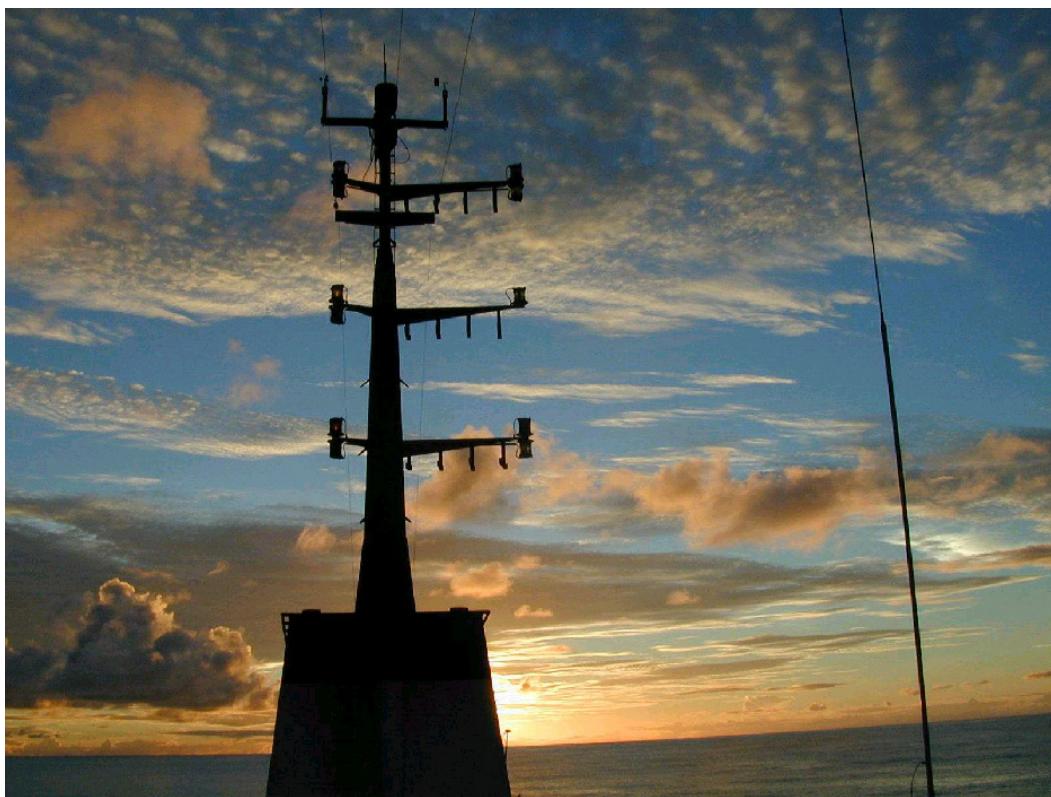


# Геология океанов и морей



**Срединно-океанические хребты. Взаимоотношения рифтовых зон и трансформных разломов.**

Лекция 3 (февраль 2005)

---

## Основные морфоструктуры областей стыка рифт-трансформ

**Область стыка рифт-разлом** [от англ. – rift-transform intersection], Grindlay, N., Fox P., Vogt P., 1992 – район срединно-океанического хребта, в котором происходит взаимодействие рифтов и трансформных разломов – т.е. зон растяжения и сдвигов. Включает следующие морфоструктурные элементы: всех структур рифтовой долины, поднятия внутреннего и внешнего углов, нодальную впадину, а также прилегающие активную и пассивную части трансформного разлома. Строение и рельеф перечисленных объектов может существенно изменяться в зависимости от скорости спрединга. В русскоязычной литературе применялись различные термины: соединение рифтовых и трансформных депрессий (Агапова, 1993), зона сочленения (Разницин и др., 1991)

---

**Трансформный разлом** [от англ. – transform fault], Wilson, 1965 – область сдвиговых перемещений, по которой один структурный элемент резко преобразуется в другой. Трансформные разломы могут называться "в соответствии с теми структурными формами, которые они соединяют (например, правосторонний трансформный разлом типа хребет-выпуклая дуга)" (Уилсон, 1974, с.60). Согласно этой классификации могут быть

выделены трансформные разломы типа: дуга–дуга, желоб–желоб, желоб–ороген, хребет–дуга, хребет–желоб, хребет–ороген, хребет–хребет и т.д. Последний тип, по которому имеется большинство публикаций, представляет собой депрессию в рельефе дна океана и в акустическом фундаменте. Она прослеживается по геолого-геофизическим данным на расстояние до сотен км, имеет ширину до десятков км, сложный рельеф и его морфоструктура зависит от скорости и направления спрединга (трансформные разломы быстрого и медленного смещения, с растяжением и сжатием). С ней связаны эпицентры землетрясений, имеющих сдвиговую компоненту. В ходе эволюции срединно-океанического хребта, трансформный разлом «отмирает» и заполняется осадками, формируя пассивные части. **Примеры:** разломы Оуэн (Индийский океан), Кейн (Атлантический океан), Сан-Андреас (запад Северной Америки).

