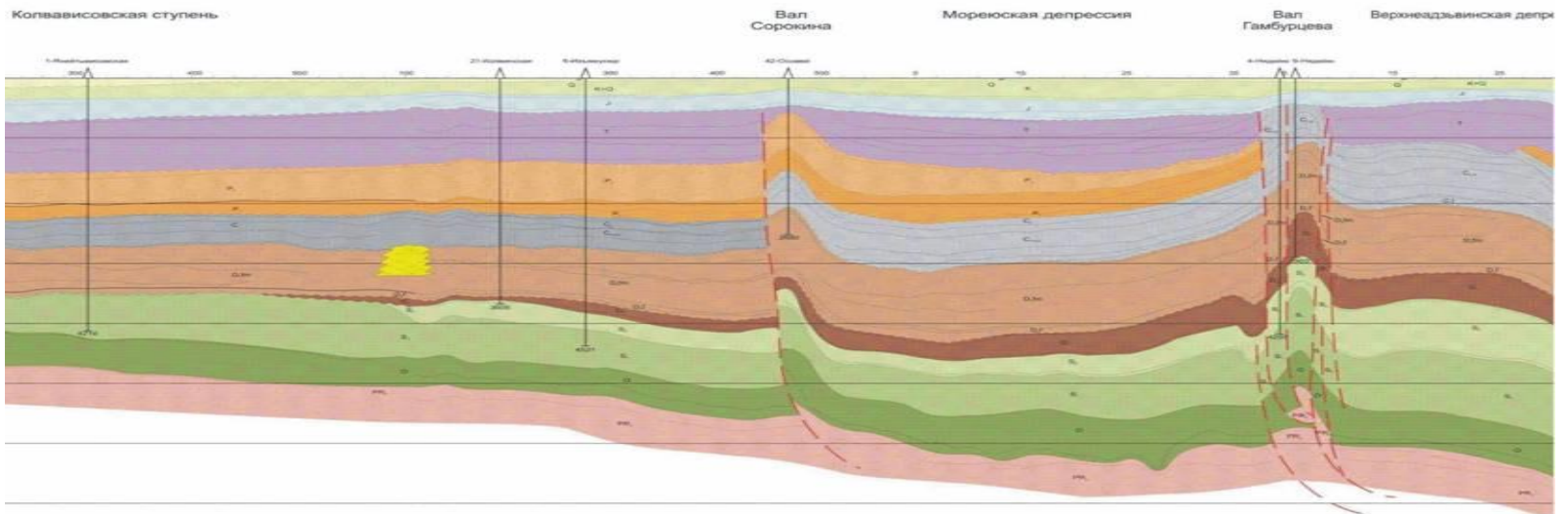


Тимано-Печорская провинция



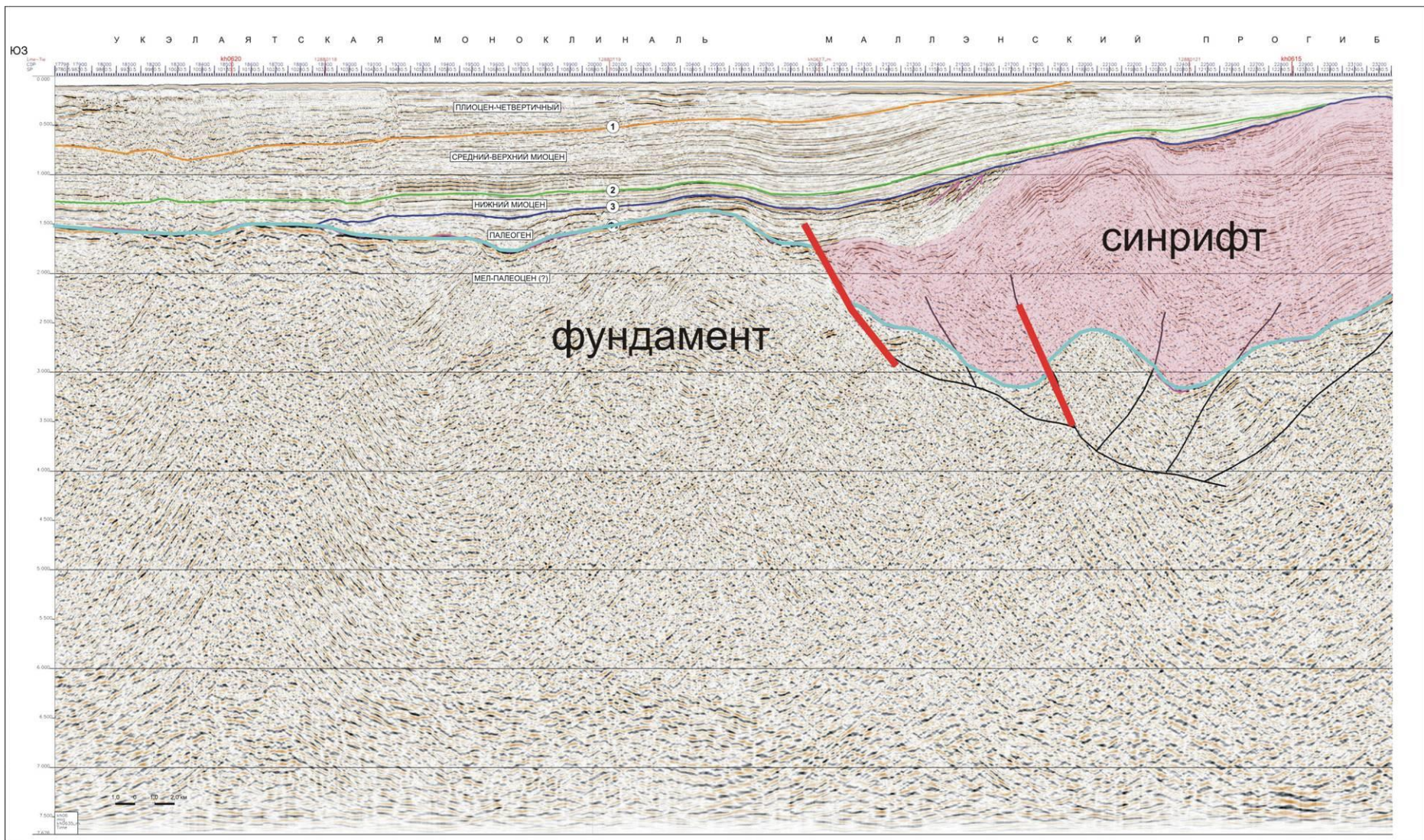
рская впадина

Варандей-Адзвинская структурная зона



Хатырский бассейн

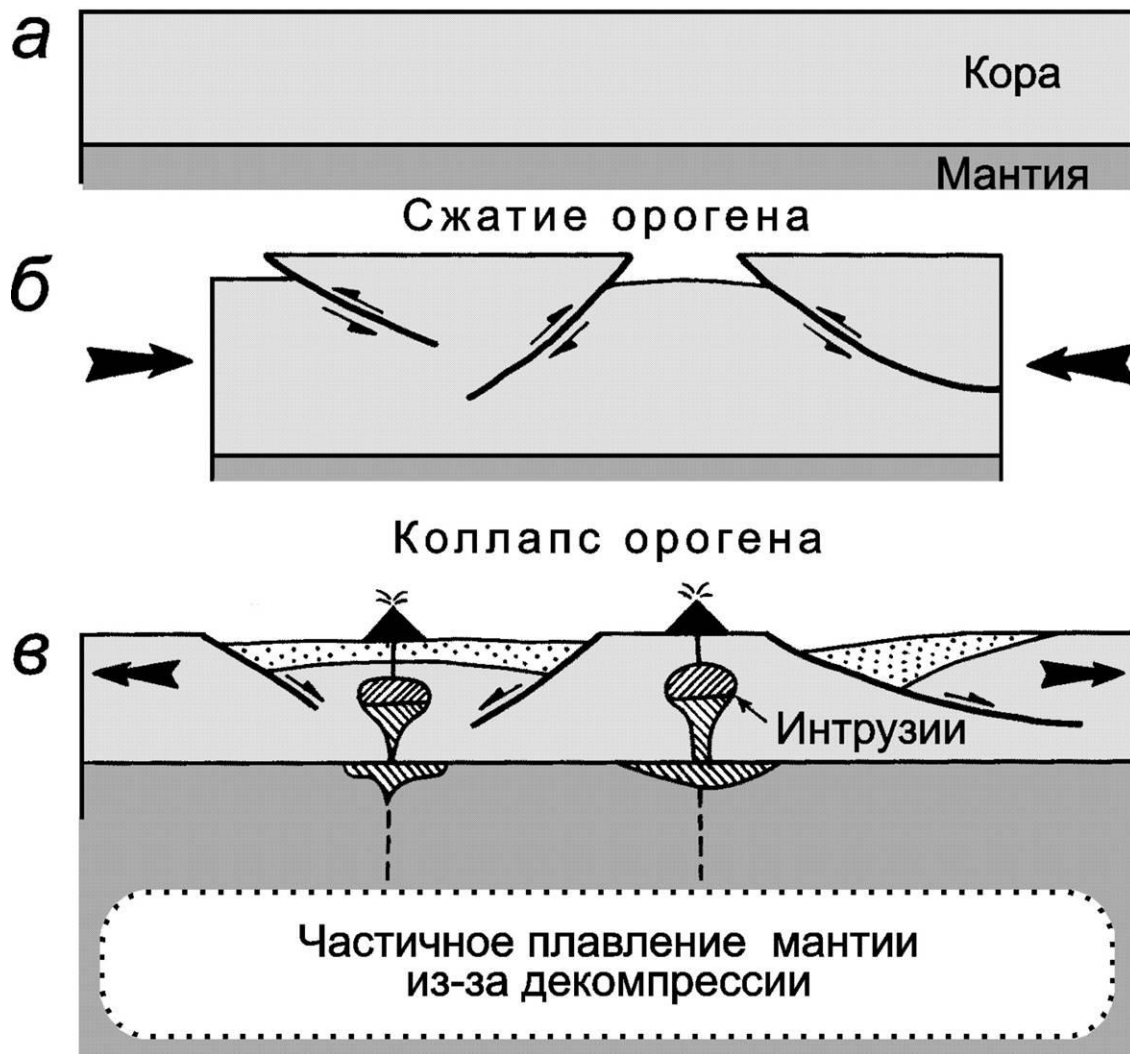
