



**ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИИ
КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ И ОКЕАНСКОЙ
ЛИТОСФЕРЫ
КАК СВИДЕТЕЛЬСТВО СЕВЕРНОГО ДРЕЙФА
ЯДРА ЗЕМЛИ**

М.А. Гончаров¹, Ю.Н. Разницин²

¹Геологический факультет МГУ, Москва, Россия

²Геологический институт (ГИН) РАН, Москва, Россия

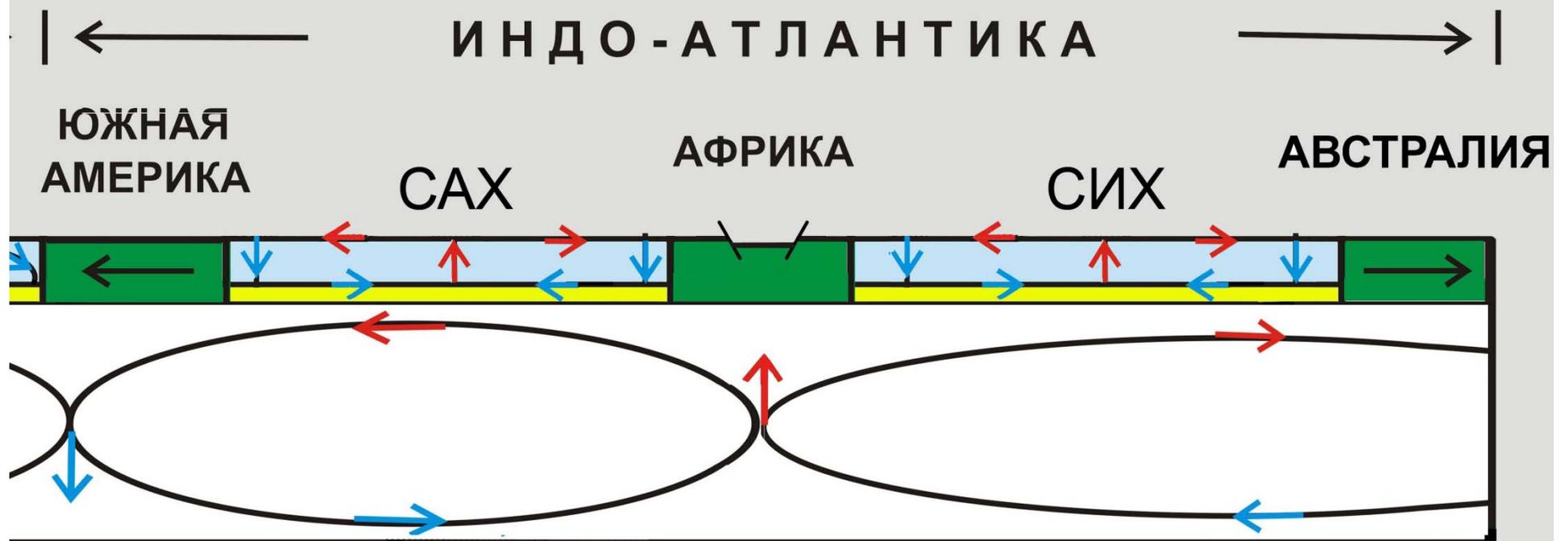
Фото Ю.Г. Леонова

4 8 2007

Часть 1

**Северная компонента
дрейфа континентов
и проблема
субмеридионального сжатия литосферы**

Помимо известной компоненты дрейфа континентов
в результате распада Пангеи,

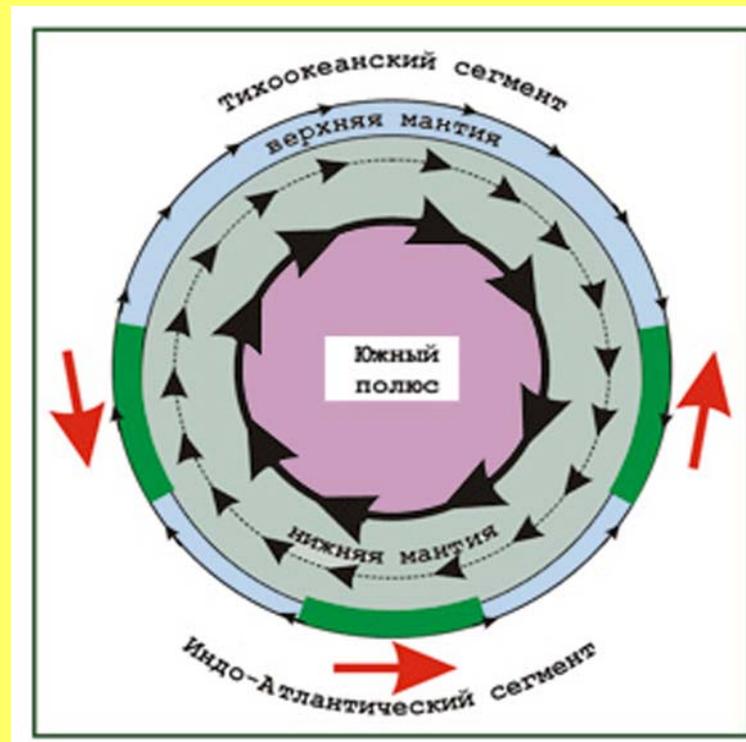


существуют еще западная и северная компоненты дрейфа.

Западная компонента дрейфа континентов обусловлена отставанием более верхних геосфер при общем вращении Земли вокруг оси.

Однако этот дрейф не изменяет расстояние между континентами и поэтому не влияет на поле напряжений.

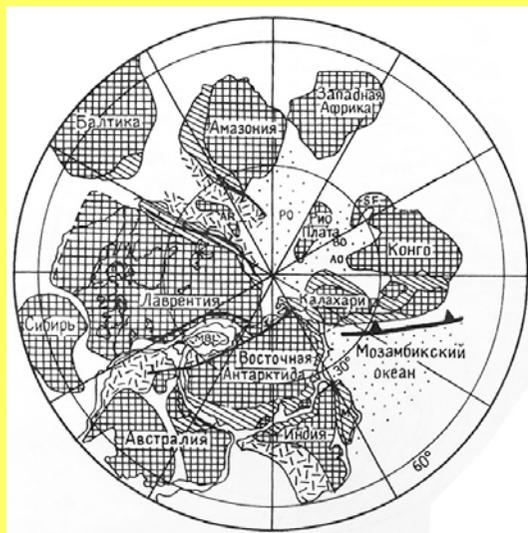
Более подробно мы его не рассматриваем.



Северная компонента дрейфа континентов

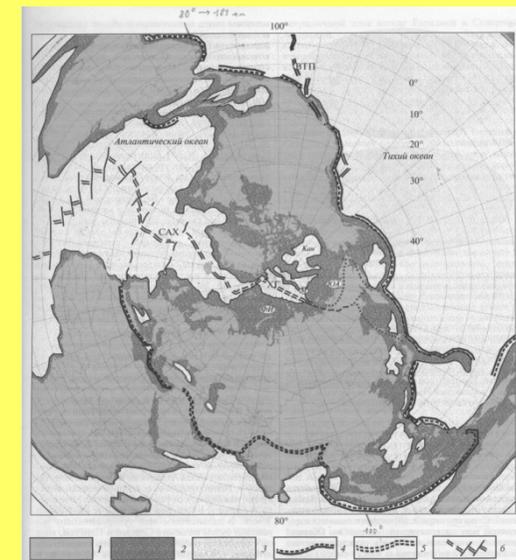
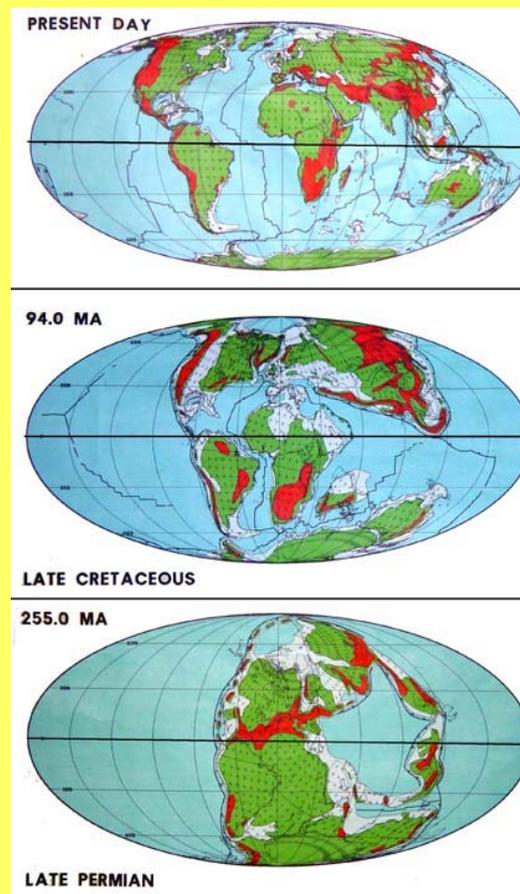
с позднего докембрия по настоящее время

Вид со стороны
Южного полюса



«Южная Пангея»
Dalziel, 1992

Вид со стороны
Северного полюса



«Северная Пангея»
Коваленко и др., 2010

Северная компонента дрейфа
неизбежно должна приводить
к сближению континентов вдоль меридианов
по мере
все более плотной «упаковки» континентов
в области Северного полюса.

Т.е. создавать общее напряжение
меридионального сжатия.

Часть 2

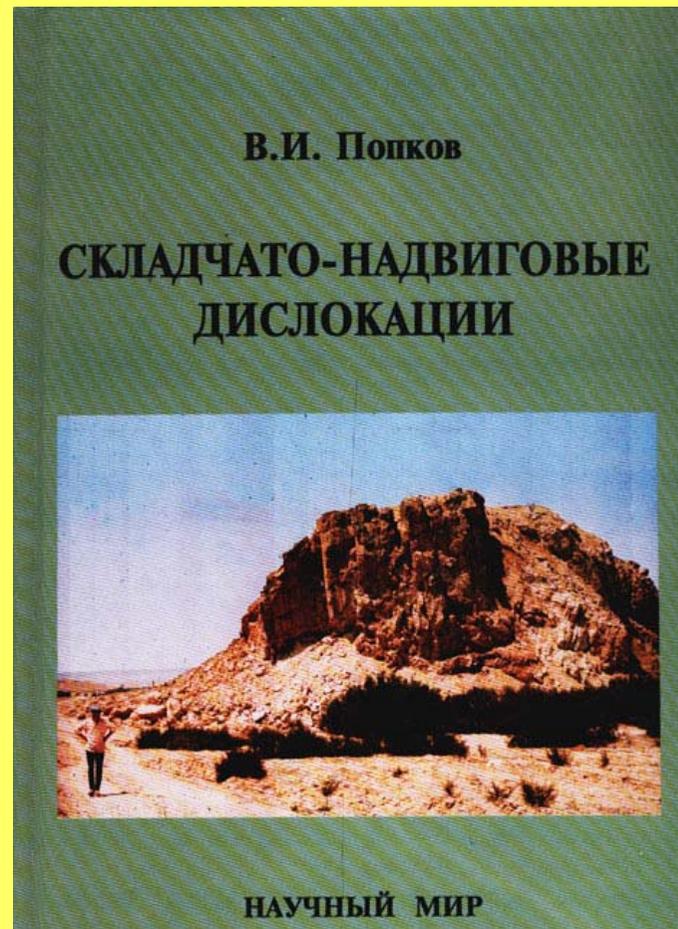
Структуры

субмеридионального сжатия

**на фоне других структурных парагенезов
континентальной литосферы**

В Северном полушарии,
на *фоне* разнообразных
локальных ориентировок
осей главных напряжений,
доминирует **субмеридиональное** сжатие.

На обширных территориях, прилегающих с севера к Альпийско-Гималайскому орогенному поясу, зафиксированы надвиги с северной вергентностью [*Попков, 2001*].

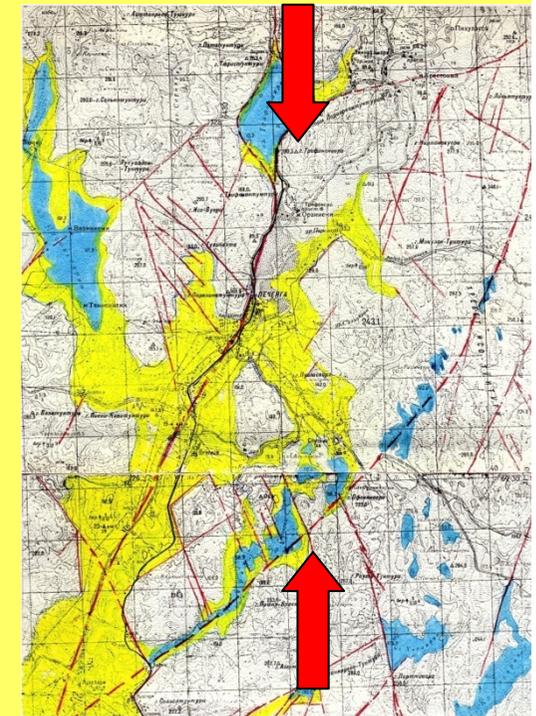


Зафиксированы и другие
проявления
субмеридионального сжатия
в новейшее время [Копп, 2005].



Однако и на достаточном удалении от Альпийско-Гималайского орогенного пояса проявляется **субмеридиональное** сжатие континентальной литосферы.

Недавно в осадочном чехле Западно-Сибирской плиты и в геопространстве Кольской сверхглубокой скважины обнаружены структурные парагенезы, также свидетельствующие о **субмеридиональном** сжатии в новейшее время.