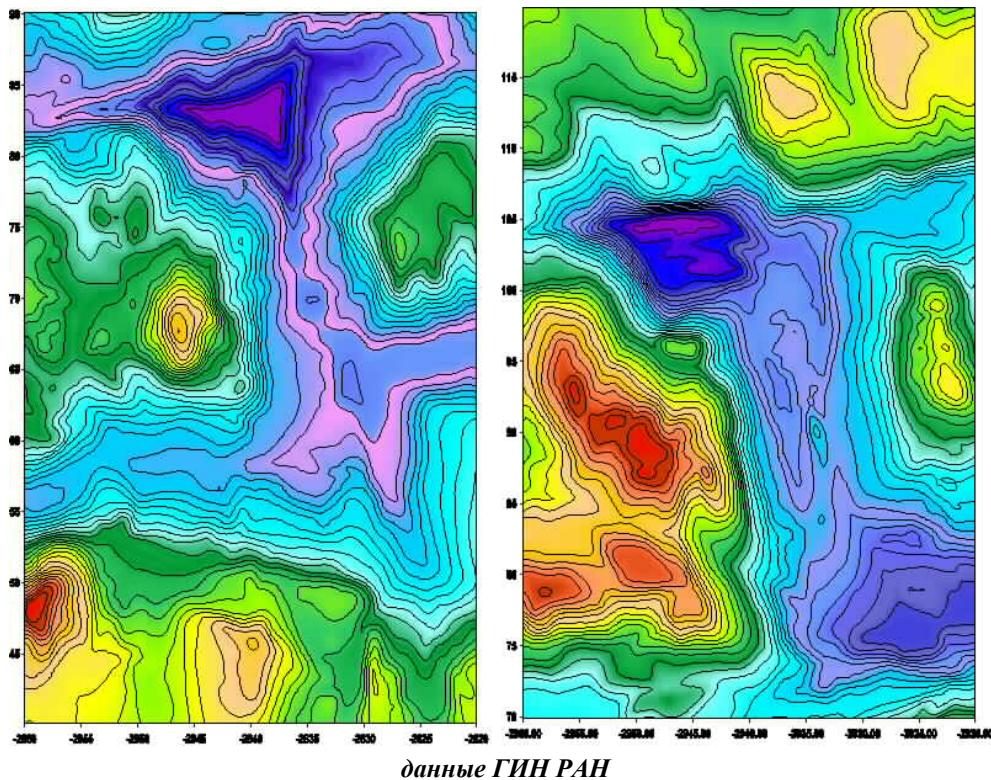
---

**Активная часть трансформного разлома** [от англ. – active part of the transform fault], Wilson J., 1965 - область сдвиговых перемещений краев плит в срединно-океаническом хребте с активной сейсмичностью, сформированная в результате спрединга. Представляет собой протяженную отрицательную форму рельефа дна (желоб), расположенную между двумя рифтовыми долинами, шириной до первых десятков км., которая не заполнена осадочным чехлом или его мощности находятся на пределе обнаружения высокочастотными и одноканальными методами сейсмического профилирования. Строение может осложняться медианными хребтами или депрессиями. Собственно перемещение происходит по зоне главного трансформного смещения. Син.: трансформ, трансформный разлом, межрифтовая часть разлома. **Примеры:** все наиболее крупные разломы Атлантического океана.

---

**Нодальная впадина** [от англ. nodal - центральный, узловой] (nodal basin) - депрессия дна океана, которая расположена в районе сочленения крупных разломных зон и рифтов срединно-океанических хребтов. Эти формы рельефа океанского дна представляют собой очень глубокие (до 6000 м) впадины, иногда разделенные на несколько отдельных депрессий неовулканическими хребтами (Sleep, Bieler, 1970).

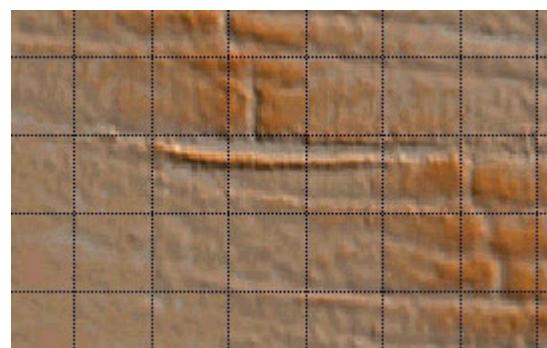
### **Нодальные впадины в разломной зоне Сан-Паулу (экваториальная часть Атлантического океана)**



данные ГИН РАН

**Под поперечными хребтами** [от англ. – transverse ridge] понимаются протяженные (до 1000 км) узкие (до 50 км) асимметричные зоны экстремальных подъемов (1000 - 8000 м над уровнем дна) океанической коры, протягивающиеся вдоль разломов. В отдельных случаях породы хребтов могли выходить или выходят выше уровня моря. Известны случаи формирования мелководных карбонатных платформ поверхности которых располагаются ныне на глубинах в первые сотни метров