Маллэнский прогиб



Данные ДМНГ

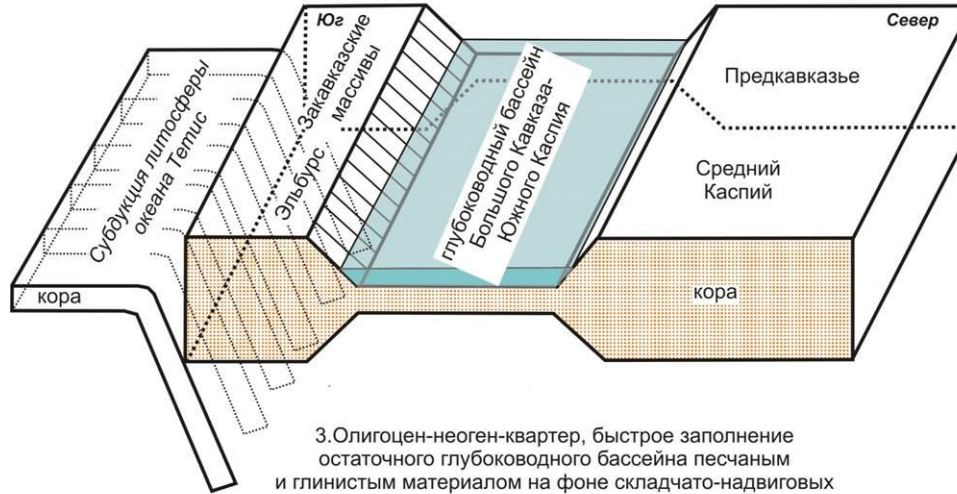
Коллапсные бассейны

СХЕМА ОБРАЗОВАНИЯ КОЛЛАПСНЫХ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ
(Никишин, 2002)