Горизонтальное сжатие,
 ориентированное по направлению ЮЮЗ-ССВ,
 и надвигообразование
 в обширной области Западной и Центральной Европы
 происходило в позднемеловую эпоху, *до альпийского орогенеза.*

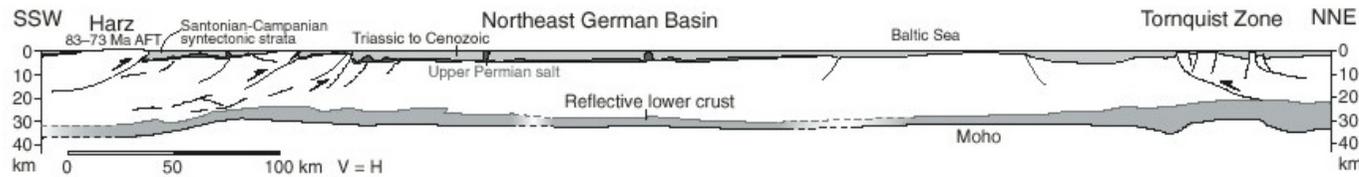
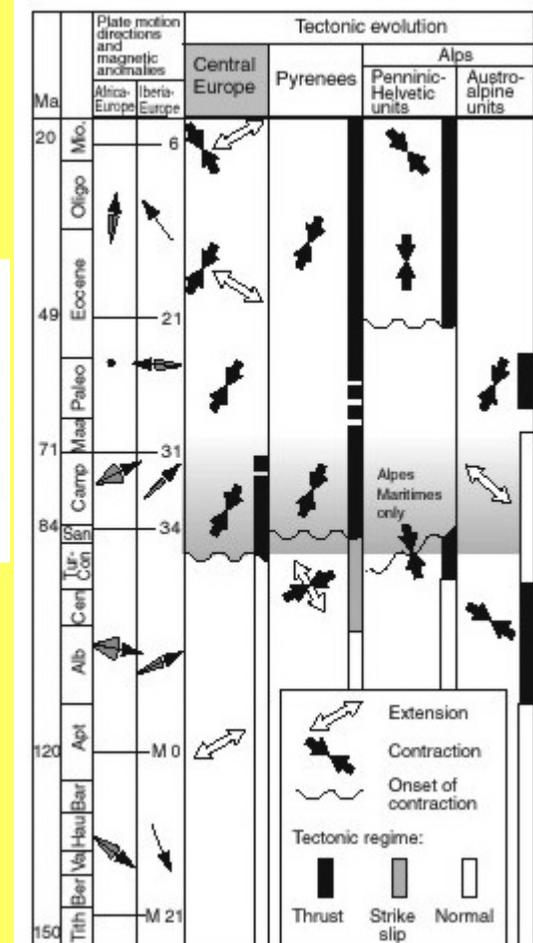


Figure 2. Crustal-scale cross section from the Harz mountains to the Tornquist Zone, simplified after deep reflection seismic data interpreted in DEKORP BASIN Research Group (1999), Deeks and Thomas (1995), and Kockel (2003). Moderate dips and flattening at depth of the major faults suggest dominantly thrust/reverse kinematics of Late Cretaceous inversion. Cross section trace in Figure 1. AFT—Apatite fission track ages.

Kley, Voigt, 2008

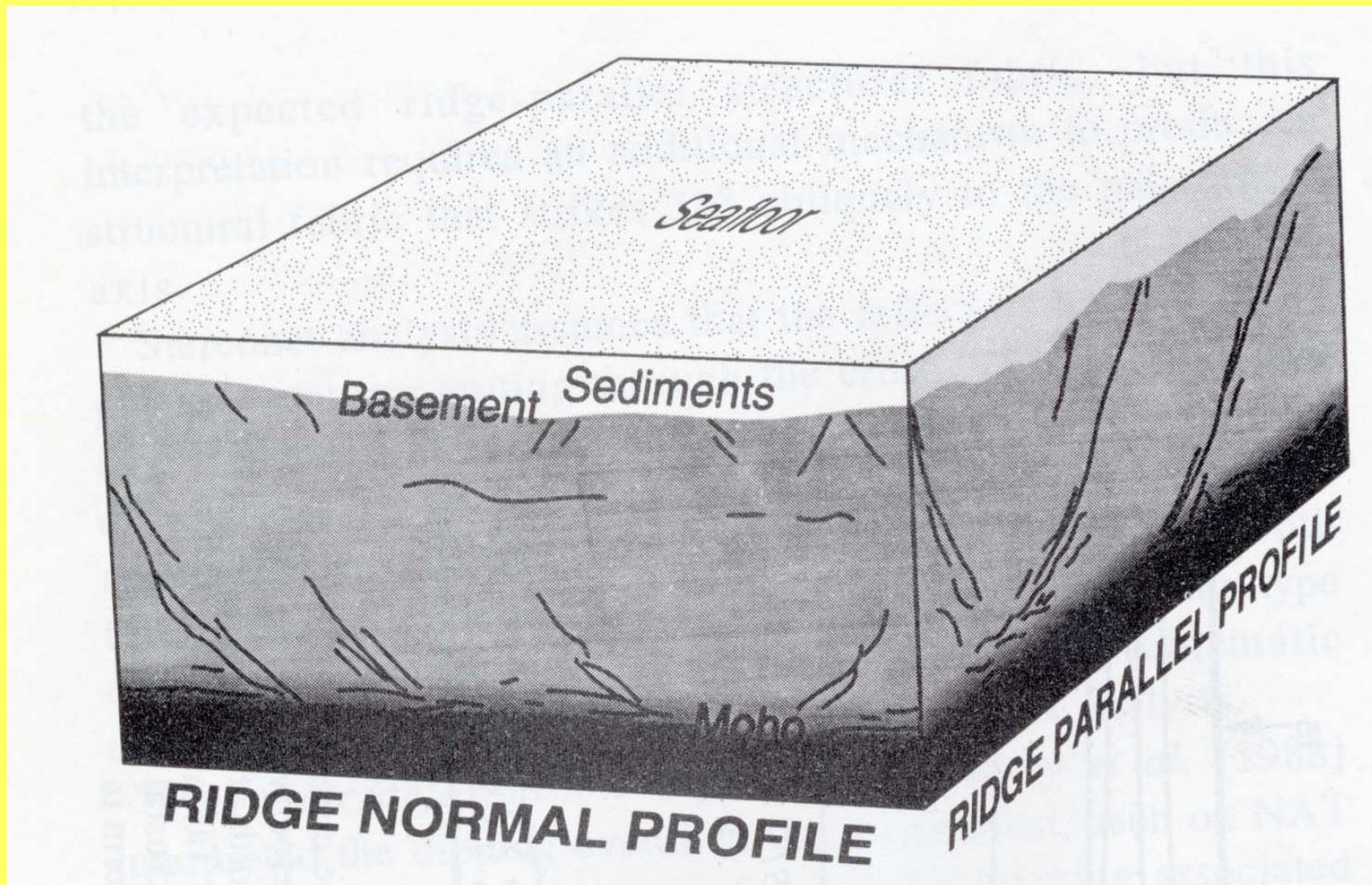


Часть 3

**Структуры
субмеридионального сжатия
на фоне других структурных парагенезов
океанской литосферы**

Новый имидж океанической коры

[White et al., 1990]



Океанская литосфера подвержена самым разнообразным деформациям.

На большей части океанов, за исключением узких приосевых зон срединно-океанских хребтов (СОХ) и узких трансформных долин, формируются структуры не горизонтального растяжения, «естественные» в процессе спрединга, а структуры горизонтального сжатия, в первую очередь надвиги [Разницин, 2004].

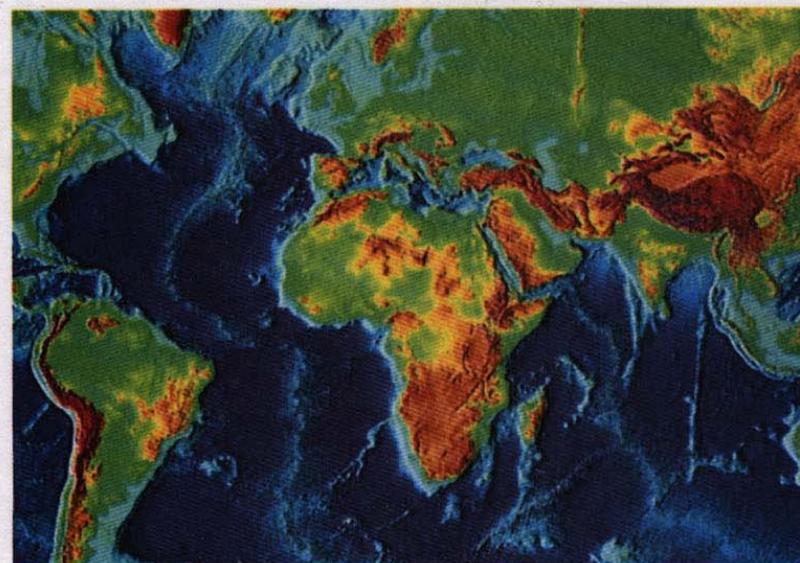
Они образуются при сжатии, ориентированном вкрест простирания как рифтовых долин СОХ, так и ортогональных к ним трансформных долин.



ТРУДЫ
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

ISSN 0002-3272

Ю.Н. РАЗНИЦИН

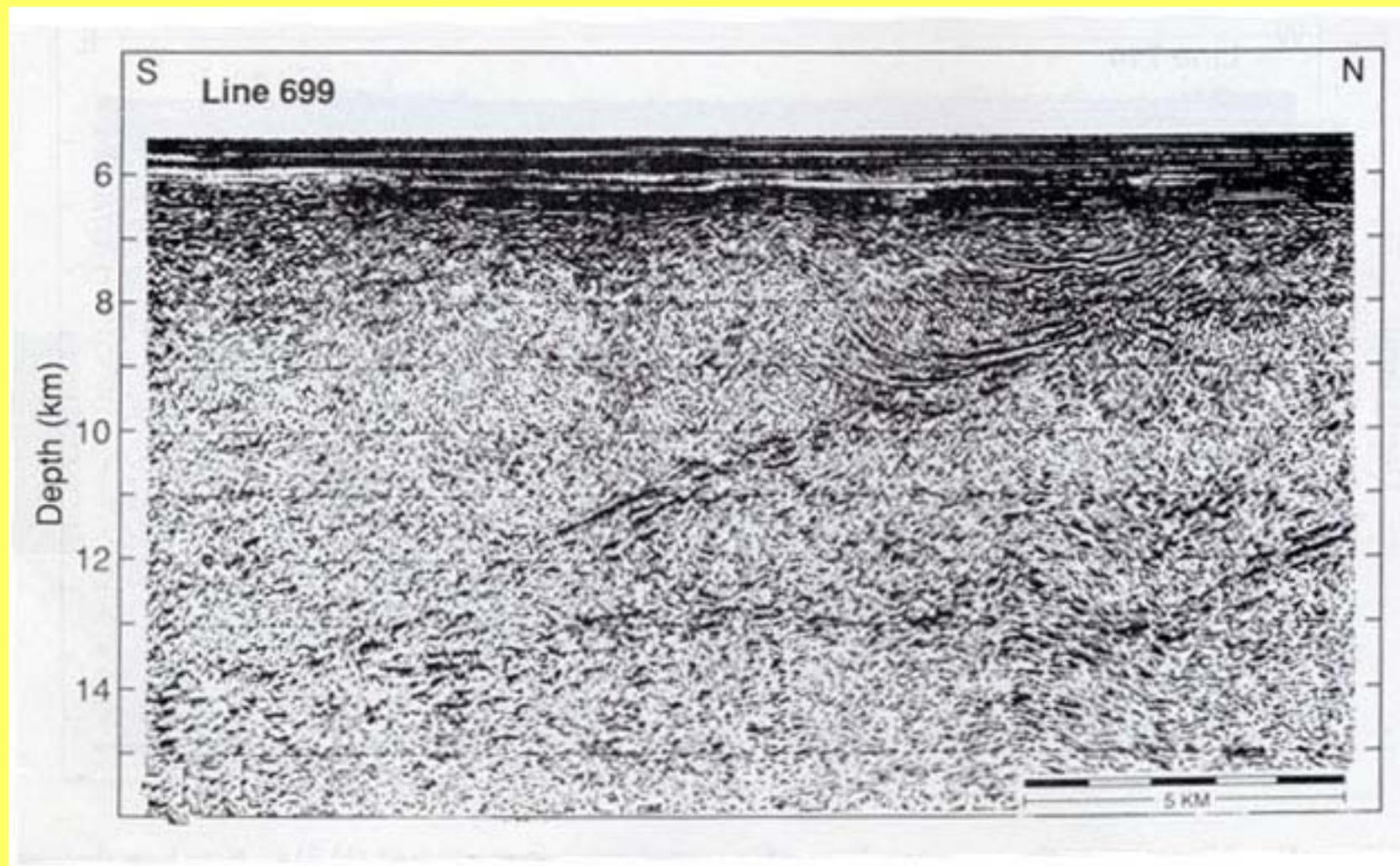


ТЕКТОНИЧЕСКАЯ РАССЛОЕННОСТЬ ЛИТОСФЕРЫ МОЛОДЫХ ОКЕАНОВ И ПАЛЕОБАССЕЙНОВ

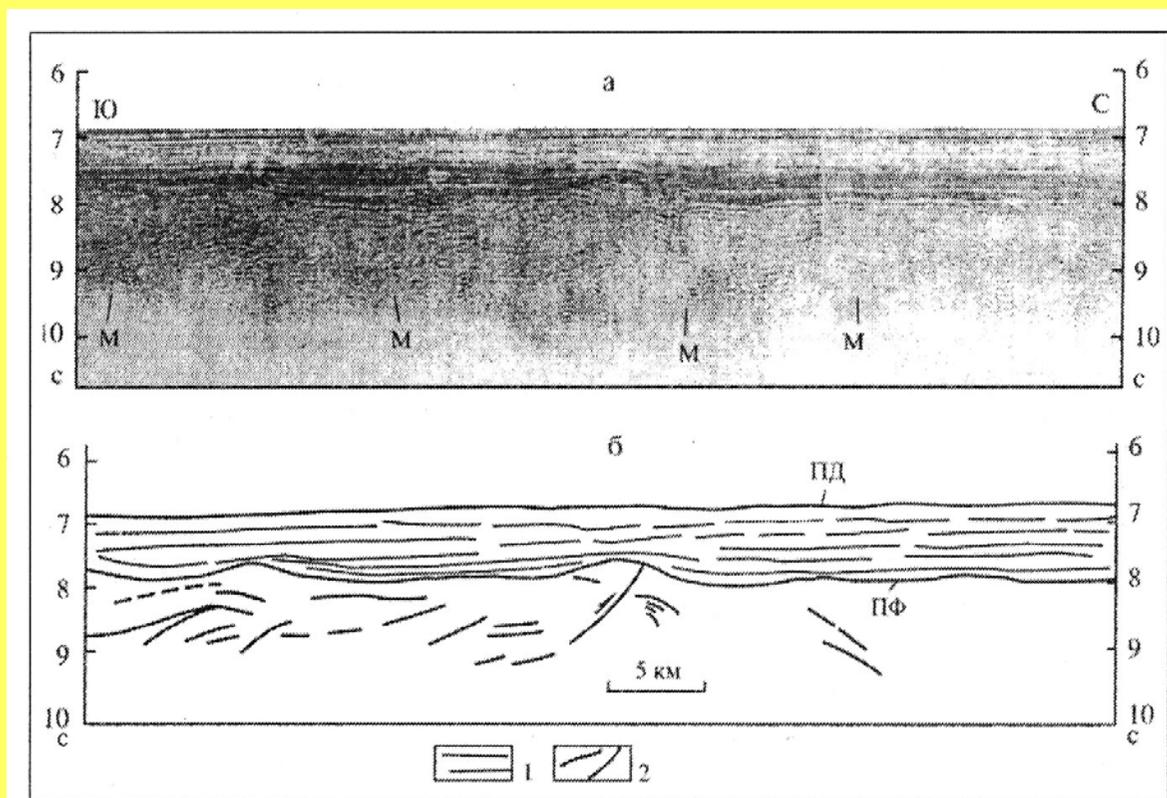
НАУКА

На этом фоне
в Атлантическом, Индийском и Тихом океанах
широко представлены надвиги
с отчетливо выраженной *северной* вергентностью.