### Поперечный хребет разлома Вима

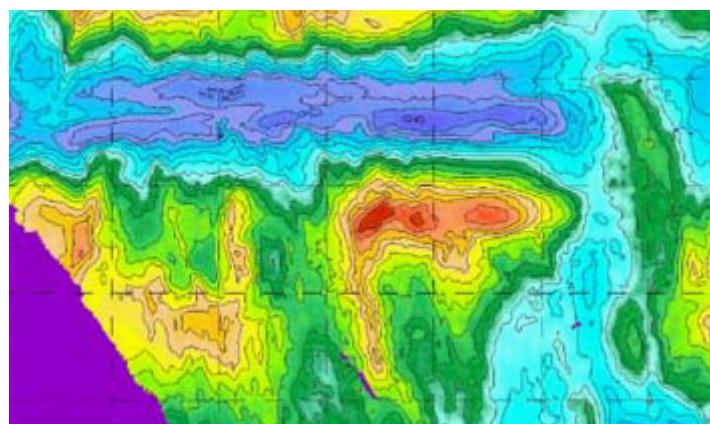


**Медианные хребты** [от англ. – median ridge] - Gallo et al., 1986 – положительная протяженная форма рельефа приразломных долин трансформных разломов и их пассивных частей, которая может располагаться как вдоль их оси, так и примыкать к бортам. Он может достигать многих десятков километров в длину при относительной высоте во многие сотни метров. С этих морфоструктур был поднятые породы океанической коры в различных пропорциях - от только серпентинитов или гипербазитов до свежих базальтов. Типичный медианный хребет известен в пределах разлома Атлантичес. (Zervas et al., 1995), где он расположен в

восточной части активной части (протяженность около 14 км, ширина 15-20 км, высота порядка 100 м). Его происхождение связывают с результатом действия сжатия при сдвиговых напряжениях в трансформе и, скорее всего, представляет блок серпентинизированного материала, ограниченного разломами. Примеры: В Атлантическом океане, они известны в разломах Чарли Гиббс (Searle, 1991), Атлантик (Zervas et al., 1995), Кейн (Tucholke, Schouten, 1988, Pockalny et al., 1988). В Индийском - Атлантик II (Dick et al., 1991), В Тихом - Томайо (Kastens et al., 1979, Macdonald et al., 1979), Клиппертон (Gallo et al., 1986, Barany, Karson, 1989).

**Поднятие внутреннего угла** [от англ. – *high inside corner*] располагается на стыке активной части трансформного разлома и рифтовой долины. В большинстве случаев поднятие внутреннего угла образует крупные подводные пики с минимальными глубинами в пределах всего срединно-океанического хребта. В ряде случаев они формируют обширные топографические поднятия.

### Угловое поднятие разлома Богданова (глубина вершины - около 1300 м) (Атлантический океан, 7° с.ш.)



Срединно-океанические хребты **сегментированы** - вдоль его простирации отмечается изменение рельефа и составов как мантийных, так и коровых пород. Границы сегментов приурочены, как правило, к трансформным разломам.

### Классификация разломов

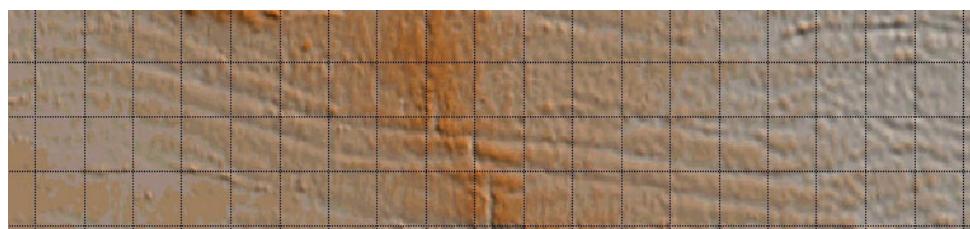
**моноразлом**  
(разлом Страхова, Атлантический океан по данным альтиметрии)



Smith, Sandwell, 1997

### сдвоенные разломы

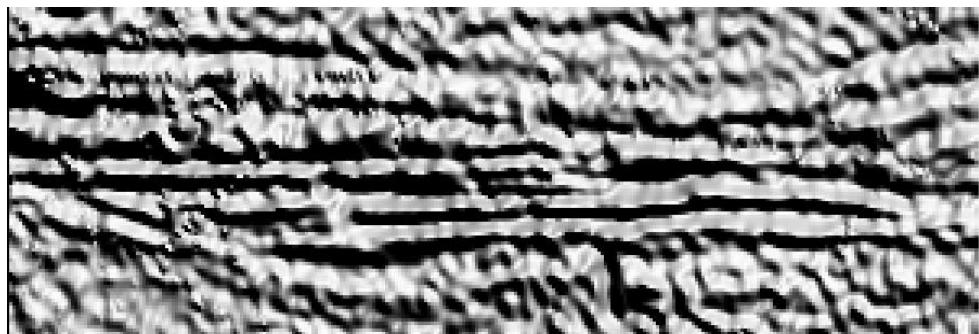
(разломы Марафон-Меркурий, Атлантический океан по данным альтиметрии)



Smith, Sandwell, 1997

### полиразломные системы

(разломы Долдрамс, Архангельского, Вернадского, Атлантический океан по данным альтиметрии)