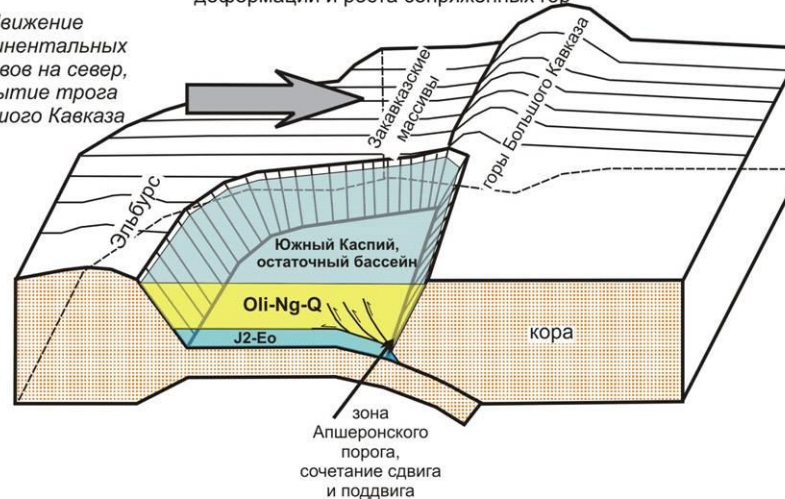
Остаточные бассейны

1. Келловей-поздняя юра, раскрытие задугового глубоководного бассейна с океанической и утоненной континентальной корой, глубоководная седиментация. 2. Мел-эоцен, седиментация в относительно спокойном глубоководном бассейне



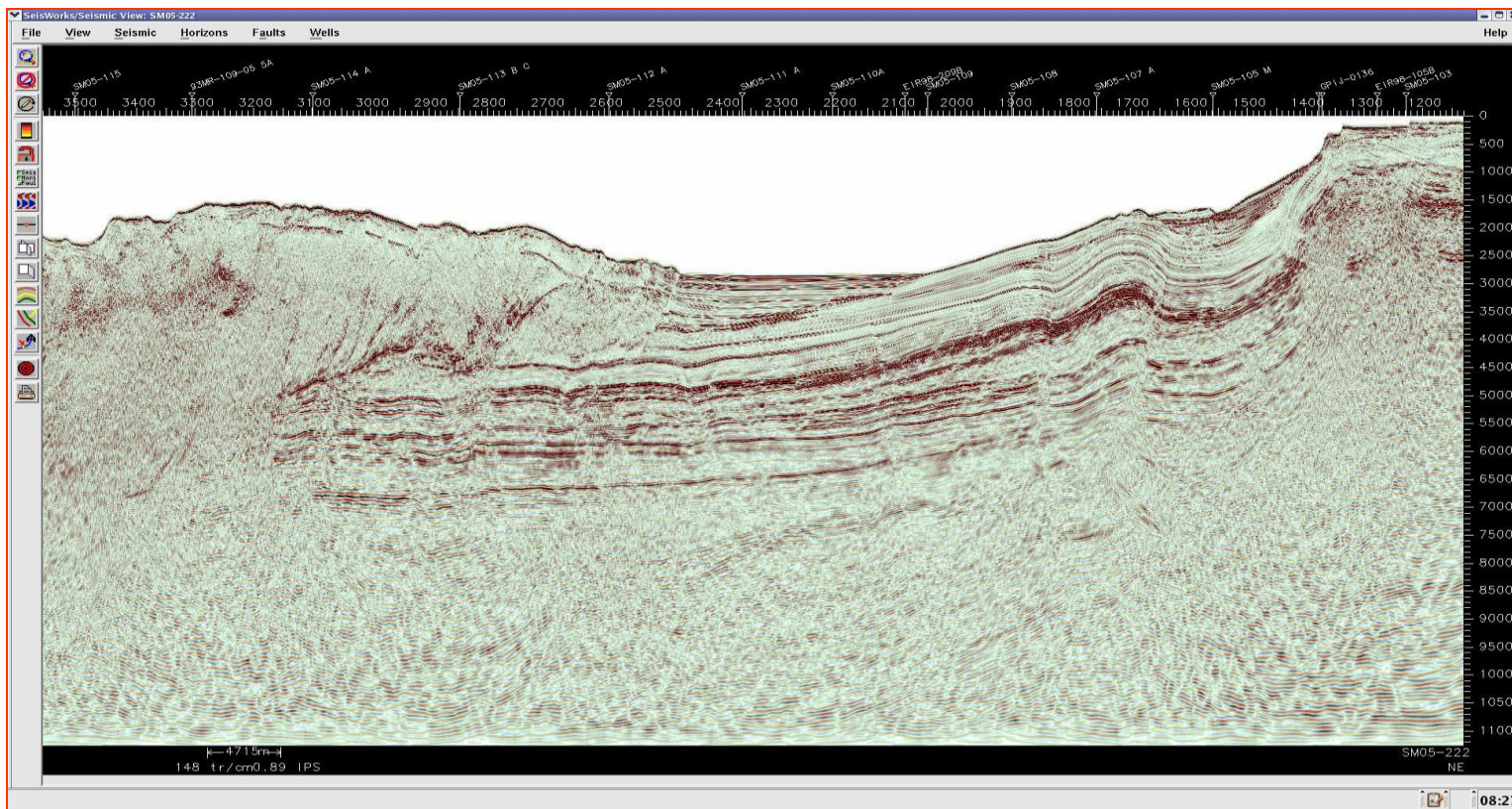
3. Олигоцен-неоген-квартер, быстрое заполнение остаточного глубоководного бассейна песчаным и глинистым материалом на фоне складчато-надвиговых деформаций и роста сопряженных гор