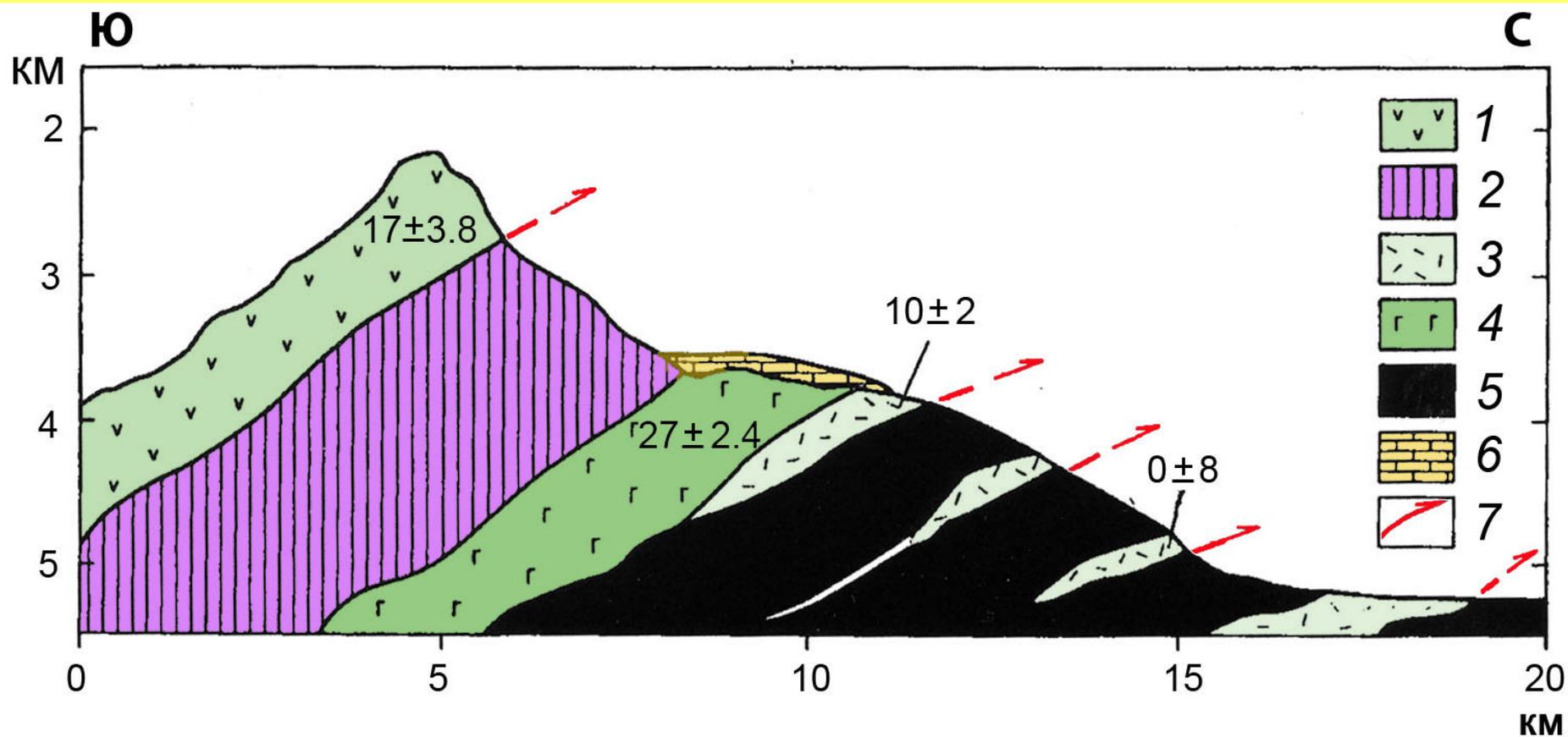
Фрагмент меридионального профиля МОГТ в районе разлома
Блэк Спур (Северо-Американская котловина)
[*Minshull et al., 1991*]



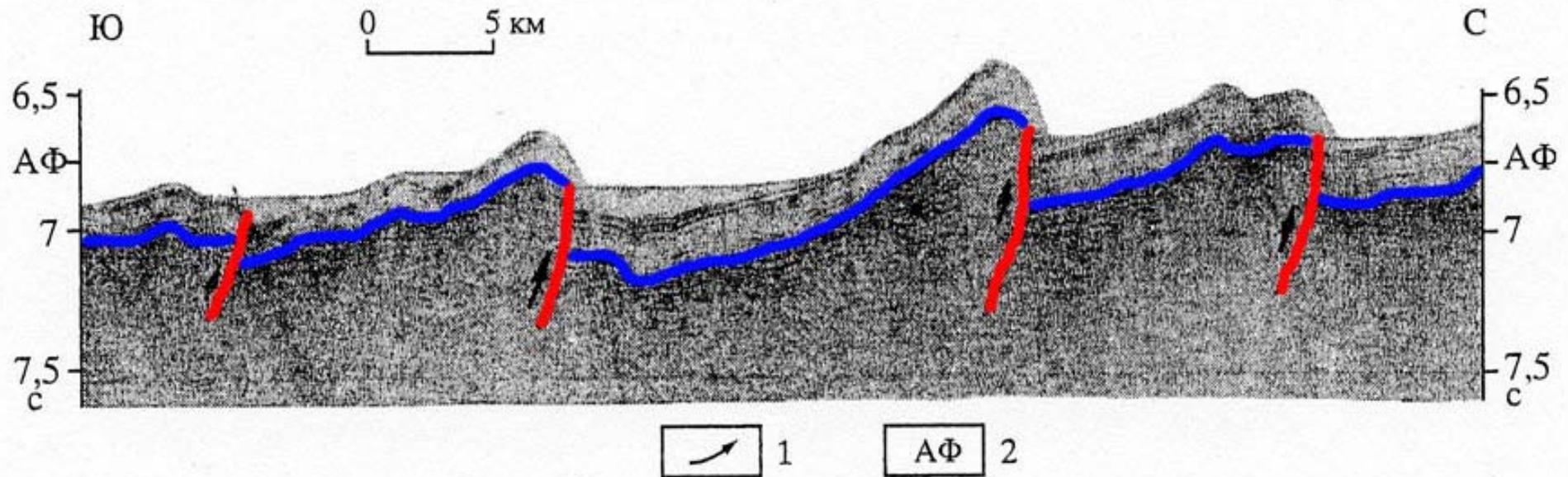
Профиль МОВ ОГТ
в юго-западной части Ангольской котловины,
иллюстрирующий надвиговые дислокации фундамента
[Разницин, Пилипенко, 1997]



Геологический разрез южного трансверсивного хребта
зоны разлома Вима (Центральная Атлантика) [Разницин, 2001]



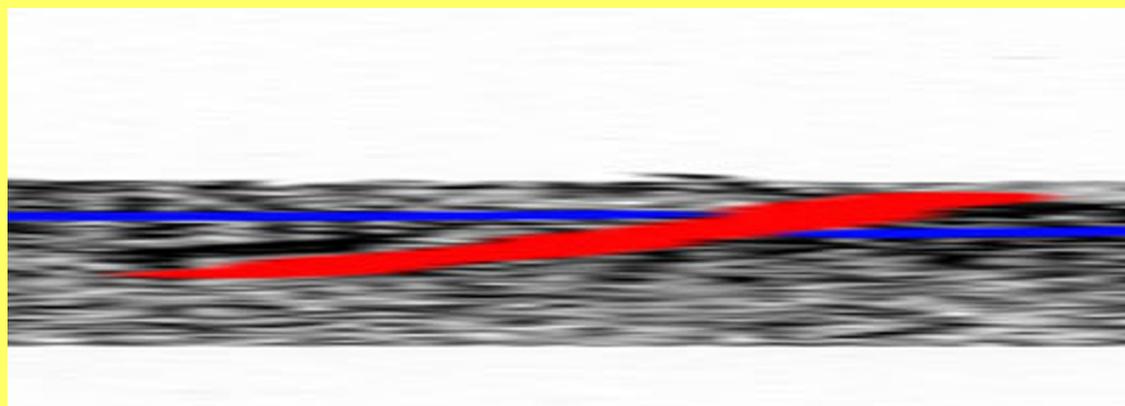
Фрагмент временного разреза НСП, иллюстрирующий характер тектонических деформаций в районе северо-восточного подножия плато Осборн (СВ Индийского океана), по [Корсаков, Пилипенко, 1991]



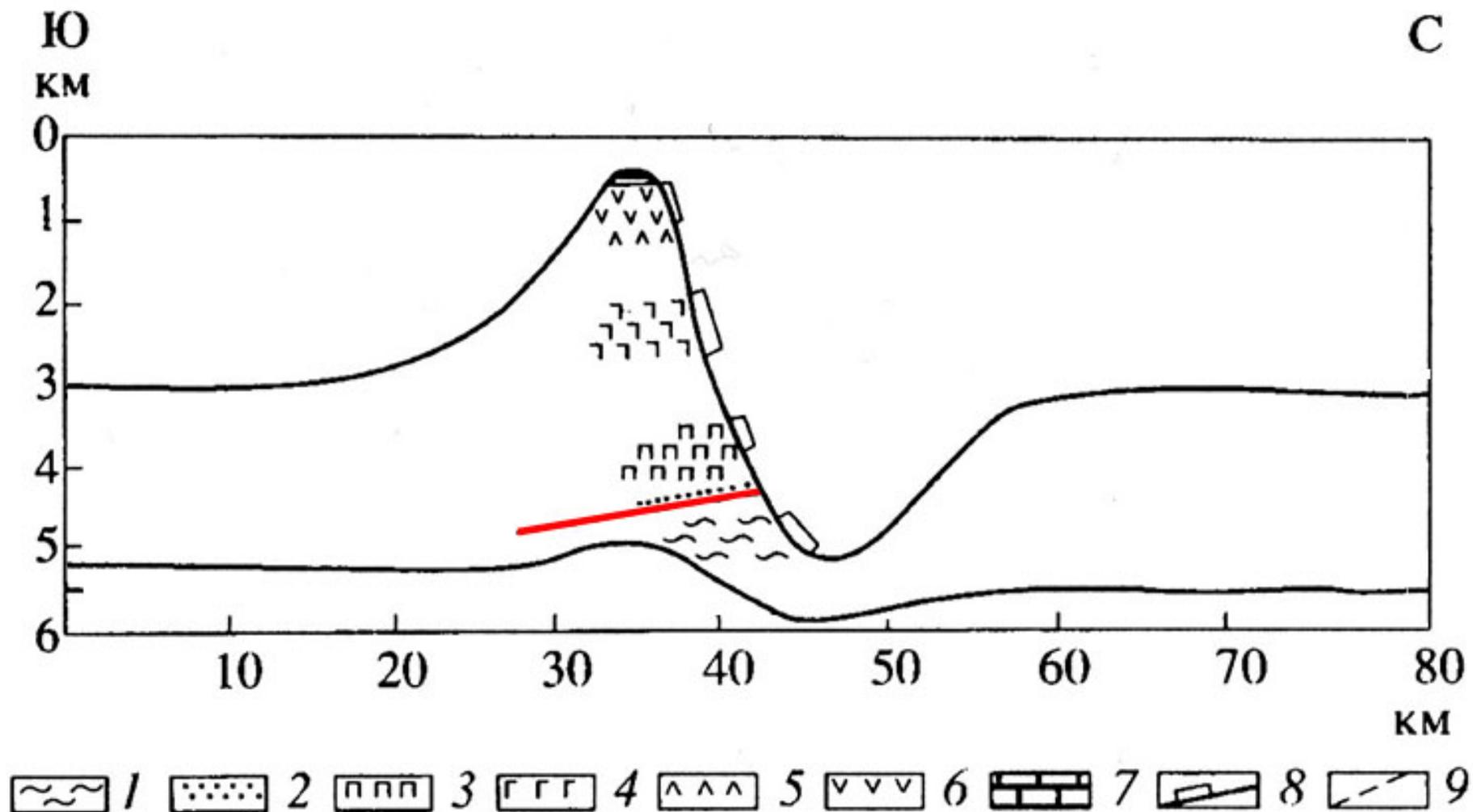
Особенность метода непрерывного сейсмического профилирования – превышение горизонтального масштаба над вертикальным ~ в 25 раз.

При перестроении профилей в масштабе 1:1
крутопадающие разрывные
нарушения становятся надвигами

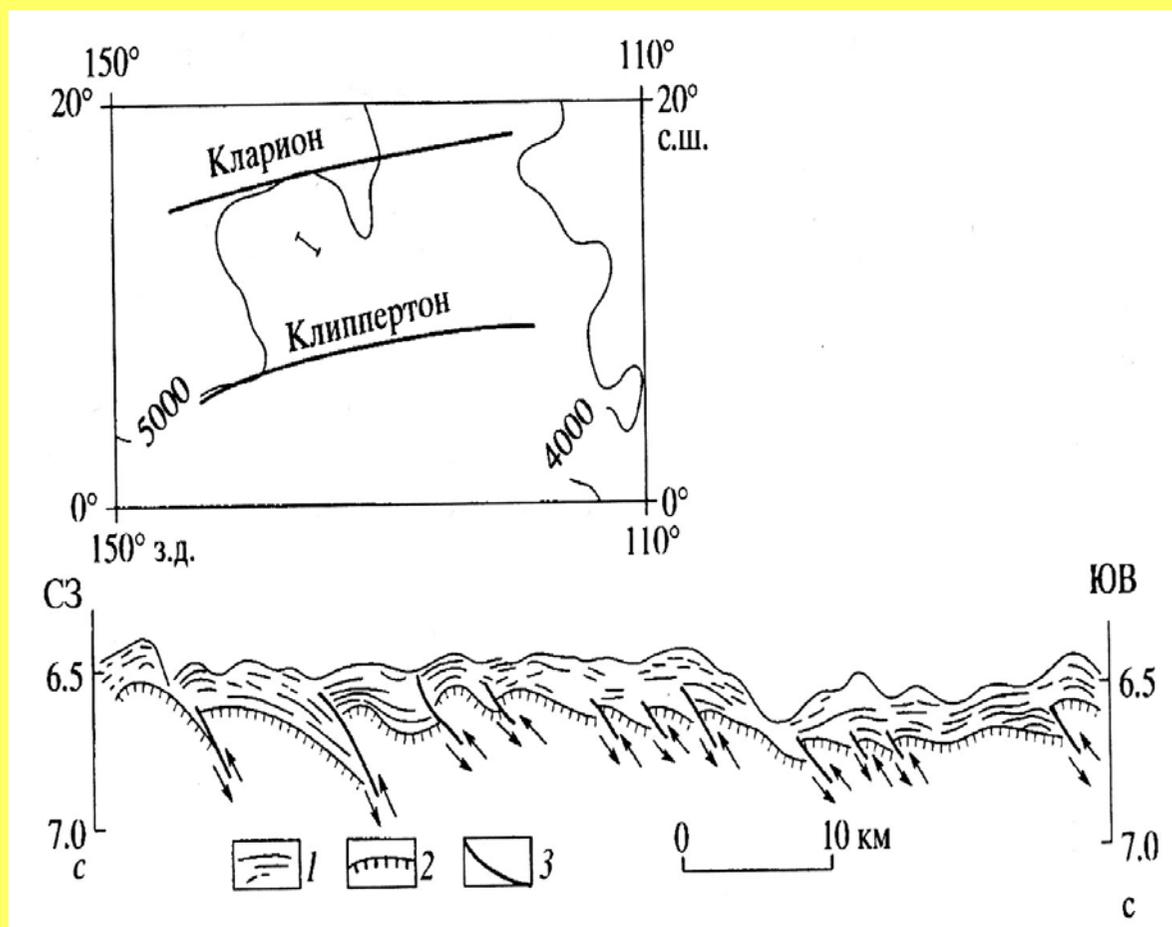
Масштаб 1:1



Геологический разрез и места геологического опробования южного трансверсивного хребта зоны разлома Элтанин (Тихий океан),
по [Кашинцев, 1991]



Характер надвиговых деформаций на интерпретированном разрезе НСП
между разломами Кларион и Клиппертон (Тихий океан),
по [Корсаков, Пилипенко, 1989]



Часть 4

Меридиональная конвекция в Земле

Итак,
на всей поверхности Земли
обнаруживается
северная компонента движения
континентов
и океанических плит.