Smith, Sandwell, 1997

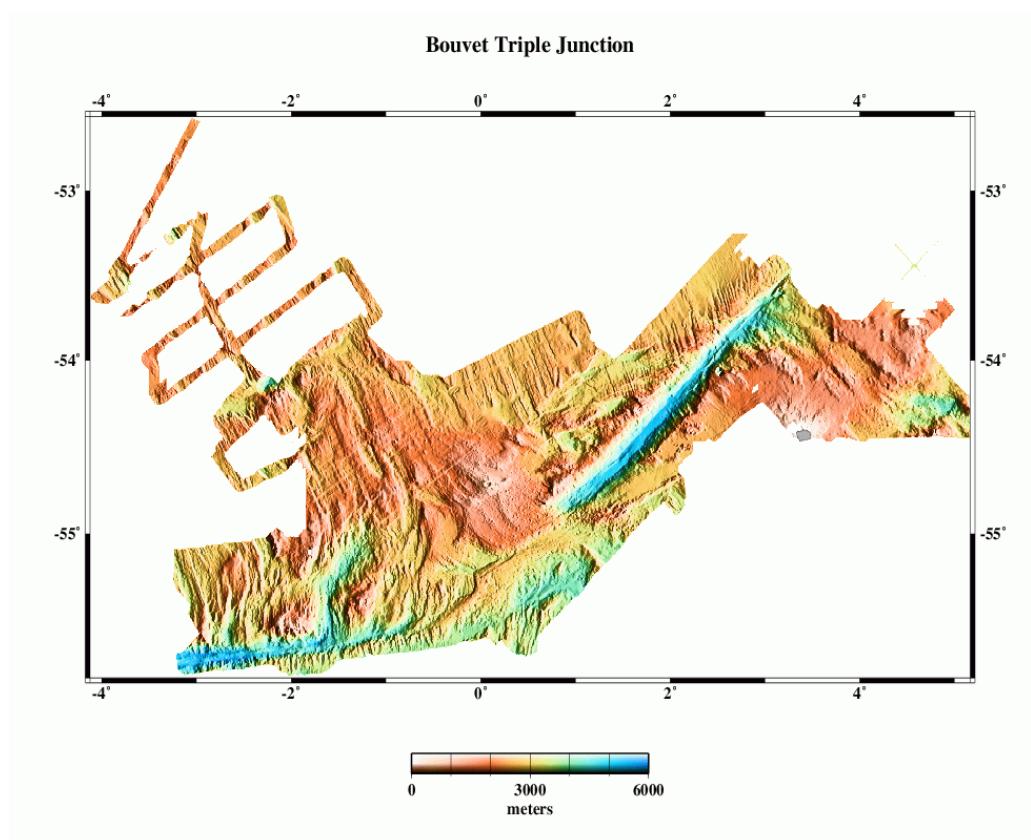
---

### Точки тройного сочленения

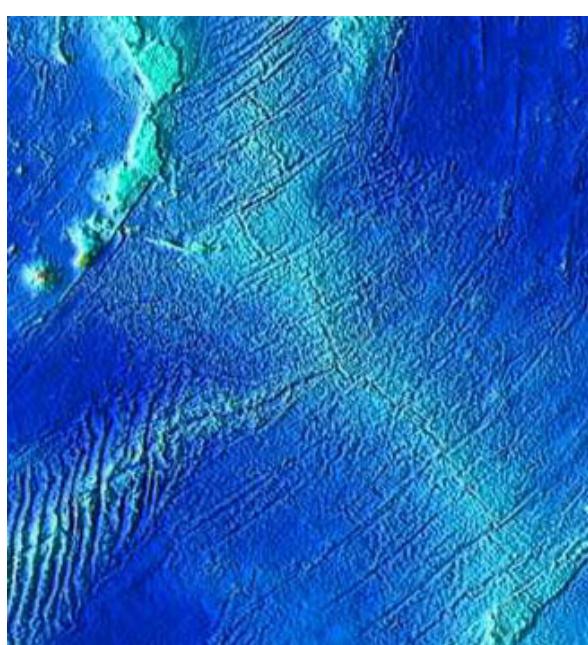
**Точка тройного сочленения** [от англ. – triple junction], McKenzie, Morgan W.J., 1969 – область на поверхности Земли, где соединяются границы трех различных плит. Они стабильны с кинематической точки зрения, если ориентация каждой границы неизменна относительно других. Син.: точка тройного сочленения, тройное сочленение, тройная точка, узел. Примеры: тройные точки Буве (Атлантический океан), Родригес (Индийский океан).