Движение континентальных массивов на север, закрытие трога Большого Кавказа



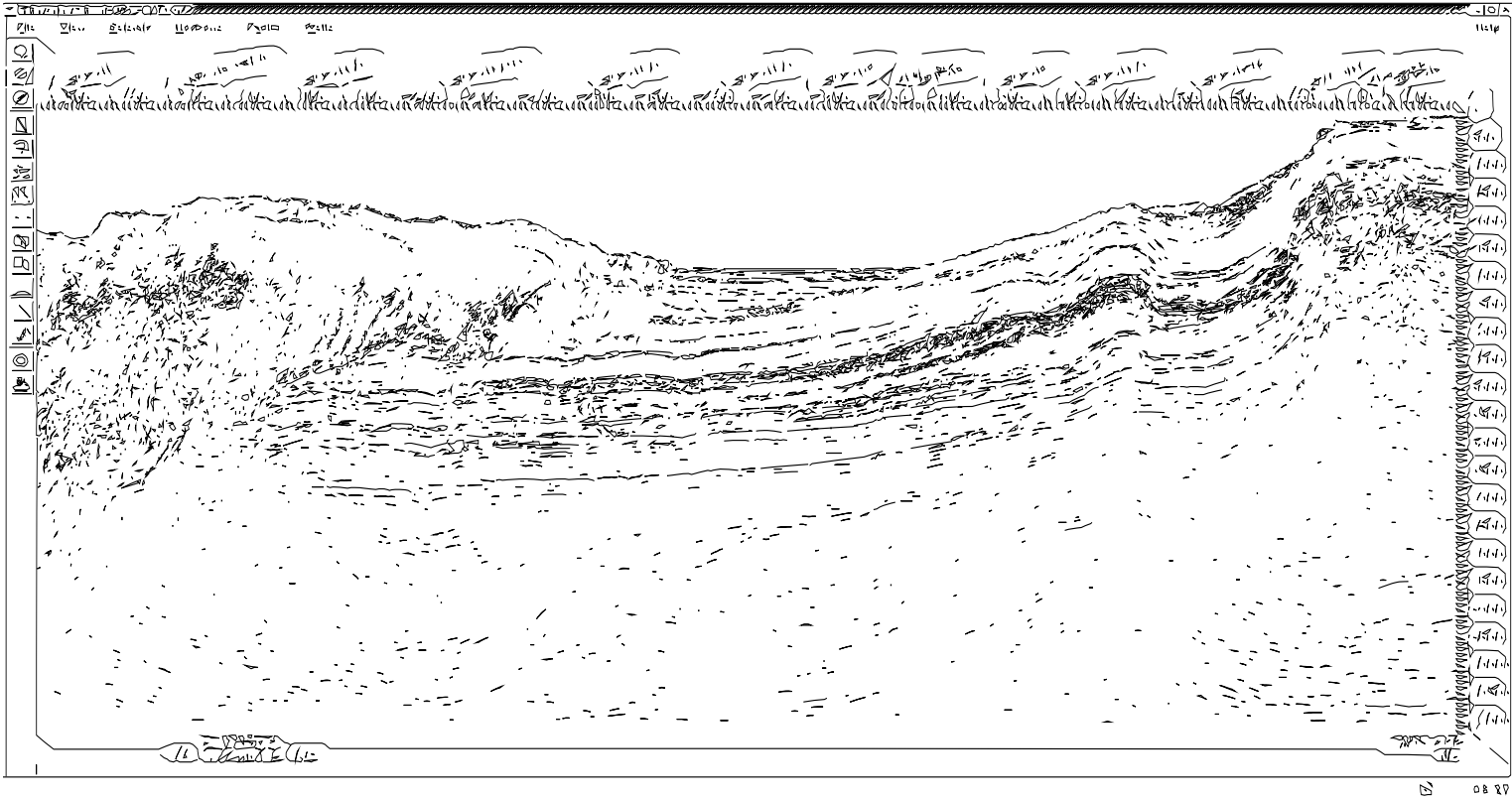
Пример
тектоностратиграфического
анализа

Последовательность построения хроностратиграфической диаграммы

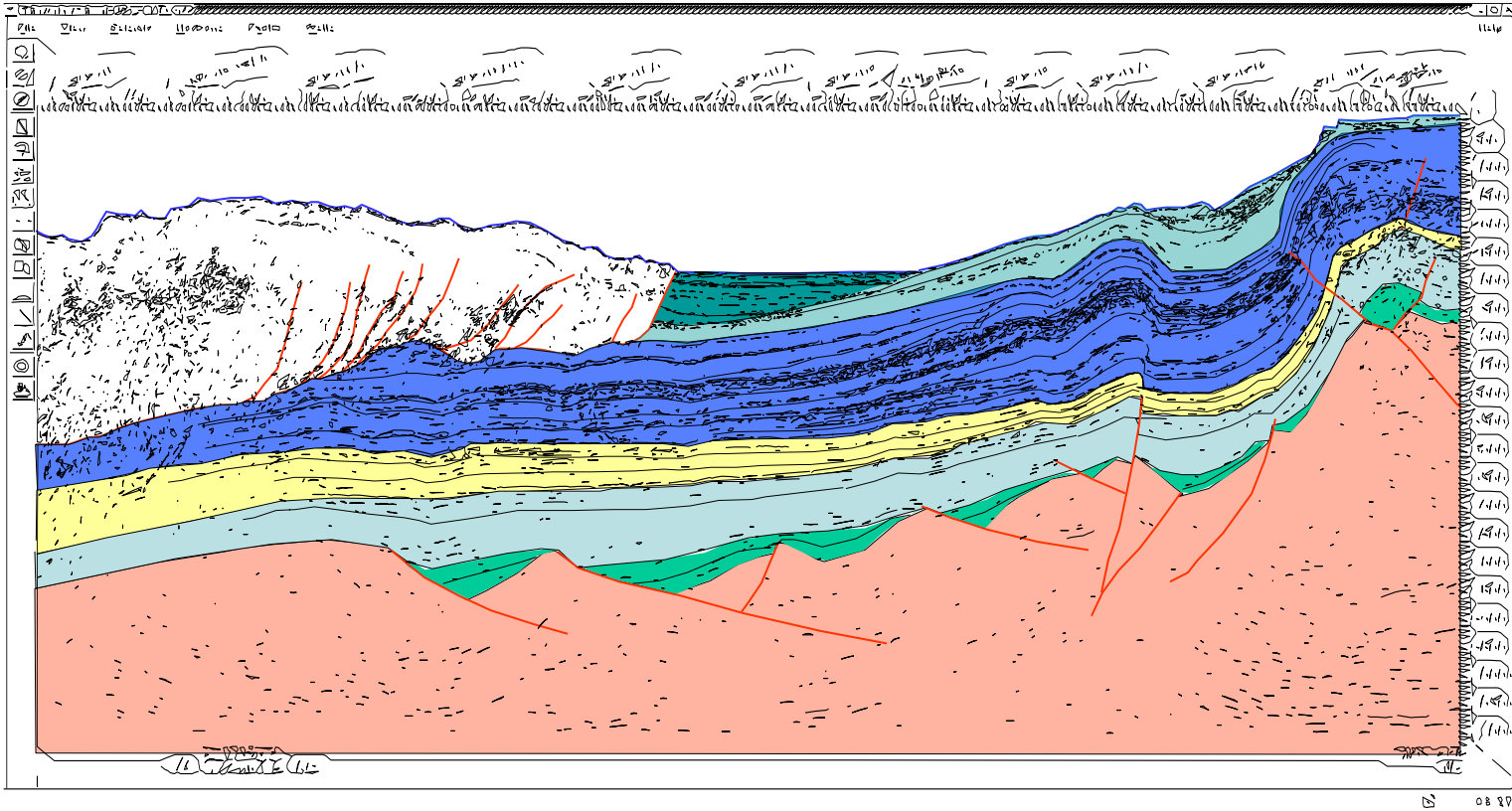


- Сейсмический разрез для района Семай в Индонезии.