Такая компонента
должна быть характерна
и для течения
подконтинентальной мантии

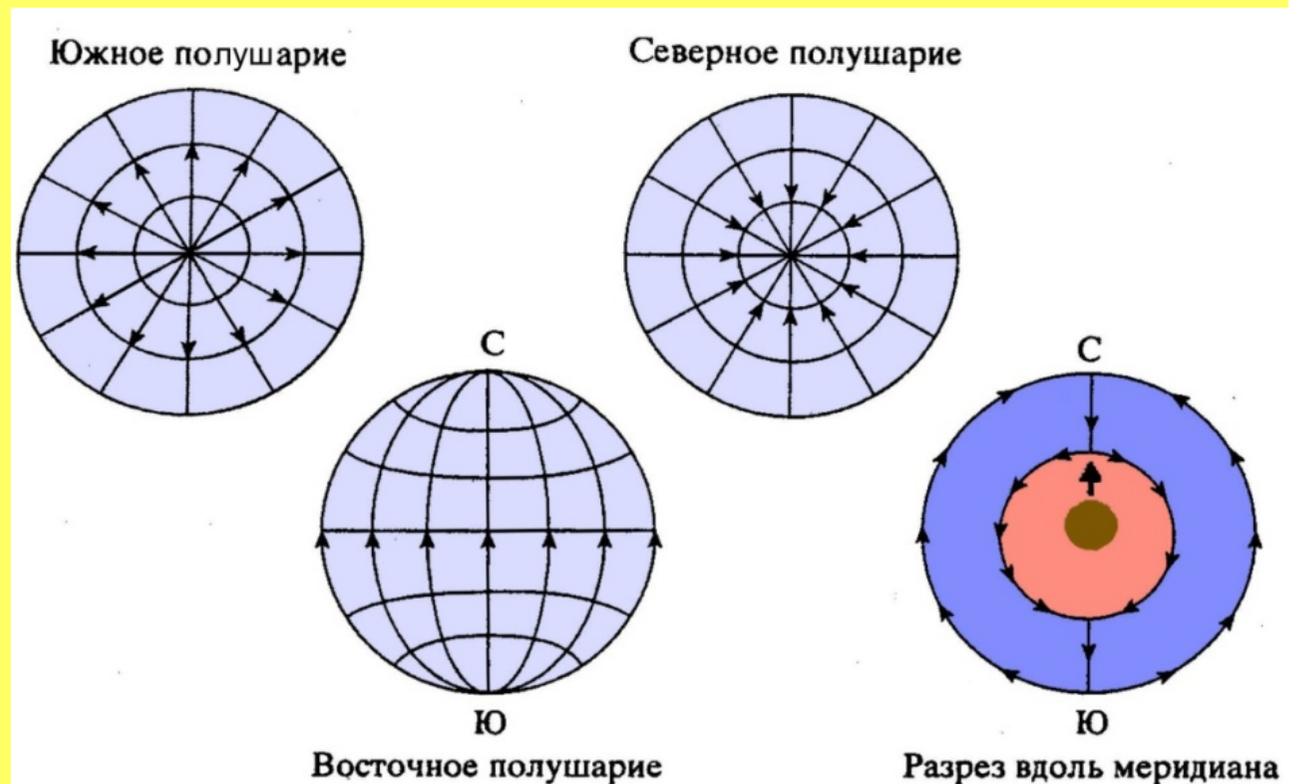
Поверхностный поток в мантии происходит от Южного до Северного полюса.

Северная часть этого потока испытывает **субмеридиональное сжатие**.

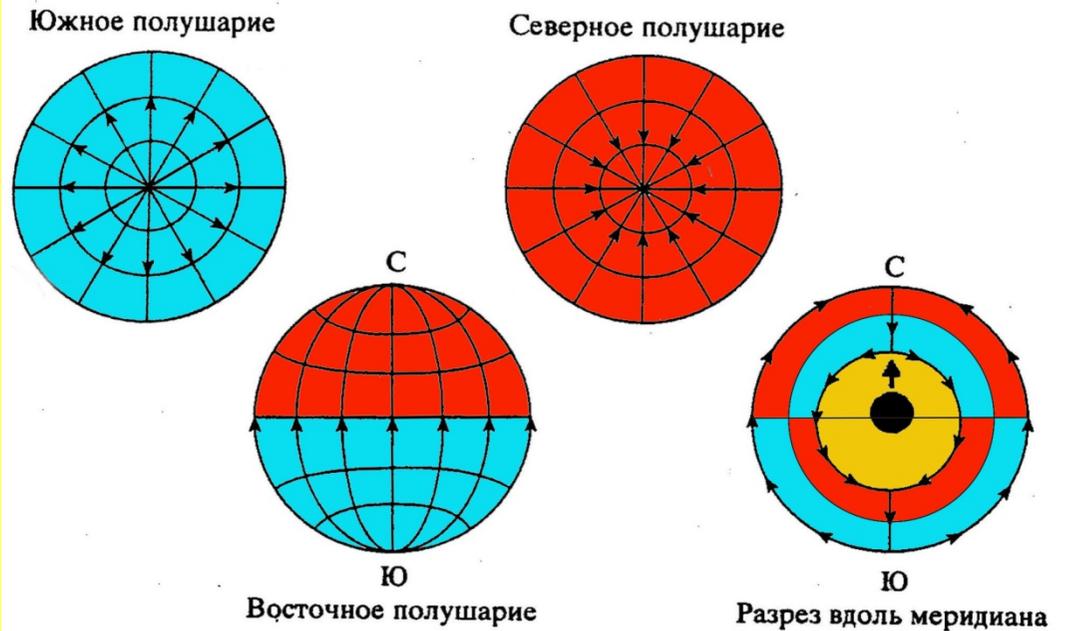
Южная же часть потока подвергнется тоже **субмеридиональному**, но **растяжению**.

Вследствие сферичности Земли поток в южной части **расходится** вдоль меридианов, вызывая субширотное растяжение.

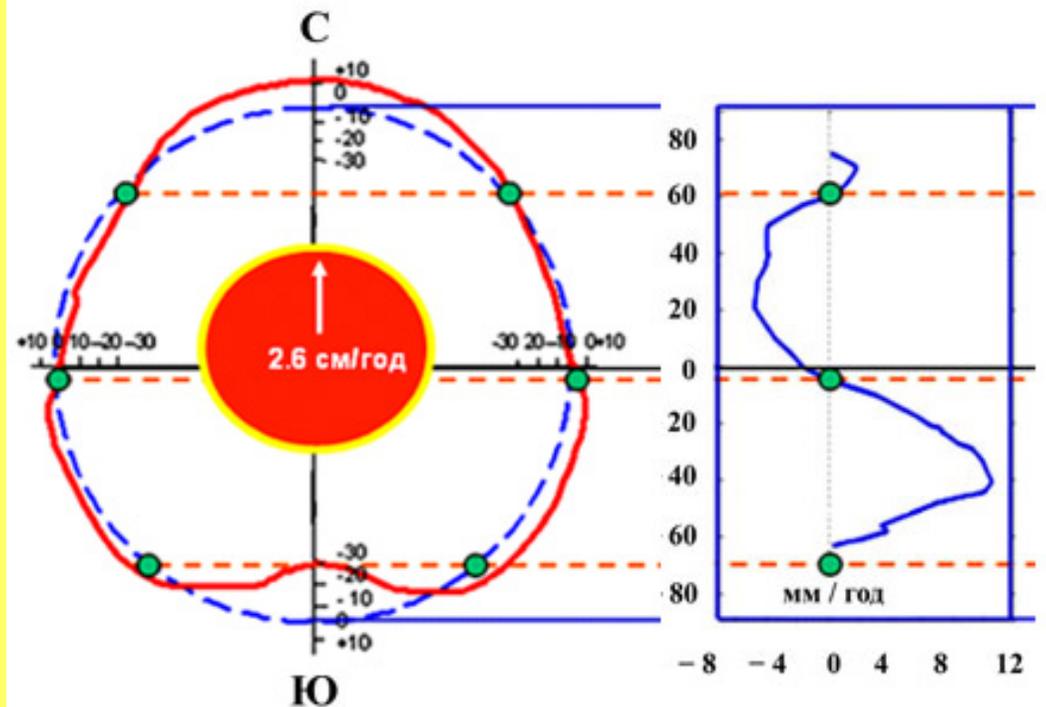
В северной же части меридианы **сходятся**, обеспечивая субширотное сжатие.



Таким образом,
поверхность
Южного полушария
расширяется,
а поверхность
Северного полушария
сокращается.



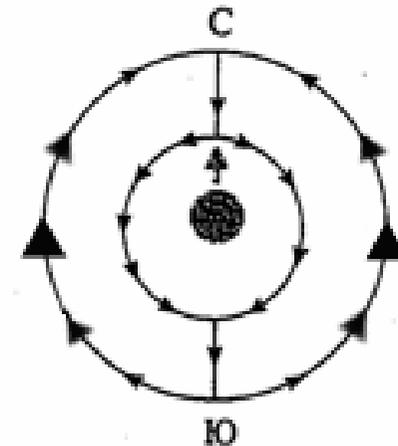
Это подтверждается
данными GPS
об изменении длины
земных параллелей
[Ю.В. Баркин]



Расхождение масс от Южного полюса
компенсируется восходящим потоком в мантии,
который поддерживает
высокое стояние Антарктического материка,

Схождение масс к Северному полюсу компенсируется
длительным и весьма интенсивным прогибанием
аномально широкого шельфа Арктического океана –
антипода Антарктиды по своим очертаниям.

Примерно одинаковая
ширина
восходящего потока
под Южным полюсом
и нисходящего потока
под Северным полюсом
обусловила
примерное равенство
площадей
антиподально
расположенных
Антарктиды
и Арктического океана.

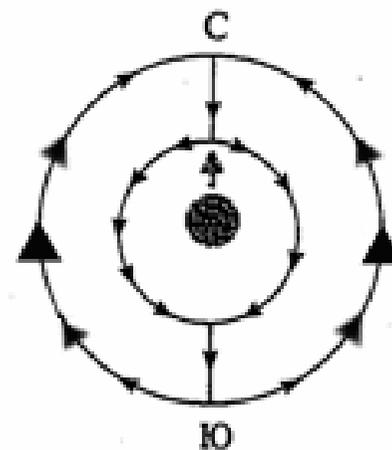


Разрез вдоль меридиана

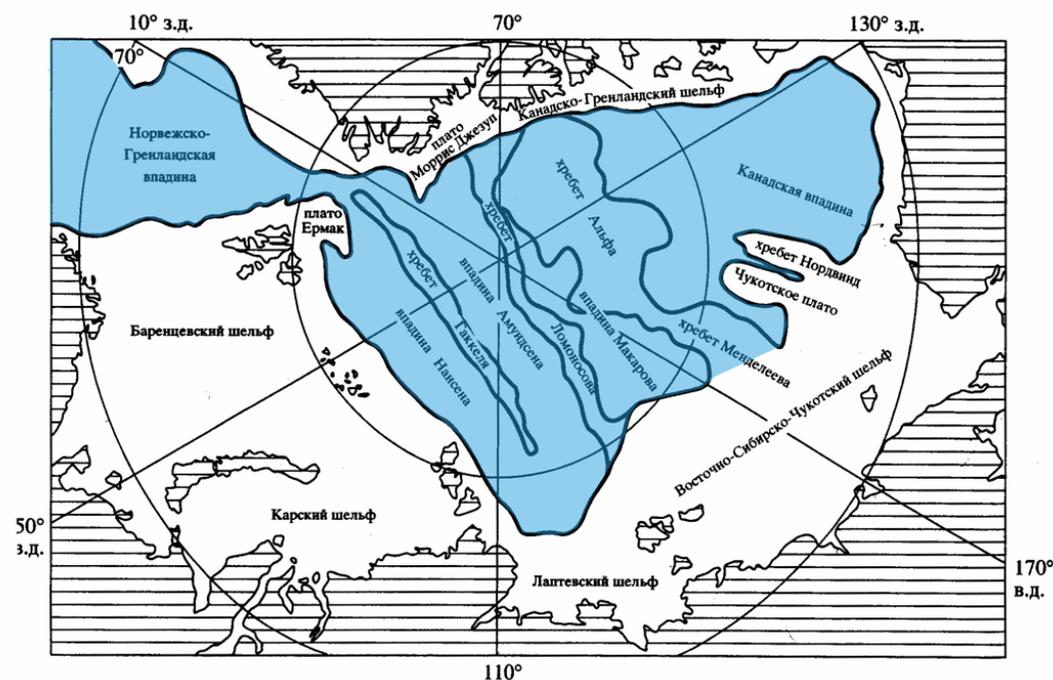


С. У. Кэри,
из [*Белоусов, 1989*]

Нисходящий поток
под
Северным
полюсом
обусловил
понижение кровли
литосферы
под Арктическим
океаном
в виде
аномально
широкого шельфа.