## Тройная точка Буве (юг Атлантического океана)

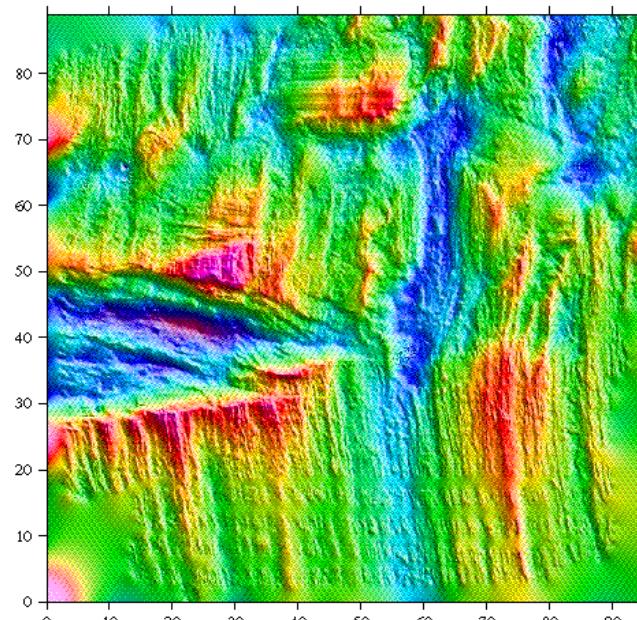
### Батиметрическая карта тройной точки Буве



## Тройная точка Родригес. Центральная часть Индийского океана



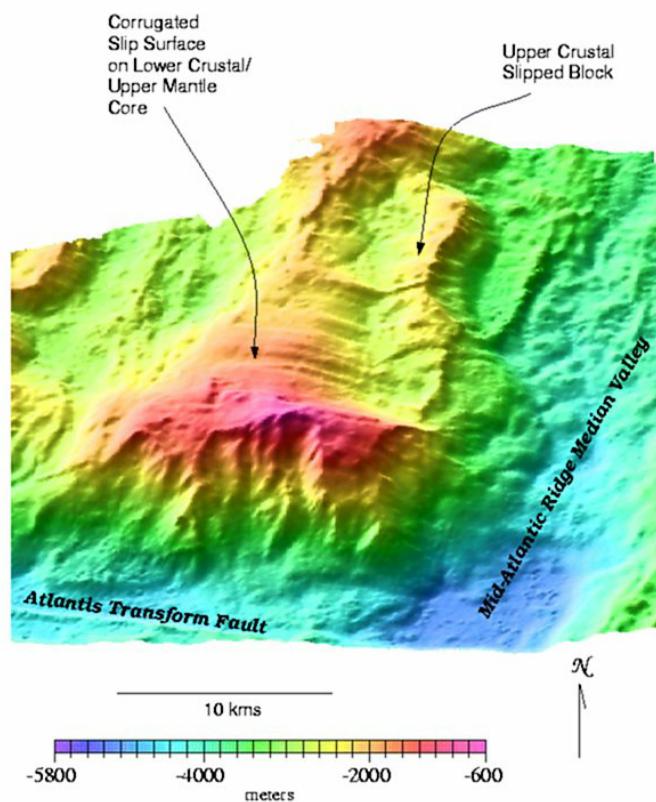
<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/image/>



<http://www.ocean.cf.ac.uk/people/neil/>

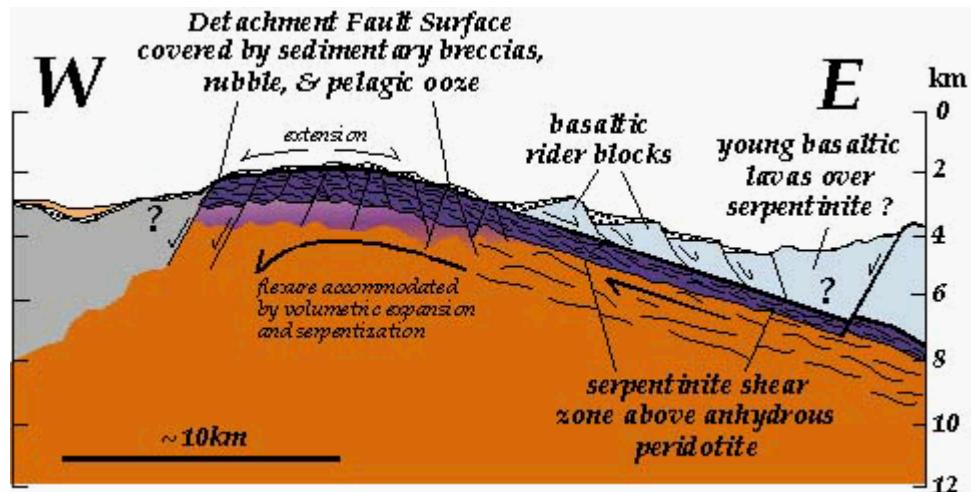
### Некоторые случаи, которые не имеют однозначного толкования