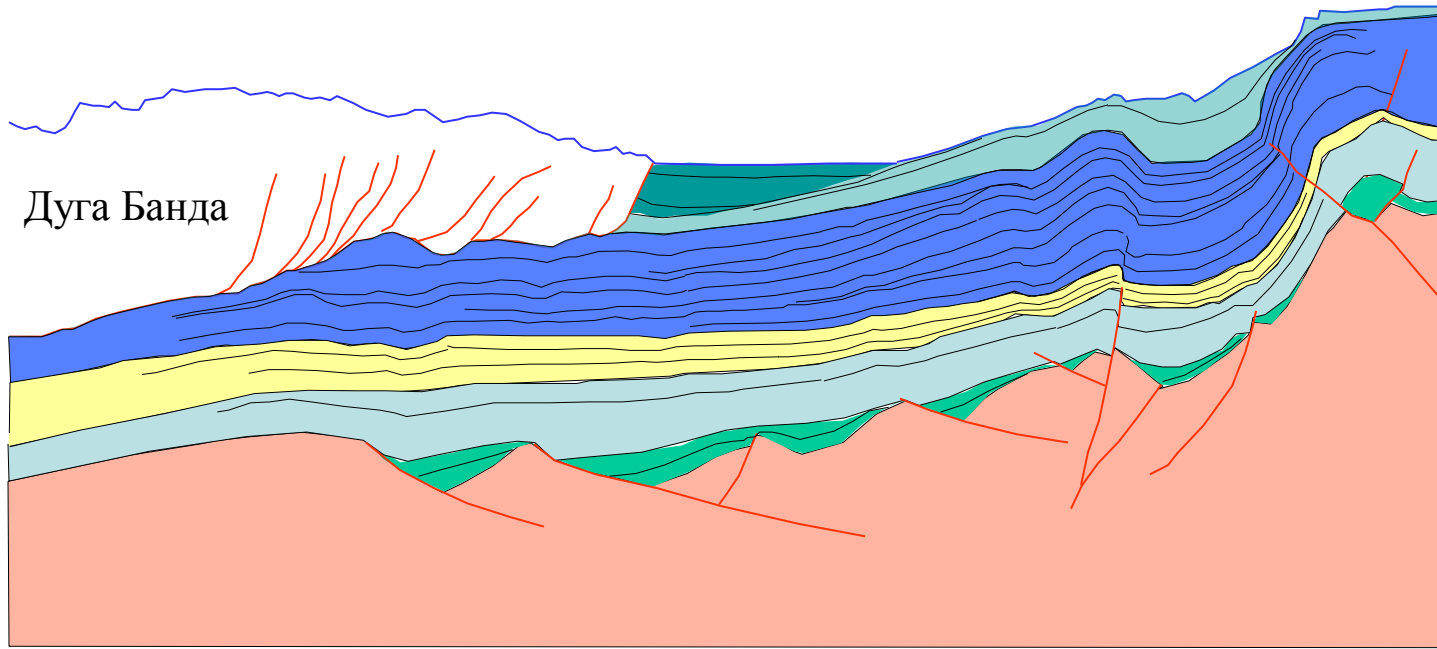
Разрез



Интерпретация

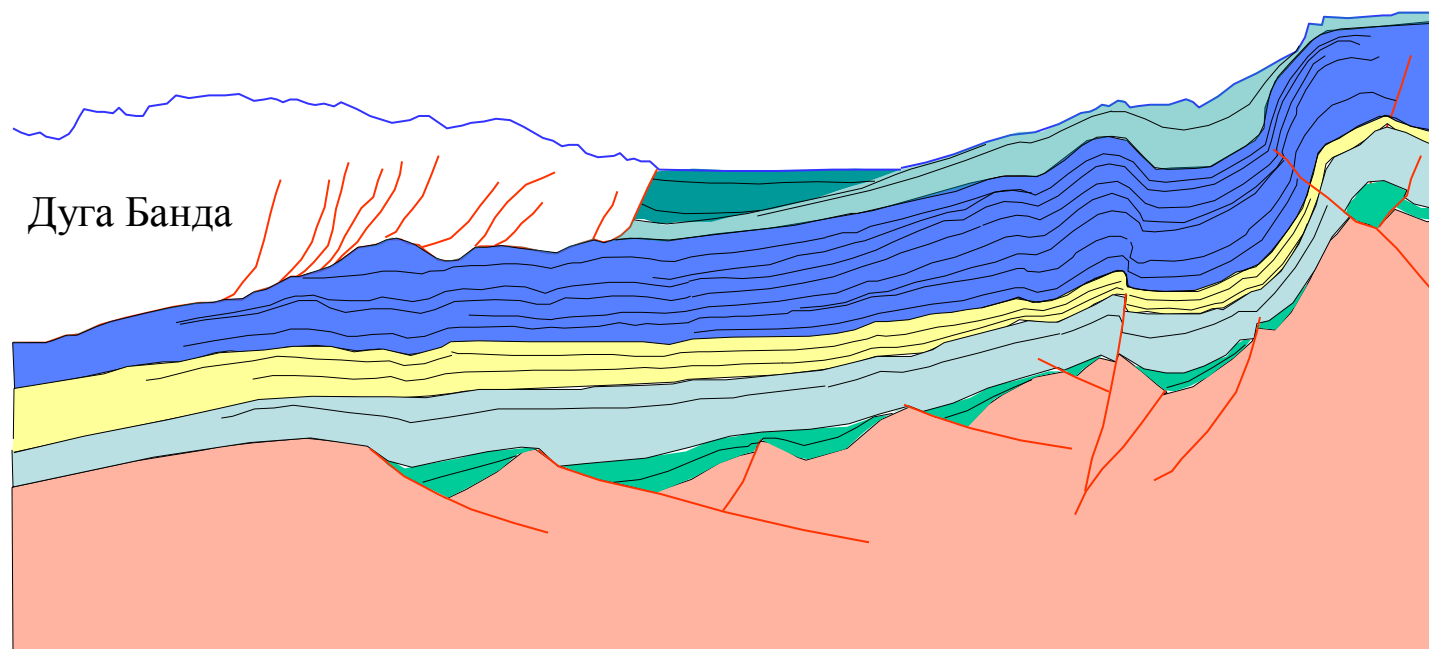


Интерпретация

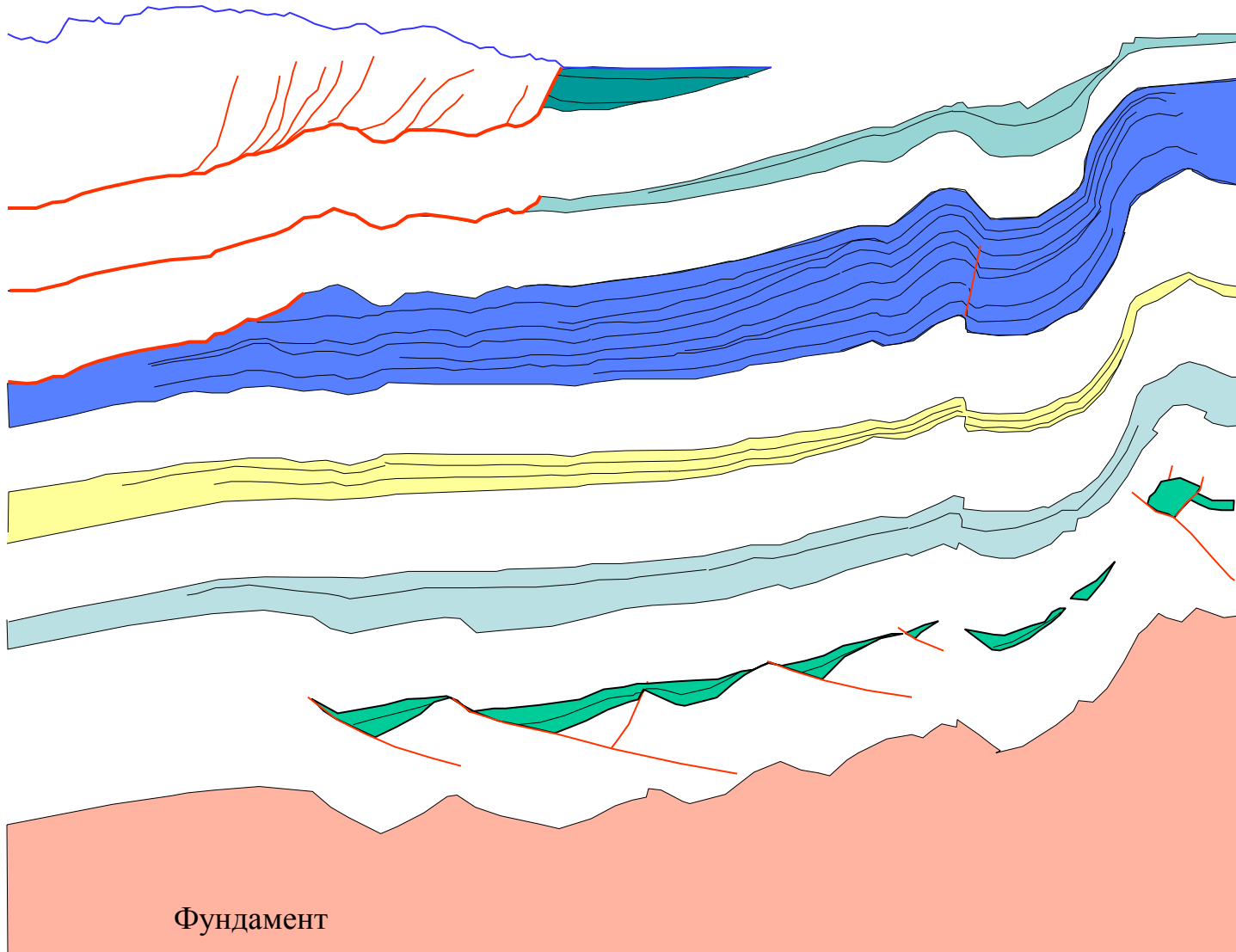


Дуга Банда

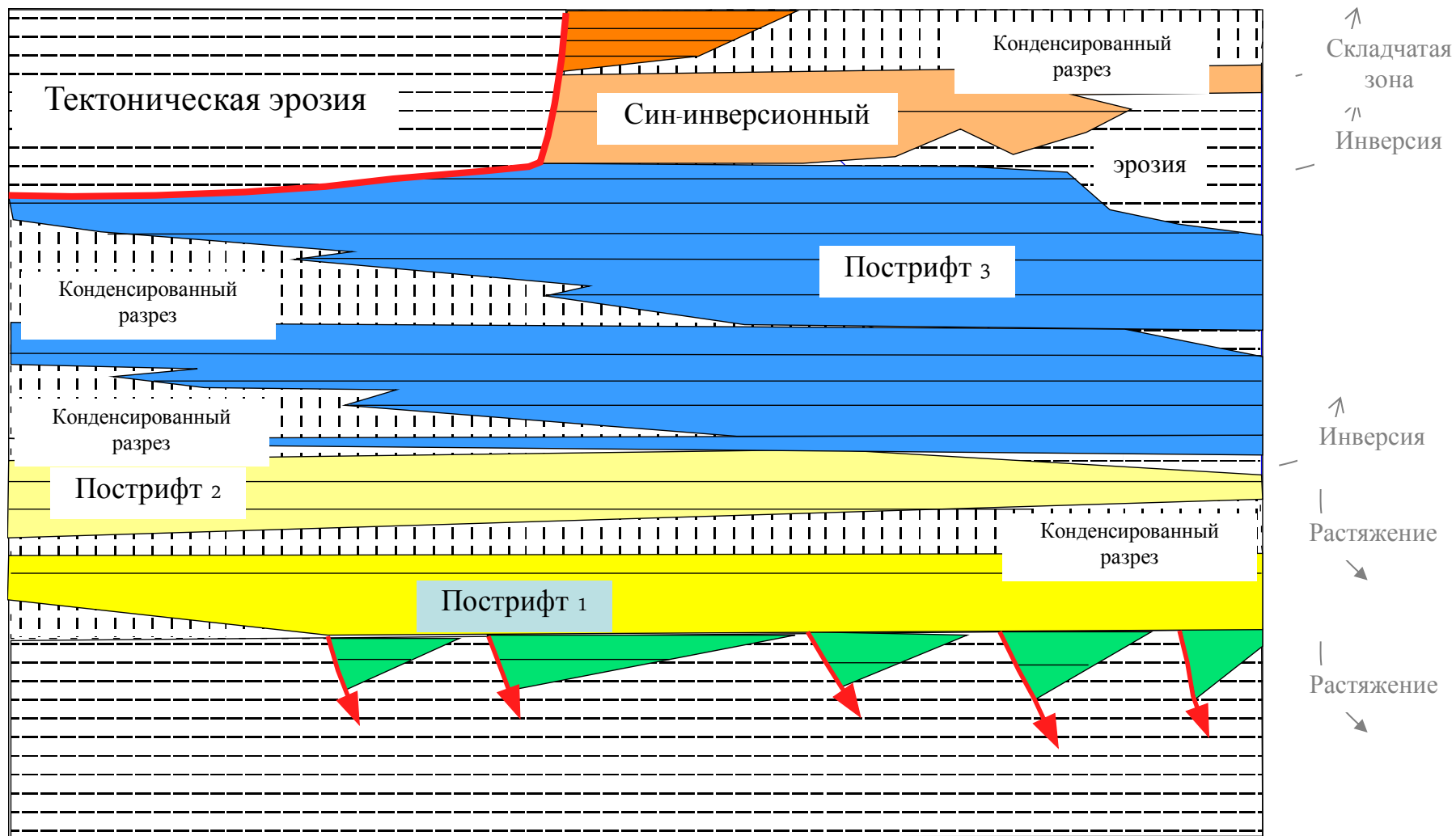
Мегасеквенции