Разрез вдоль меридиана



Н.А. Богданов, 2004

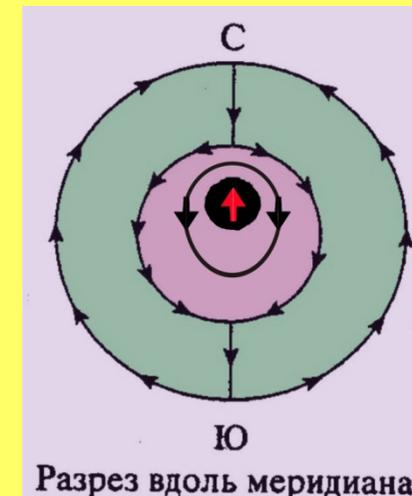
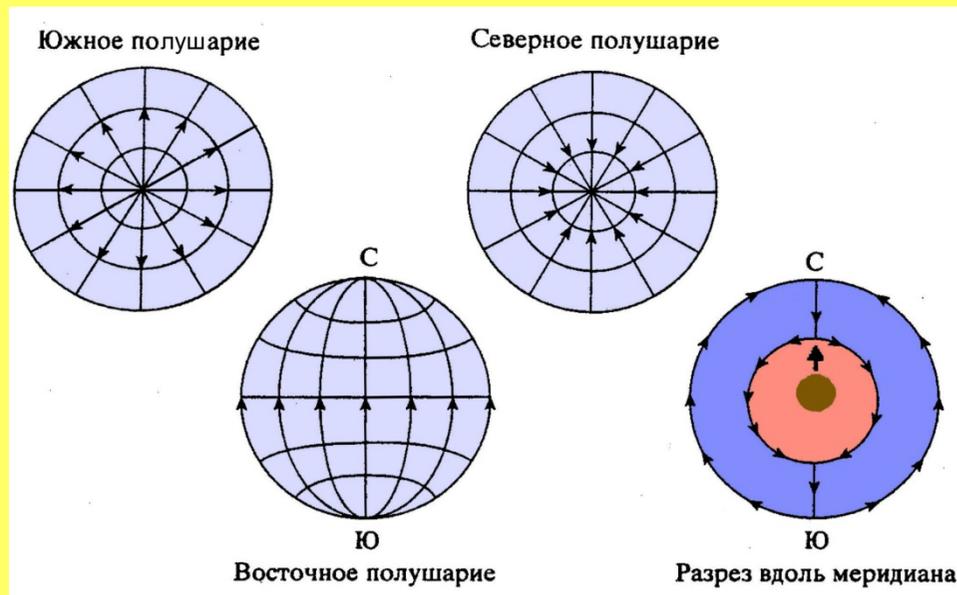
Эти два вертикальных потока должны замыкаться на глубине горизонтальным потоком противоположного направления.

Нижний горизонтальный замыкающий поток происходит в подошве мантии под соответствующими поверхностными меридианами, т.е. вдоль «меридианов» внешнего ядра.

Этот поток в мантии *над* поверхностью «жидкого» ядра «сцеплен» с аналогичным потоком вещества ядра *под* этой поверхностью.

Рассуждая по аналогии с потоком на поверхности Земли, приходим к выводу, что в тылу расходящегося поверхностного потока ядра под Северным полюсом существует компенсирующий восходящий поток во внешнем ядре, а на фронте этого поверхностного потока под Южным полюсом – компенсирующий нисходящий поток во внешнем ядре.

Характер конвекции во внешнем ядре и ее связь с магнитным полем Земли описаны в работе [Н.Л. Добрецов, А.Г. Кирдяшкин и А.А. Кирдяшкин, 2000].



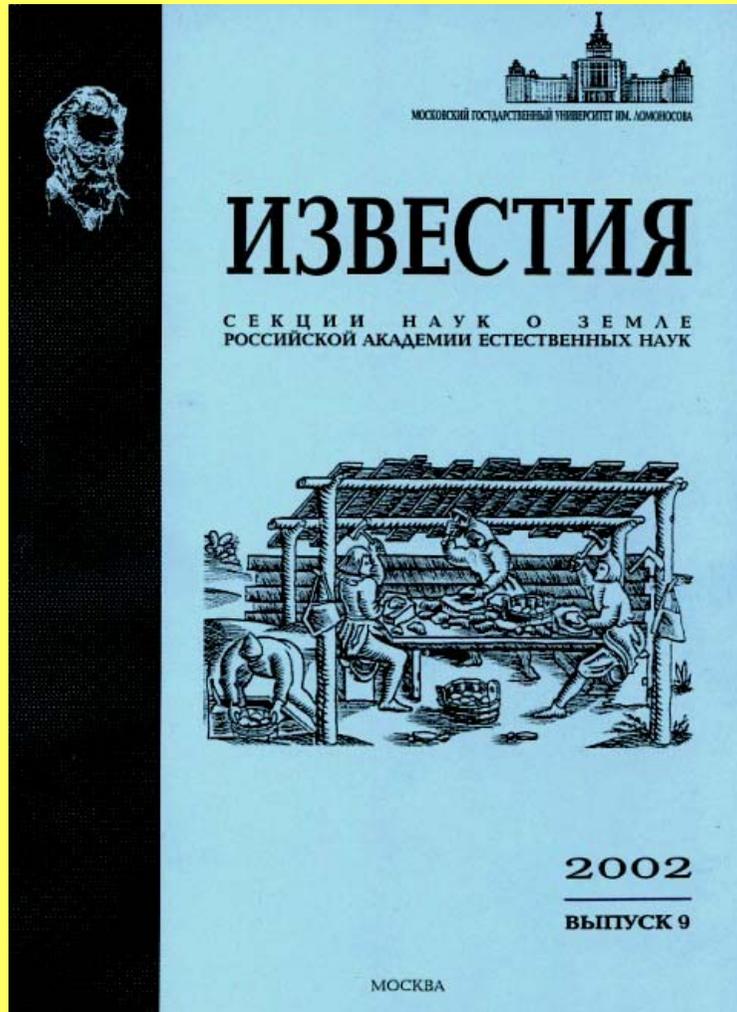
Часть 5

**Возможная причина конвекции
во внешнем ядре**

Такой причиной, вероятнее всего,
является дрейф земного ядра
по направлению к Северному полюсу,
обусловленный гравитационным воздействием
ближнего Космоса.

Эту концепцию развивает в последнее время
Ю.В. Баркин.

Вынужденная относительная динамика ядра и мантии Земли, планет и спутников



Баркин Ю.В. С. 45 – 97.

**Объяснение эндогенной активности
планет и спутников
и механизм ее цикличности.**

**Механизм относительной раскачки,
колебаний, смещений, блужданий
и поворотов и возбуждения планеты
внешними небесными телами**

**Фактор эксцентricности
в относительных положениях
центров масс ядра и мантии**

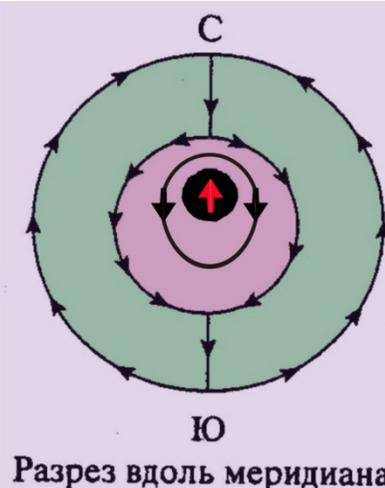
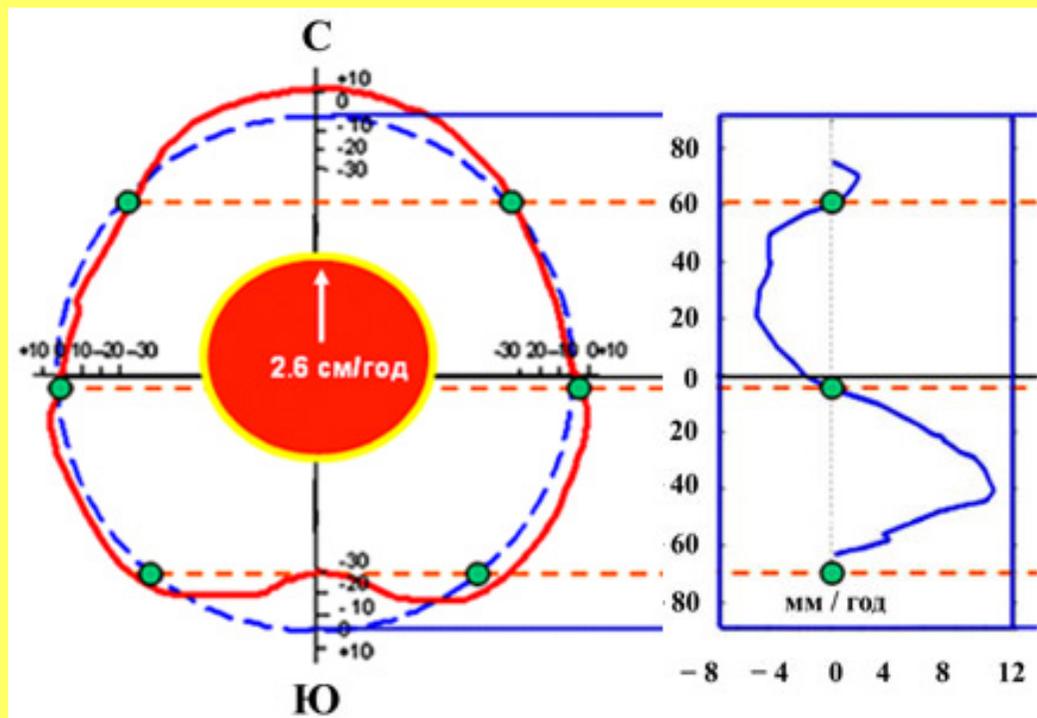
**Фактор несферичности оболочек
(их эллипсоидальности)**

Грушевидная форма геоида обусловлена северным дрейфом ядра.

Дрейф «выжимает» по горизонтали вещество «жидкого» внешнего ядра на фронте своего движения, вынуждая это вещество «обтекать» внутреннее ядро и заполнять в тылу движущегося внутреннего ядра освободившееся пространство.

Это перетекание и есть конвективный поток во внешнем ядре.

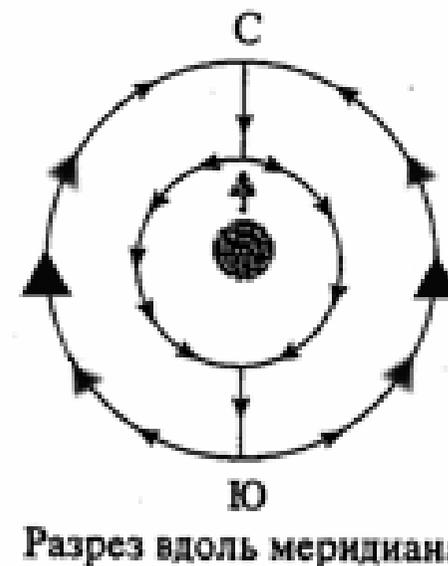
Ясно, что эта конвекция – вынужденная дрейфом земного ядра.



В концепции *Ю.В. Баркина* предусматривается не просто дрейф ядра к Северному полюсу, а периодическое возвратно-поступательное смещение ядра в этом направлении.

В соответствии с этим **меридиональная** конвекция также должна периодически менять направление течения вещества мантии и внешнего ядра.

Не исключено, что магнитные инверсии в геологическом прошлом также обусловлены инверсиями возвратно-поступательного дрейфа ядра.



Часть 6

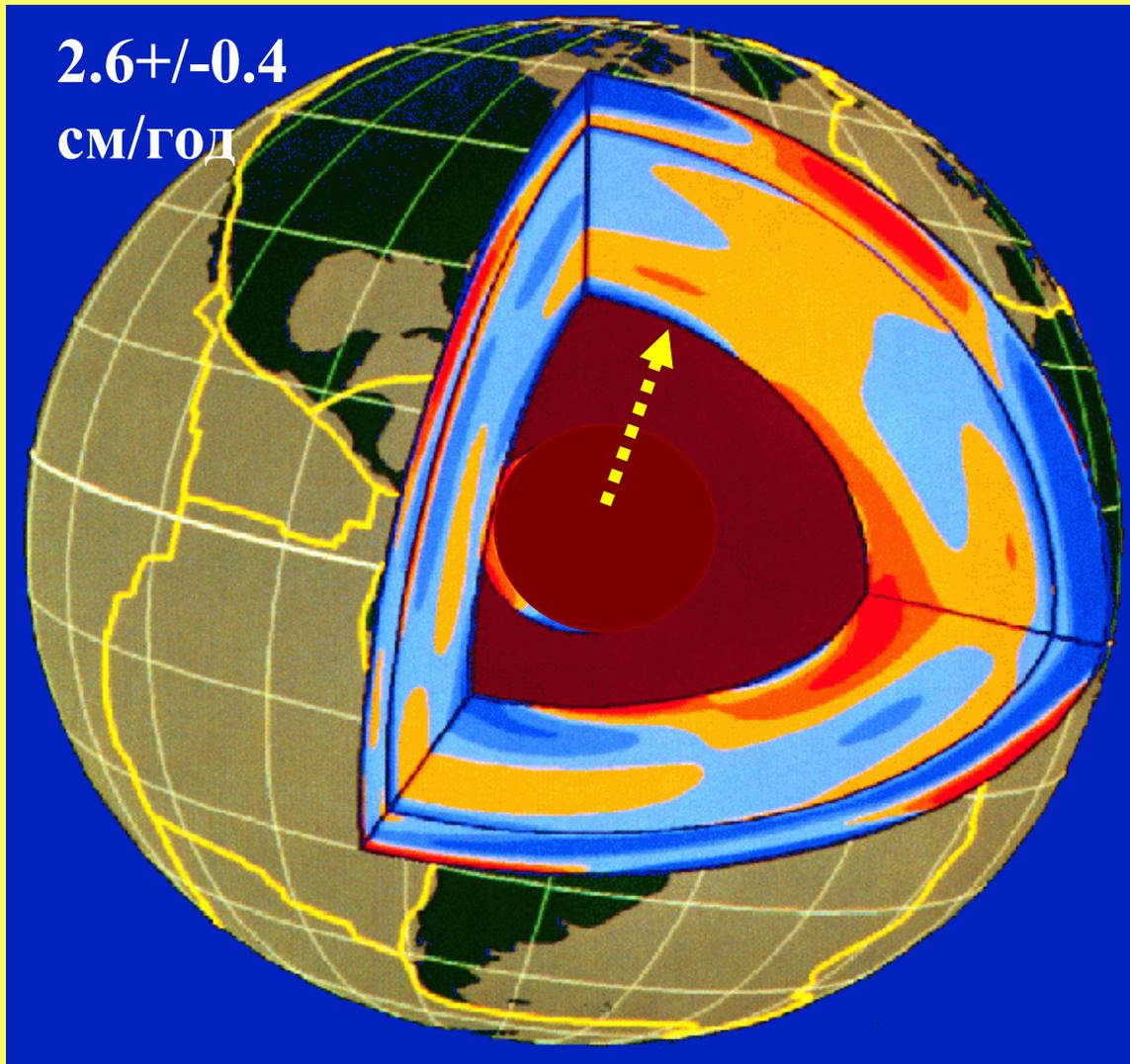
Количественная и качественная проверка гипотезы

В работе [*Barkin, Shatina, 2005*] выведена формула
(видоизменение наше – *М.Г., Ю.Р.*),
связывающая скорость изменения длины параллели (l'_{λ})
на поверхности идеально сферической Земли
со скоростью северного дрейфа земного ядра (v_c):

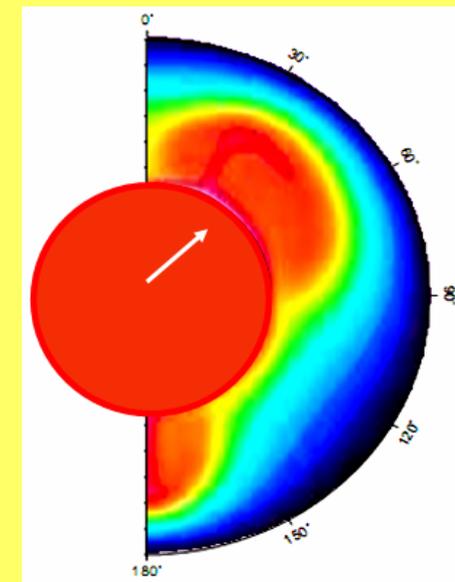
$$l'_{\lambda} \approx -0.2 v_c \sin 2\varphi,$$

где φ – географическая широта на поверхности Земли,
принятая для расчетов отрицательной в Южном полушарии
и положительной в Северном полушарии.