**Структуры мегамуллион (гигамуллион) - признак существования крупных срывов в океанической коре**



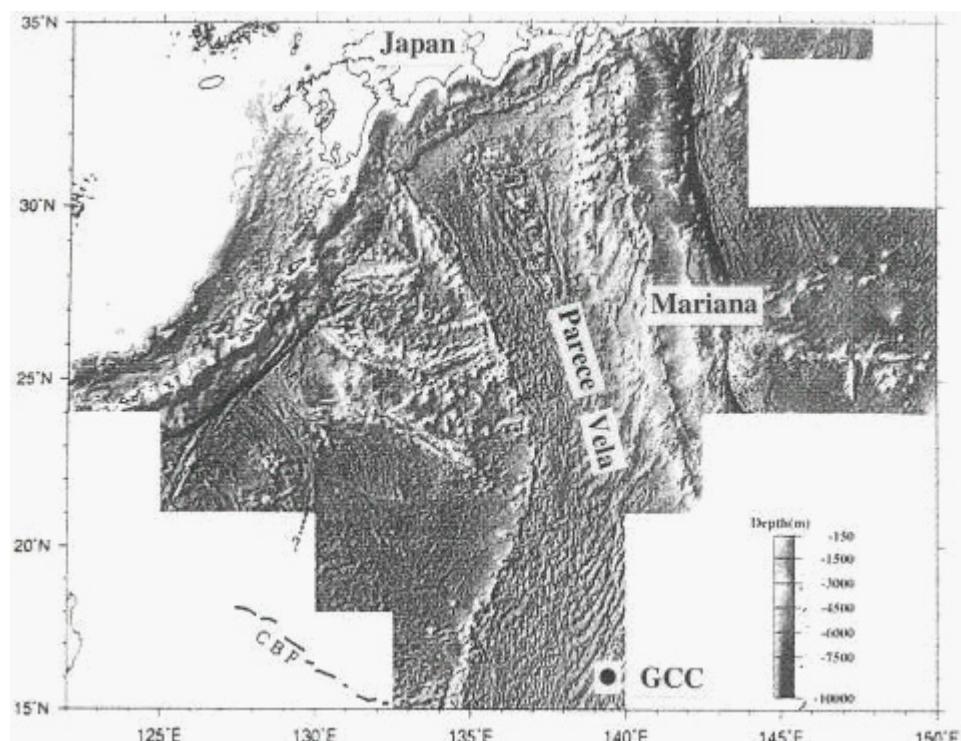
<http://diotima.mpcch-mainz.mpg.de/~jesnow/Ozeanboden/OCC/Cann.htm>

**Модель формирования выходов глубинных пород**

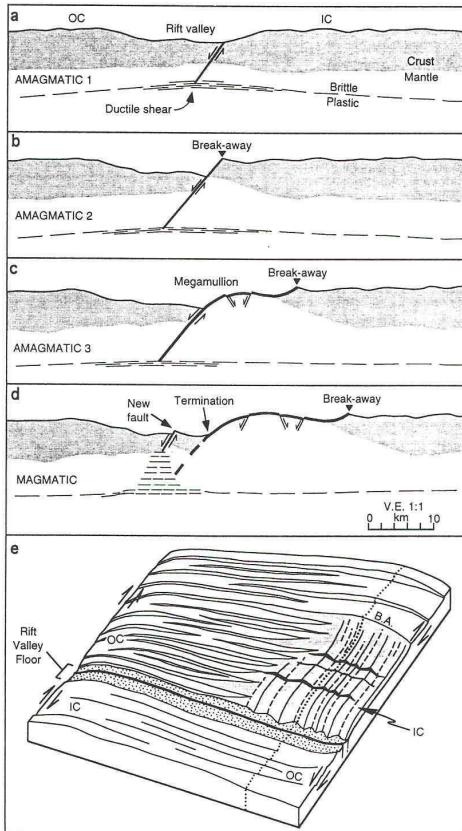


<http://www.nicholas.duke.edu/eos/people/gradstudents/graphics/B.jpg>

### Структуры мегамулион (гигамулион) в Филиппинском море



[www.dal.ca/~odp/new/drilling\\_proposal/salisbury\\_32.pdf](http://www.dal.ca/~odp/new/drilling_proposal/salisbury_32.pdf)



[www.dal.ca/~odp/new/drilling\\_proposal/salisbury\\_32.pdf](http://www.dal.ca/~odp/new/drilling_proposal/salisbury_32.pdf)

## Особые случаи соотношения рифт-разлом

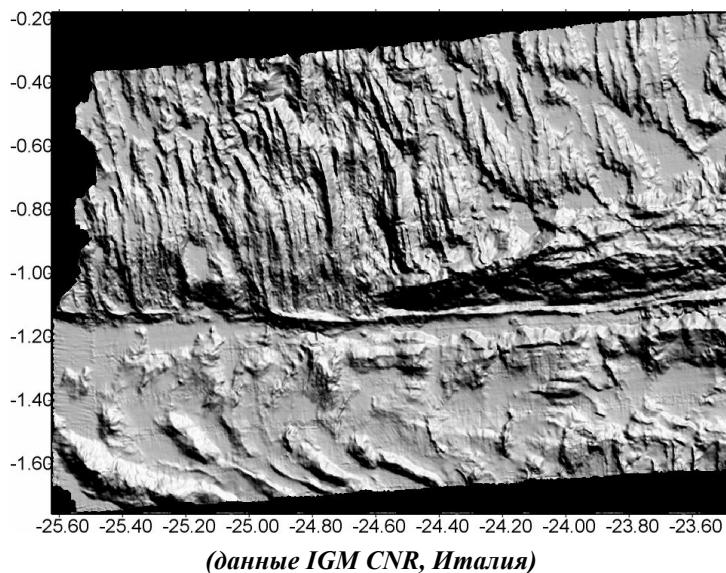
### Разлом Романш (запад и восток) (Атлантический океан, экватор)

В природе известны более сложные случаи, чем модели. В крупнейшей зоне разломов Романш на западе активной части рифтовая долина практически перекрыта поперечным хребтом, а на востоке - рифтовая долина не доходит до трансформного разлома.