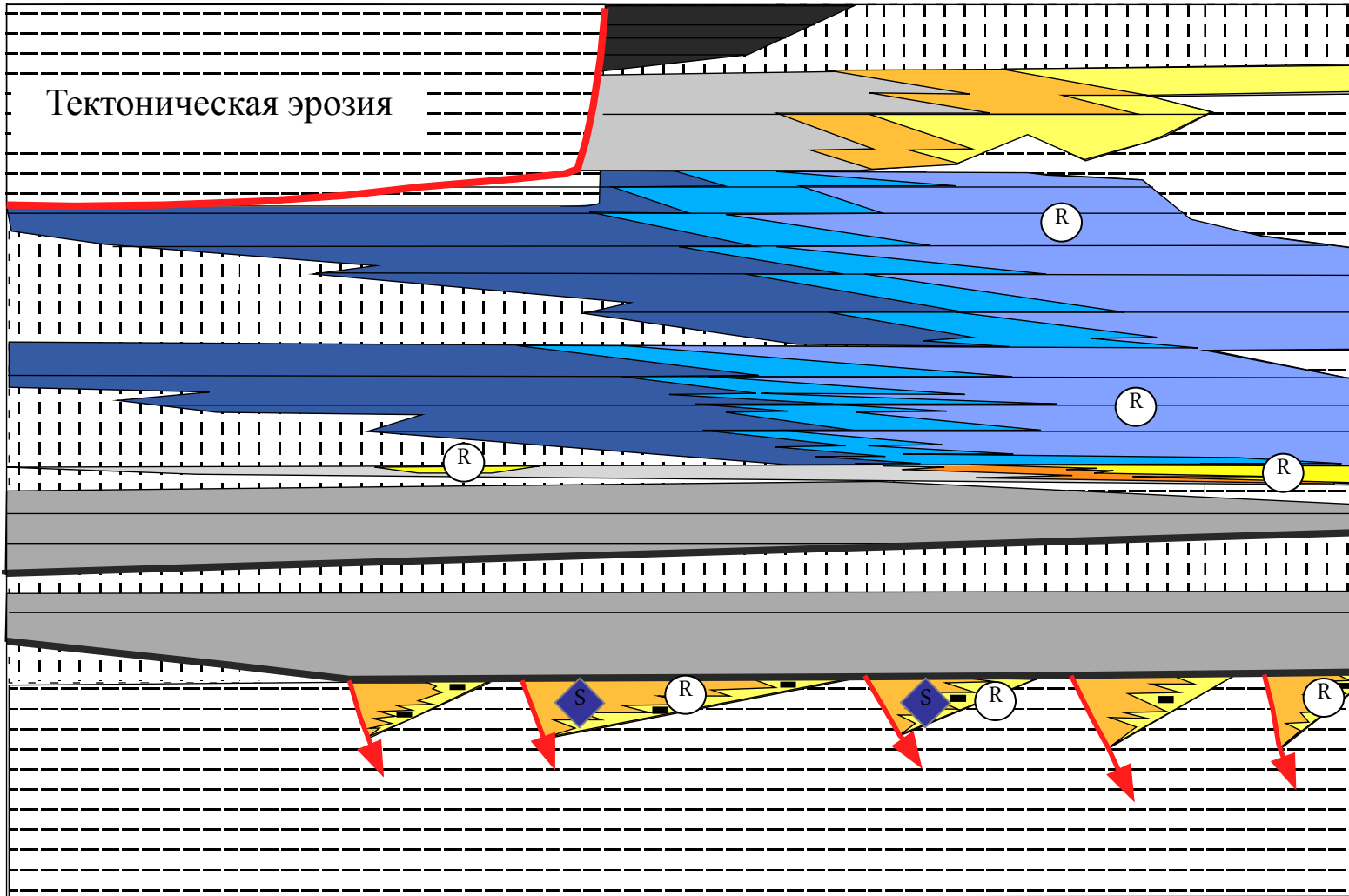
Тектоностратиграфические единицы



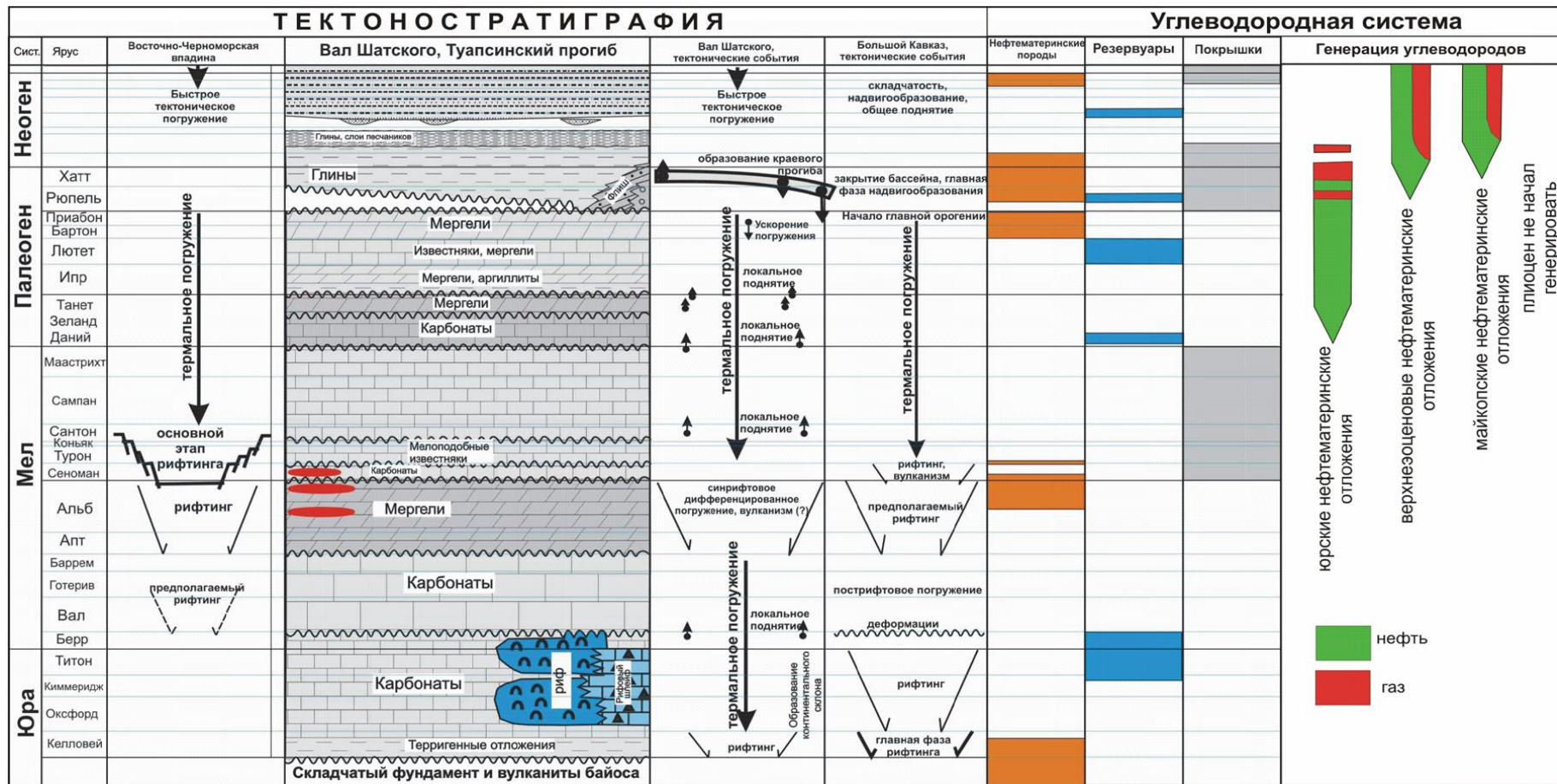
Расположение тектоностратиграфических единиц во времени



Совмещение хроностратиграфии с литологией и углеводородно системой