Поскольку изменение длины параллелей
фиксируется с помощью GPS,
то в работе [*Barkin, Shatina, 2005*]
на основе приведенной выше формулы была оценена
скорость дрейфа земного ядра в настоящее время $v_c \approx 2.6$ см/год.



Дрейф ядра [Баркин, 1995, 2007].



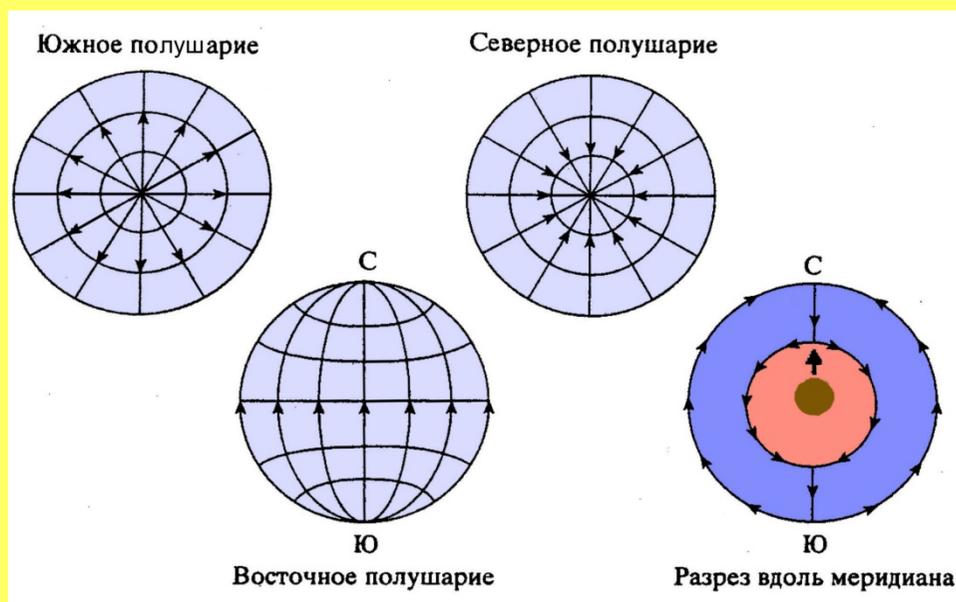
Вековой дрейф центра масс ядра относительно центра масс мантии со скоростью 2.6 ± 0.4 см/год в направлении полюса с координатами 70° с.ш., 105° в.д. (район полуострова Таймыр) [Баркин, 1995, 2005].

Простейшая модель поля скоростей горизонтального потока
под земной поверхностью
[Гончаров, 2007]:

$$v_{\varphi} = A \cos \varphi,$$

где $A \approx 0.25$ см/год – величина,
численно равная максимуму скорости потока на экваторе, где $\varphi = 0$.

Подобно вышеупомянутой скорости дрейфа ядра, эта величина также оценена
с использованием характерной скорости удлинения параллелей.



Скорость деформации изменения длины параллели (ε'_λ):

$$\varepsilon'_\lambda = -\left(\frac{A}{R}\right) \sin \varphi$$

– можно вывести как из вышеприведенной формулы:

$$l'_\lambda \approx -0.2 v_c \sin 2\varphi ,$$

где исходным моментом является
северный дрейф земного ядра,

так и из вышеприведенной формулы:

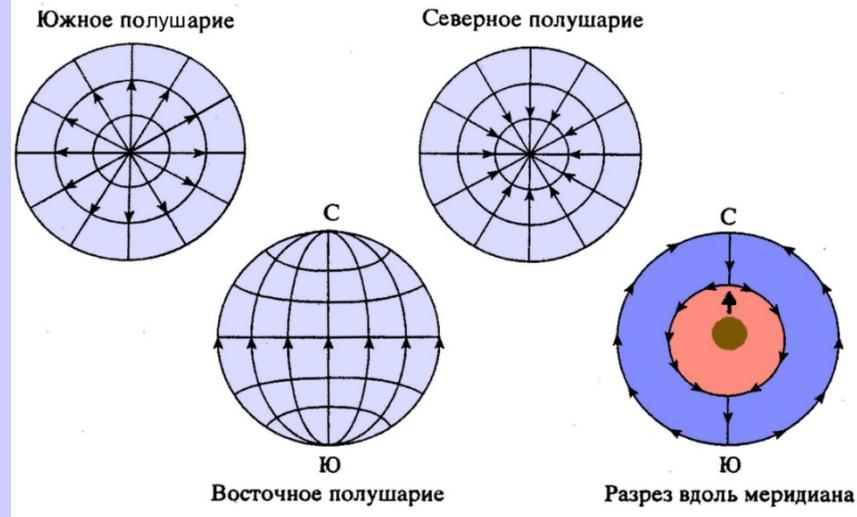
$$v_\varphi = A \cos \varphi ,$$

исходный пункт которой –
северная компонента дрейфа континентов.

**Сопоставление следствий из модели
с фактическим материалом
и независимыми концепциями**

- Восходящий поток под Южным полюсом, имеющий своим источником нижнюю мантию и даже ядро, как причина нарушения изостатического равновесия литосферы Антарктиды [*Грушинский, Строев, Корякин, 2004*].
- Этот восходящий поток обусловил anomalously высокое (3 км) стояние Антарктического материка.





$$\varepsilon'_{\varphi} = - (A / R) \sin \varphi = \varepsilon'_{\lambda}$$

На поверхности идеально сферической Земли скорость деформации вдоль меридианов равна скорости деформации вдоль параллелей.

Однако это равенство весьма «шатко».

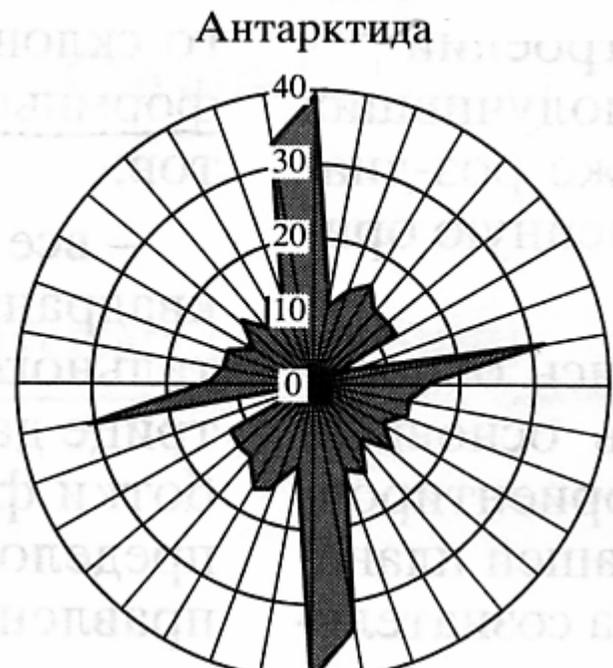
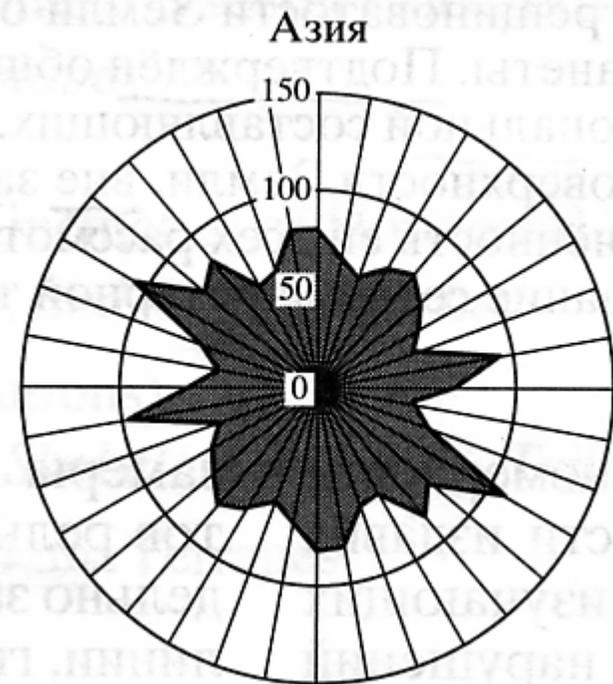
Оно легко нарушается под влиянием «малых параметров» (например, несферичности Земли).

Т. е. имеет место *нелинейная* зависимость, когда малые отклонения приводят к далеко идущим последствиям.

Например, в Антарктиде
скорость удлинения параллелей
превышает
скорость удлинения меридианов.

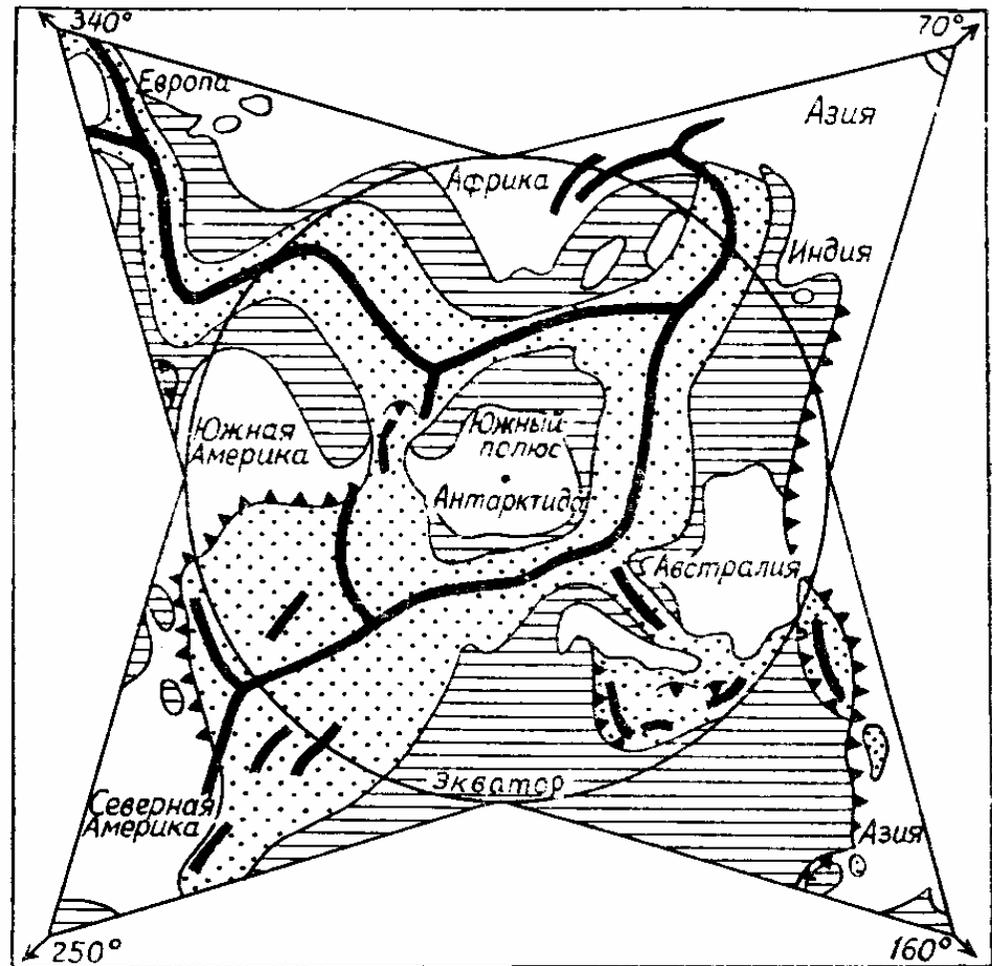
В результате возникают
резко доминирующие
меридиональные (радиальные
по отношению к Южному полюсу)
мегатрещины отрыва
(рифты и другие линеаменты).

Анохин, Одесский, 2001



А вот на некотором удалении от Антарктиды скорость удлинения меридианов больше скорости удлинения параллелей. В результате возникает субконцентрическая (по отношению к Южному полюсу) система спрединга.

На еще большем удалении от Антарктиды снова преобладает субмеридиональная система спрединга в виде трех «стволов» через примерно 90° .