### Запад активной части разлома Романш (батиметрия)

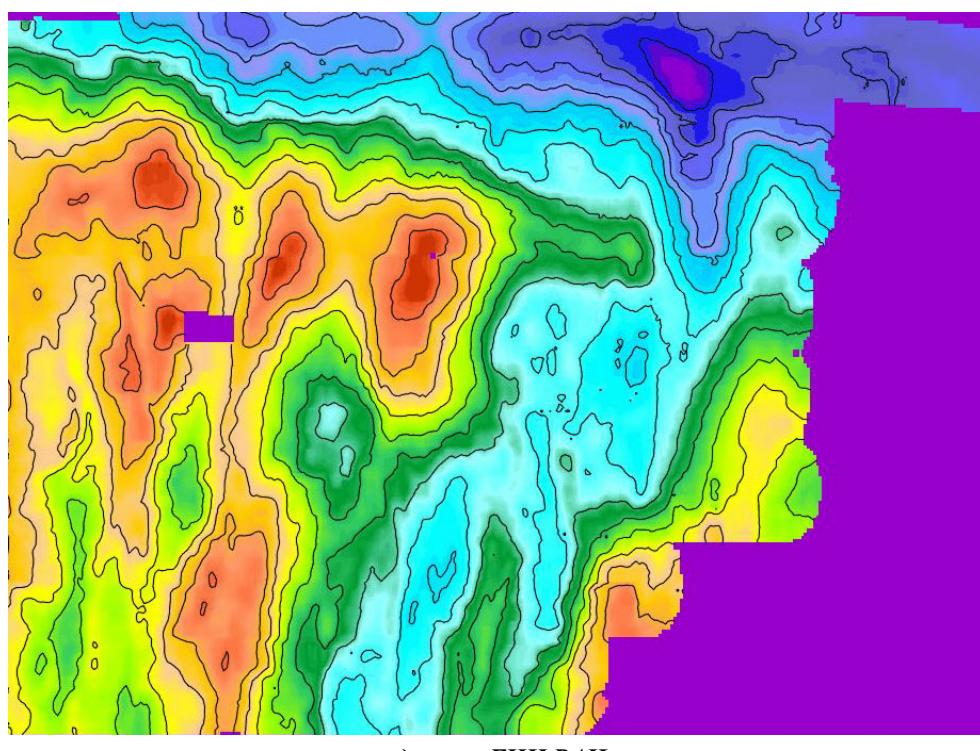
(данные IGM CNR, Италия)