Тектоностратиграфия и углеводородная система вала Шатского и Туапсинского прогиба



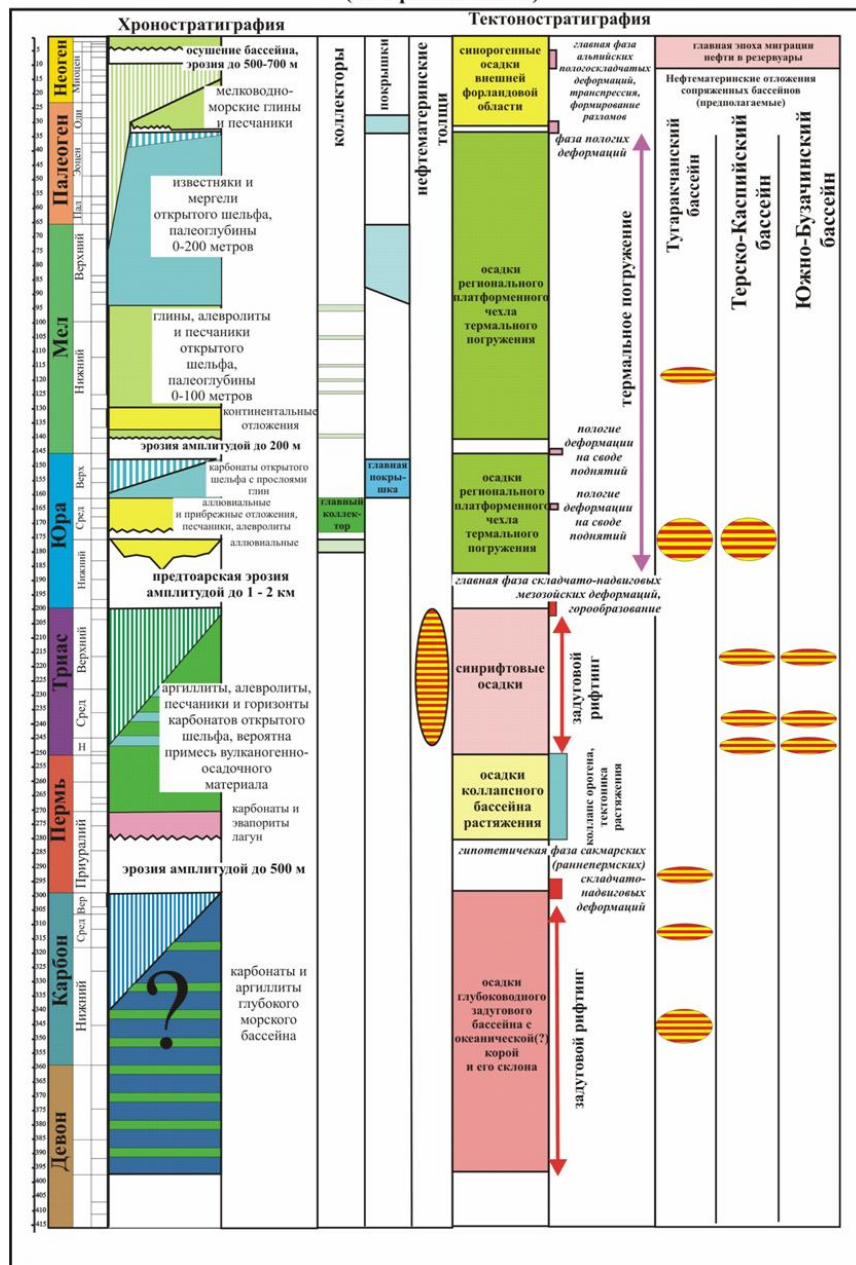
Возможные вулканы

нефть
 газ

юрские нефтематеринские отложения
верхнеэоценовые нефтематеринские отложения
майкопские нефтематеринские отложения
плиоцен не начал генерировать

Тектоностратиграфия северного Каспия

Тектоностратиграфия и нефтяная система района Кулалинского вала
(Северный Каспий)



Canada Basin "Post-Rift" Tectono -- Stratigraphy