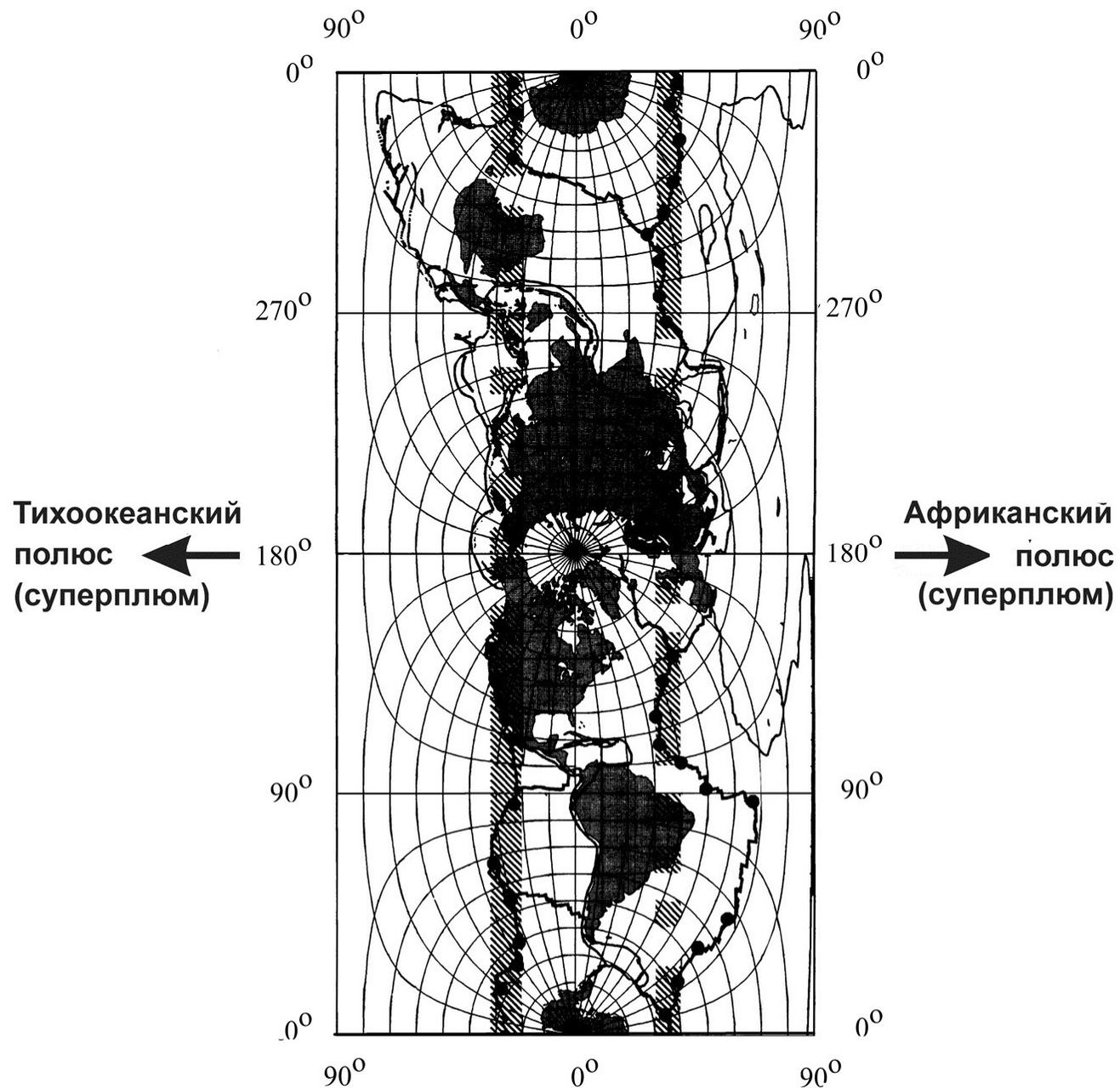


Милановский, Никишин, 1988

В глобальном масштабе
вдоль разных меридианов —
разная скорость **северного** дрейфа литосферы.

Наиболее выразительна в этом отношении
меридиональная полоса
со средним меридианом **100° в.д.**

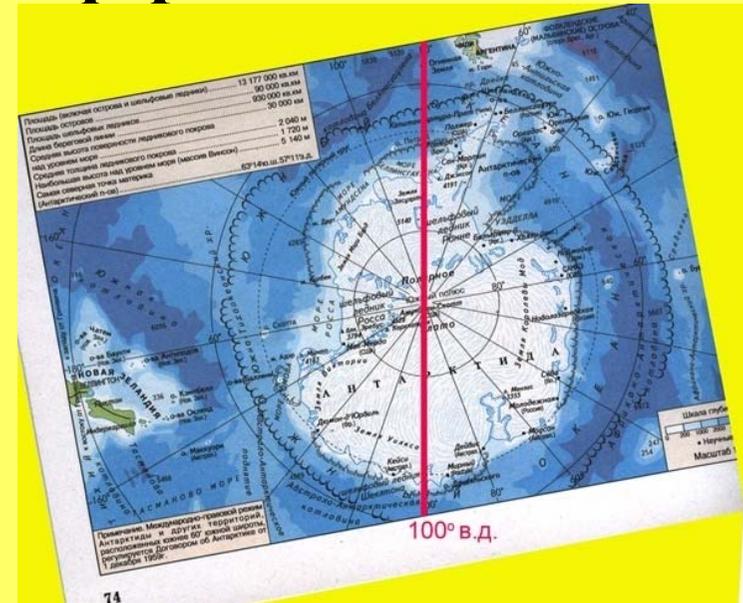
Вдоль этой полосы сосредоточена основная масса
континентальной литосферы
с тяготением к Северному полюсу



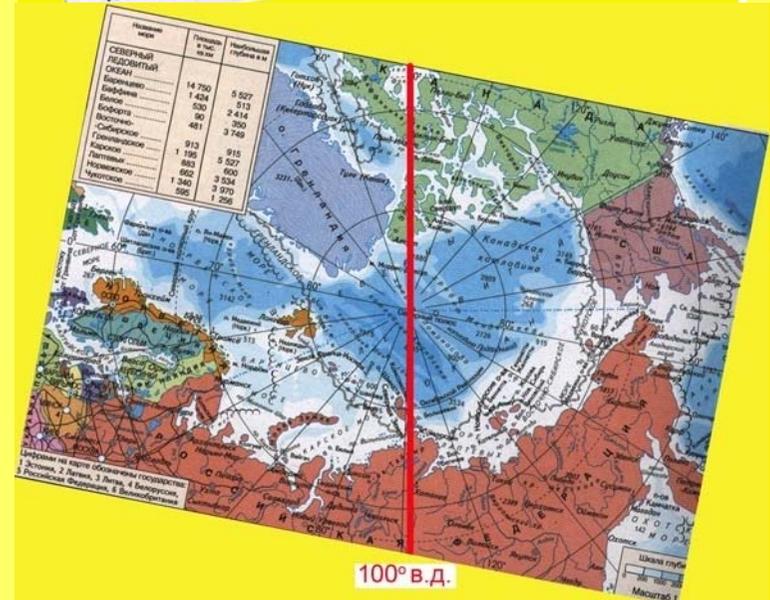
Ravoni, Müller, 2000, с изменением

В этой **меридиональной полосе** – максимальная скорость дрейфа и деформации литосферы

Максимальное удлинение
Антарктического континента
в Южном («растянутом») полушарии



Максимальное укорочение
Арктического океана
в Северном («сжатом») полушарии

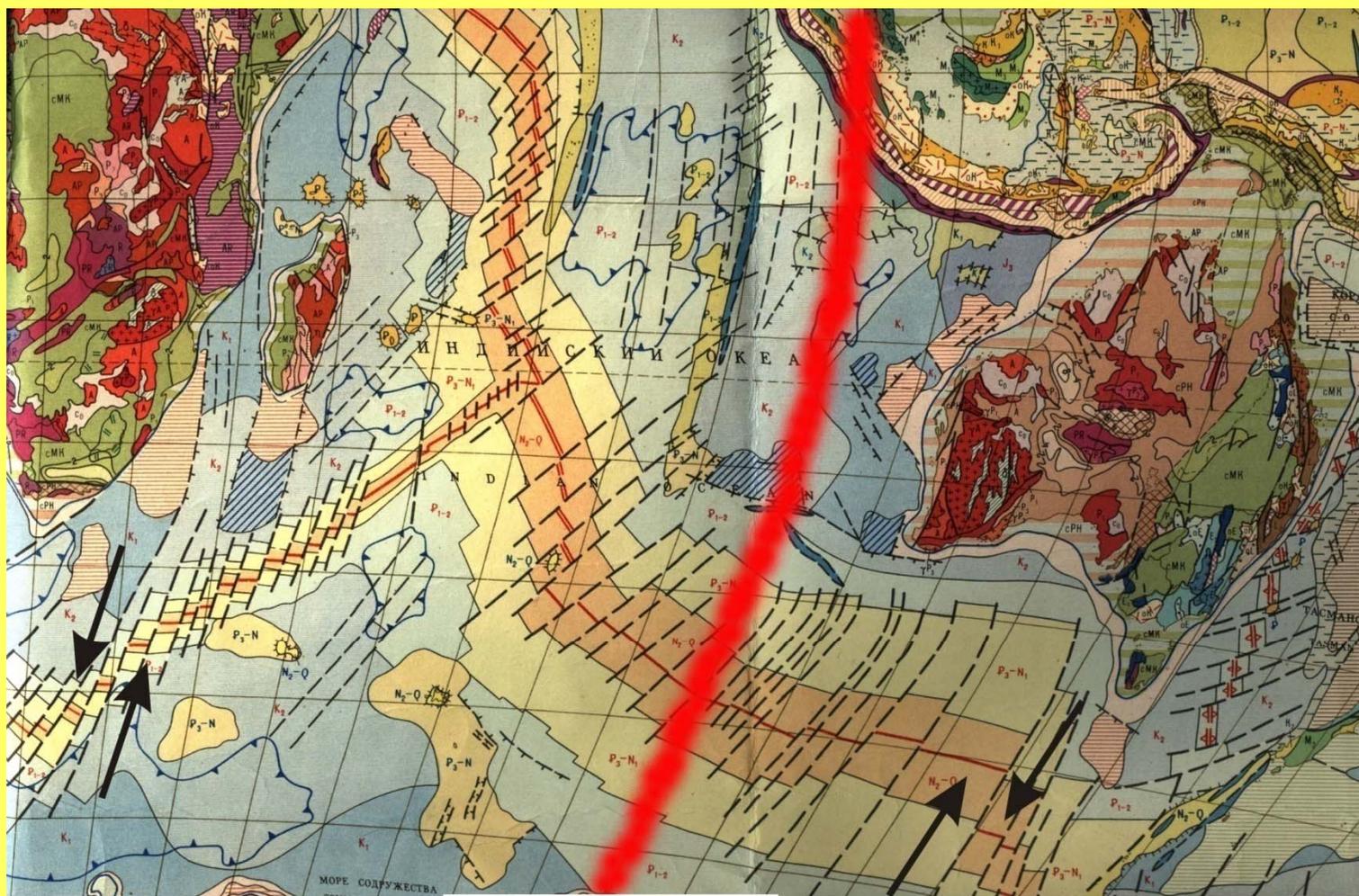


В Южном («растянутом») полушарии
к меридиональной полосе 100-го градуса
приурочена максимальная скорость спрединга
в Юго-восточном Индийском СОХ (ЮВИХ).



100° в.д.

Демаркационные межокеанские тектонические разделы – сдвиги глубинного заложения (Пущаровский, 2010) – ограничивают с двух сторон литосферу Индийского океана, смещенную к северу.

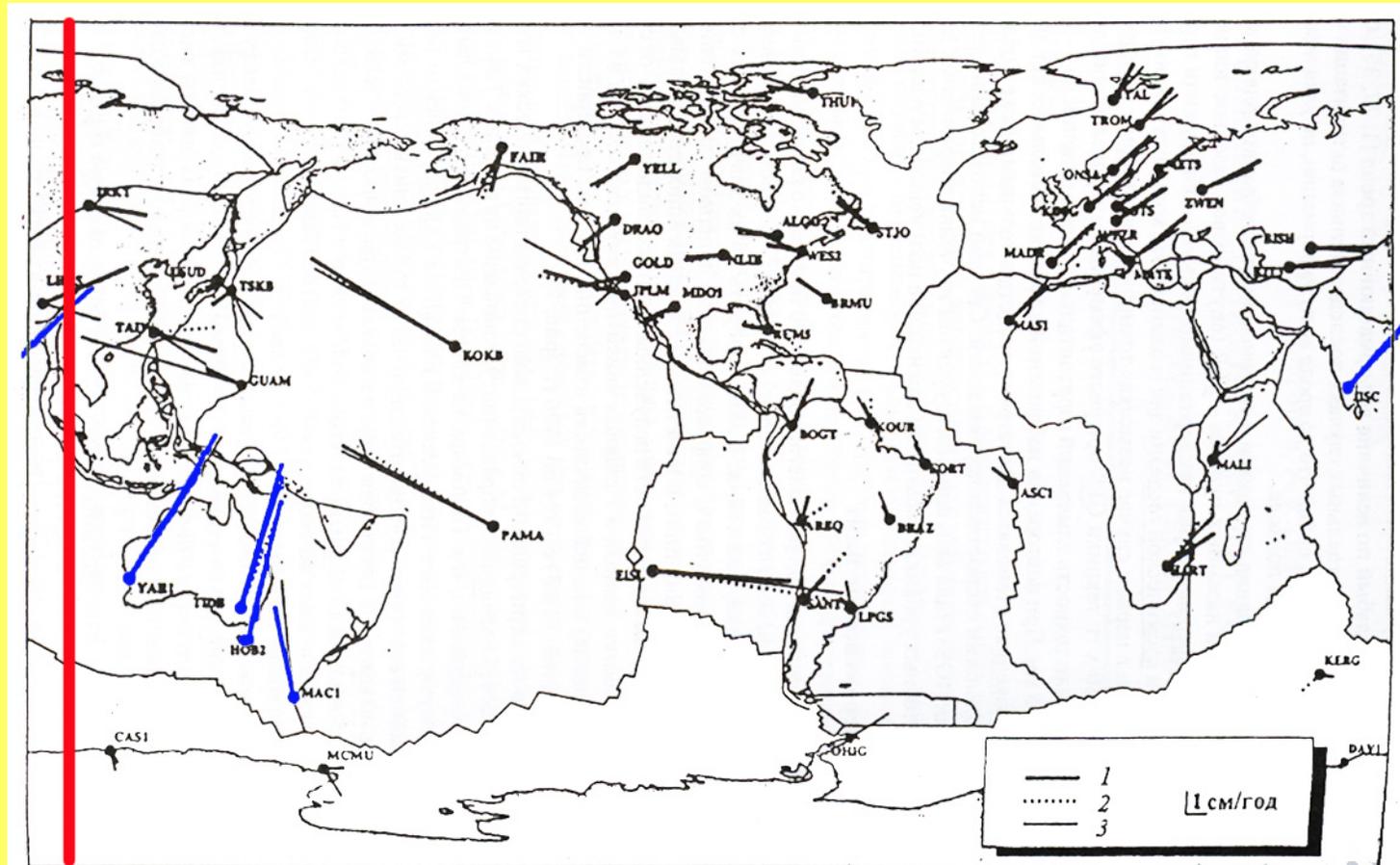


100° в.д.

В Северном («сжатом») полушарии
к меридиональной полосе 100-го градуса приурочены:

- максимальные северные компоненты скорости горизонтальных перемещений по данным GPS;
- максимально широкий и глубокий (до 400 км) мантийный диапир – Зондский;
- максимально высокий ороген – Гималаи;
- максимально широкое и высокое плато – Тибет;
- максимально длинный и глубокий рифт – Байкальский.