### Запад активной части разлома Романш (оттененный рельеф)



### Разлом Зеленого Мыса (Атлантический океан, экватор)

Рифтовая долина отклоняется в сторону пассивной части, а не к активной

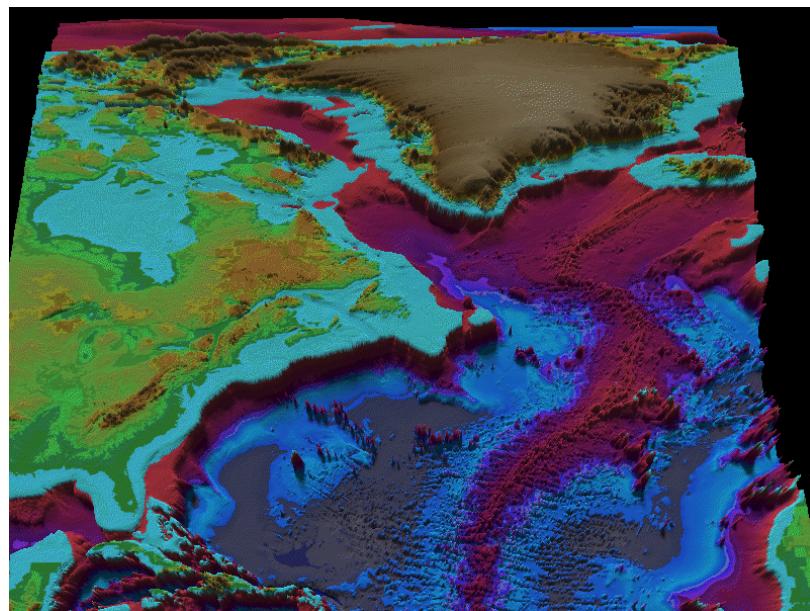


данные ГИН РАН

---

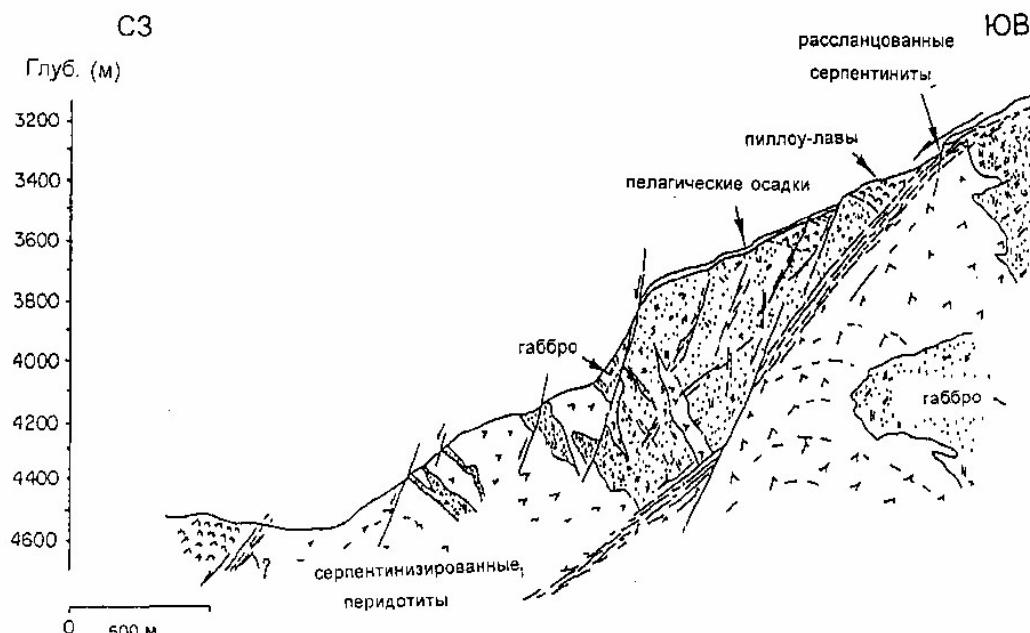
**Поднятие пересечения (intersection hight)** - поднятие древней океанической коры в районе сочленения рифтовой долины и трансформного разлома - часто встречаемая, но мало понятная особенность зоны смещения спрединговых центров с большими или средними скоростями смещения. Это регионы с аномально мелкими глубинами. Пример - разломная зона Клиппертон, Тихий океан.

## Изменение морфологии Срединно-Атлантического хребта



<http://dusk.geo.orst.edu/>

## Разрез склона разломной долины

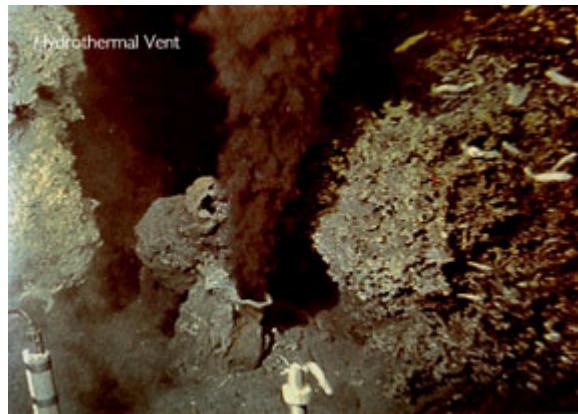


Геологический разрез южной стенки разломной долины Кейн на 45°15' з.д. по данным погружений ПОА «Наутилус», по (Auzende et al., 1994)

## Подводные гидротермальные системы

25 лет назад (1979 г.) в восточной части Тихого океана было погружение на пилотируемом подводном аппарате "Элвин", в результате которого были обнаружены первые гидротермальные системы.

**Черный курильщик** (от англ. - Black Smoker). Место разгрузки высокотемпературных рудоносных растворов. Пример применения термина в русскоязычной литературе. "В верхней части постройки....наблюдается область разгрузки высокотемпературных рудоносных флюидов ("черные курильщики") с максимальной измеренной температурой 366°C" (Богданов, 1997, стр. 10)



<http://walrus.wr.usgs.gov/pubinfo/smokers.html>

**Белый курильщик** (от англ. - White Smoker). Область разгрузки рудоносных растворов. "В 70 м от зоны высокотемпературных "черных курильщиков" (см. Black Smoker) развита зона "белых курильщиков" (White smoker), получившая название по форме построек 1-2 м высотой, напоминающих "луковички" русских церквей.... . Измеренная здесь температура разгружающихся рудоносных растворов равна 200-300°" (Богданов, 1997, стр.11)

Заканчивая обсуждение строения срединно-океанических хребтов, отметим, что они представляют собой протяженное сооружение, осавая часть которого характеризуется повышенной сейсмичностью и активным магматизмом. В зависимости от скорости спрединга оно меняет свою морфологию. В осевых частях срединно-океанических хребтов происходит образование (акреция) новой океанической коры. Хребет сегментирован - вдоль его простирации отмечается изменение рельефа и составов как мантийных, так и коровых пород. Границы сегментов приурочены, как правило, к трансформным разломам. Последние могут значительно отличаться по своему строению. Зоны стыка разломов и рифтовых зон могут существенно отличаться по набору морфоструктур.

---

### Гетерогенность составов океанических базальтов

Распределение базальтов разных типов в Центральной Атлантике