*Трифонов,
Певнев,
2001*



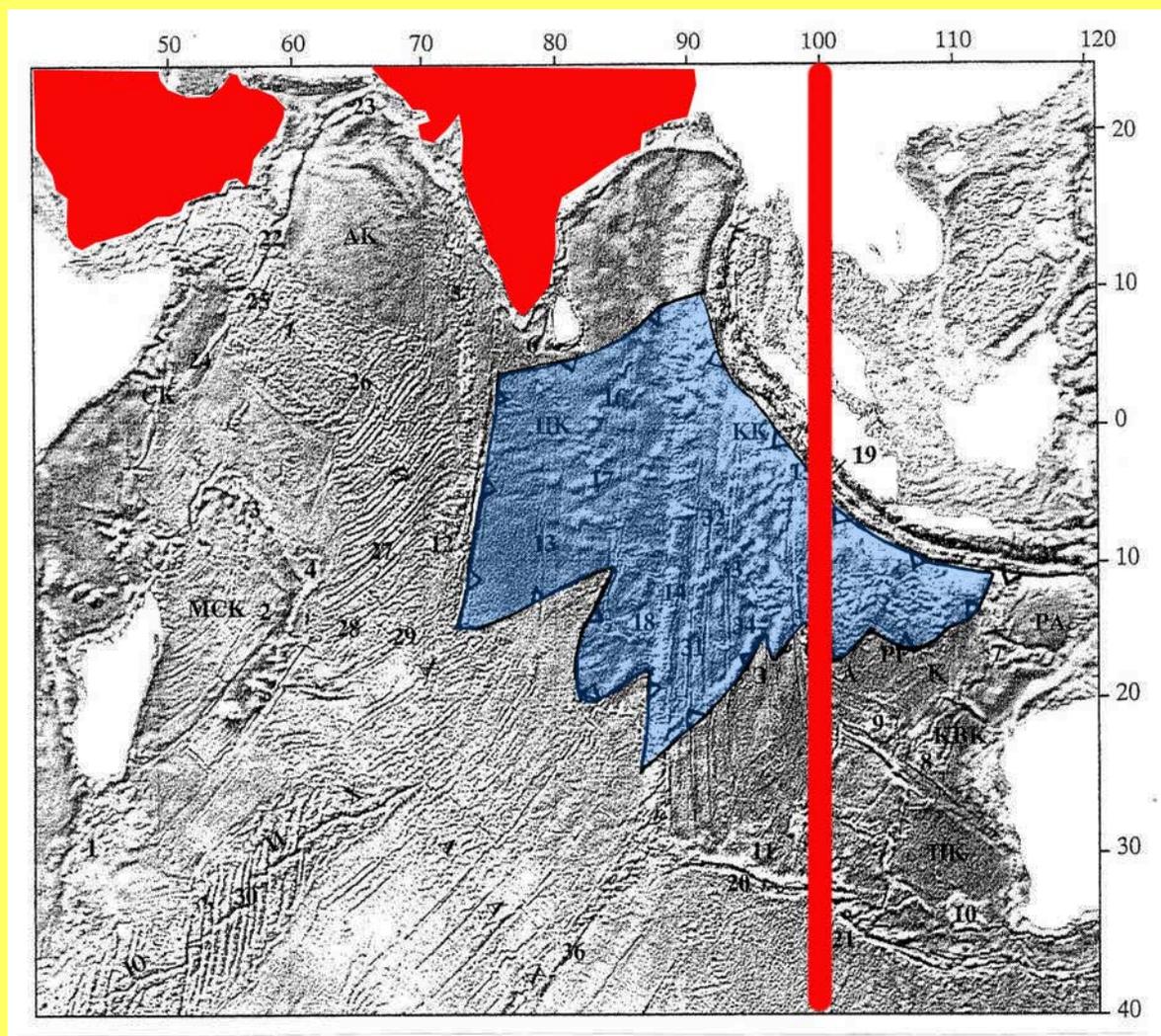
100° В.д.

Вблизи этой **меридиональной полосы** находится Индостанский индентор.

На его фронте – Гималаи и Тибет (самый высокий ороген)

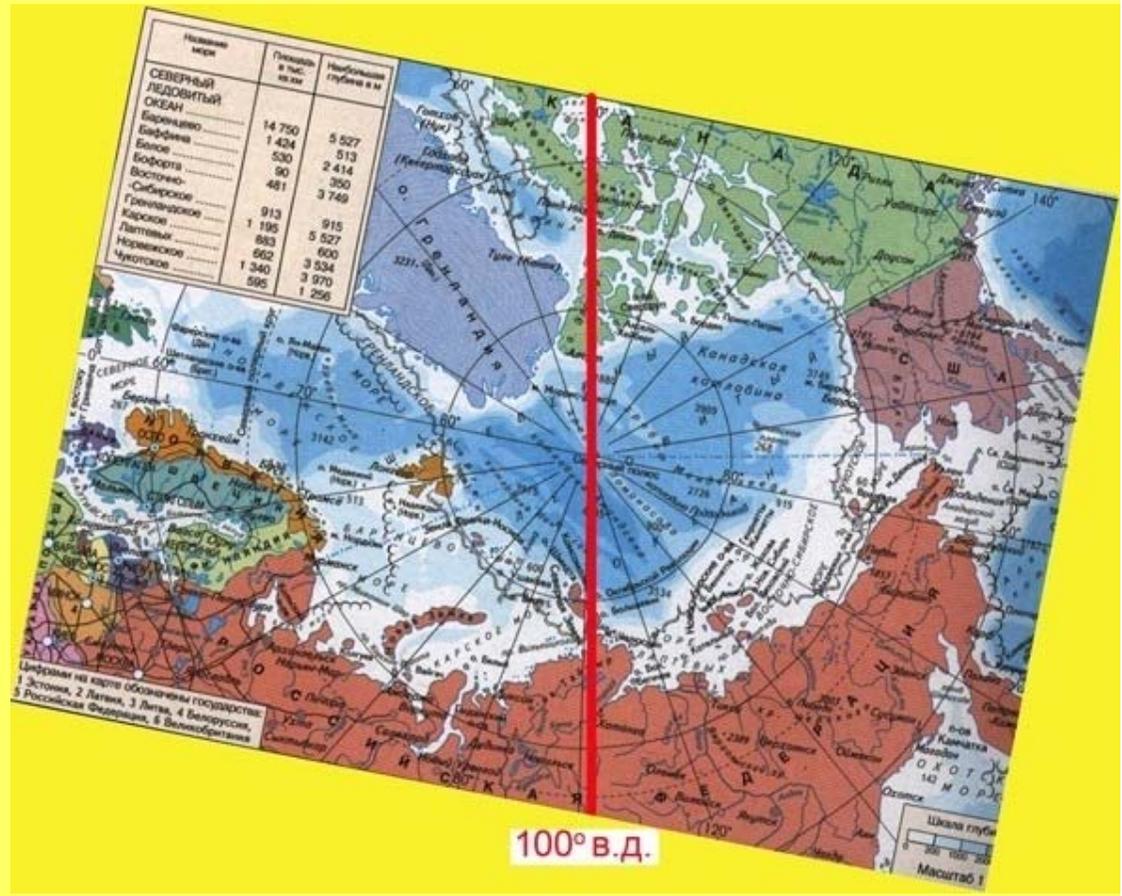
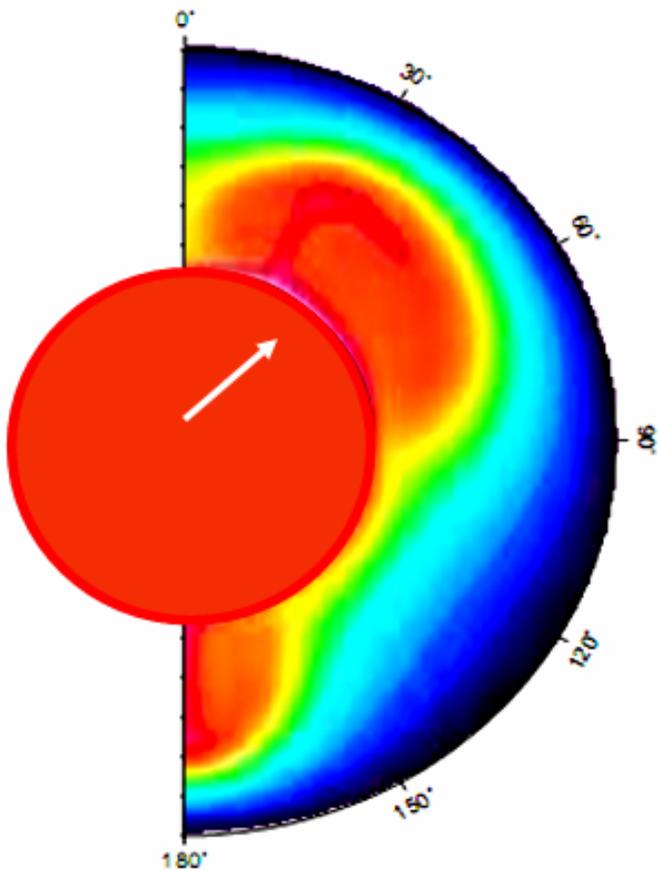
и более удаленный Байкал (самый глубокий рифт).

В его тылу – зона внутриплитных деформаций **субмеридионального** тоже сжатия.



По уточненным расчетам *Ю.В. Баркина*,
земное ядро дрейфует не просто в северном направлении,
но конкретно в направлении п-ва Таймыр.

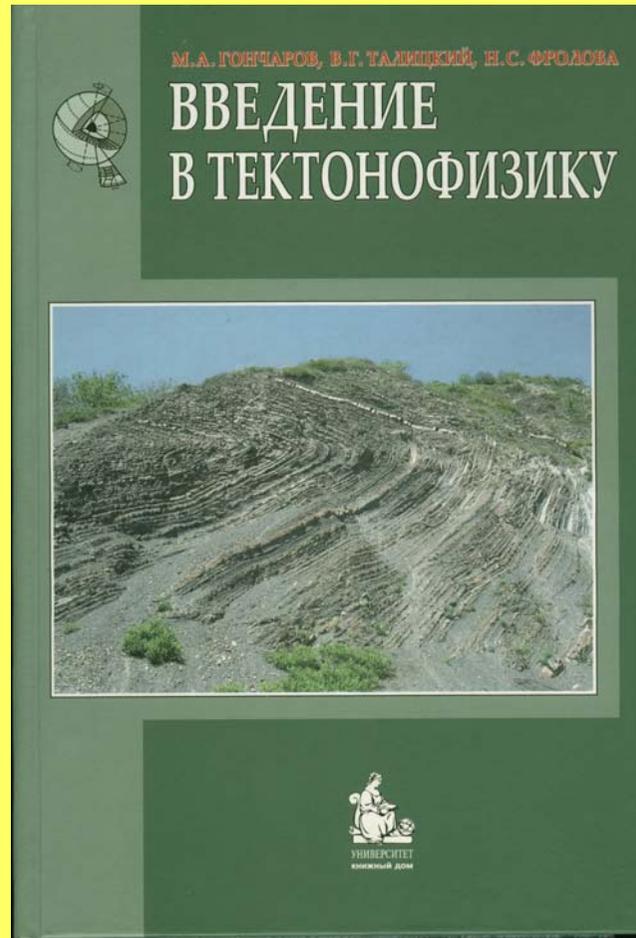
А Таймыр также располагается
в рассмотренной **субмеридиональной полосе**.



Геодинамика иерархически соподчиненных геосфер

Ранг ГС	Геосфера, h (км)	Ареал	Процессы, структуры	Ранг ГЦ, t , Ма	h/t , см/год
ГС-0	Вся Земля 6370	Повсеместно	Западная и северная компоненты дрейфа континентов, связанные с поднятием Антарктиды и опусканием Арктики по "правилу буравчика"	Цикл меридионального дрейфа, 1600	0,40
ГС-1	Вся мантия 2900	Повсеместно	Созидание и распад суперконтинентов	Циклы Вилсона, 800	0,36
ГС-2	Верхняя мантия 660÷670	Под океанами	Субдукция, коллизия, спрединг	Циклы Бертрана, 175	0,38
ГС-3	Астеносфера + литосфера	В зонах повышенного теплотока (субдукции, коллизии, спрединга)	Двухъярусная конвекция:		
	ГС-3а 300÷400		В зонах субдукции и коллизии – мантийные диапиры, впадины над ними, дугообразные желоба и зоны Беньофа или центробежно-вергентные складчато-покровные сооружения на периферии	?	?
	ГС-3б 100÷220		В зонах коллизии – системы линейных продольных поднятий с "корнями" и впадин с "антикорнями"	Циклы Штилле, 30	0,53
	ГС-3в 50÷100		В зонах спрединга – системы линейных поперечных поднятий с "корнями" и впадин с "антикорнями"	?	?
ГС-4	Осадочный чехол 5÷15	В зонах коллизии	Термофлюидная конвекция. Региональный метаморфизм. Антиклинории и синклинории, складки	Фазы складчатости, 1÷3	~ 0,50

Примечание. ГС – геодинамические системы. ГЦ – геодинамические циклы; циклы Вилсона, Бертрана и Штилле – по В.Е. Хаину [29]. h – мощность геосферы; t – длительность цикла; Ма – млн. лет.



ГЛАВА 11. ВВЕДЕНИЕ В ГЕОДИНАМИКУ ИЕРАРХИЧЕСКИ СОПОДЧИНЕННЫХ ГЕОСФЕР

11.2. Надглобальная геодинамическая система 0-го ранга

Геодинамическая система 0-го ранга обусловлена
действием

внешних по отношению к Земле

гравитационных сил.

Поэтому она функционирует во *всей* Земле

и является крайним членом в иерархии

интерферирующих

конвективных геодинамических систем,

функционирующих в столь же

иерархически соподчиненных геосферах.

Она создает *общий фон*, на котором
развертывается действие геодинамических систем

более высокого ранга,

вуалирующих то, о чем шла речь.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- Устанавливается явление дрейфа и **субмеридионального** сжатия континентальной и океанской литосферы, вектор которых направлен на **север**.
- Это сжатие не носит стационарного характера, но проявляет себя во времени дискретно, накладываясь на процессы коллизионного орогенеза и платформенных деформаций континентальной литосферы и аккреции океанской коры в зонах спрединга.
- Выявлено три основных этапа **субмеридионального** сжатия океанской литосферы: меловой, позднемiocеновый и современный. Такая же этапность намечается и для континентальной литосферы.
- Посредством представления о компенсационной организации тектонического течения в теле Земли переброшен количественный «мост» между структурами **меридионального** сжатия литосферы и **северным** дрейфом ядра Земли.

Работа выполнена при финансовой поддержке

Российского фонда фундаментальных исследований

(гранты РФФИ 06-05-64547, 07-05-00246, 09-05-00150).

Спасибо за внимание!

