

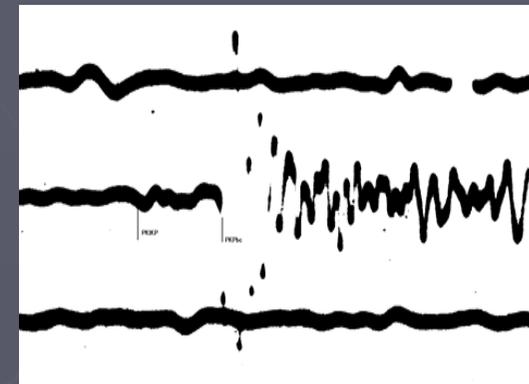
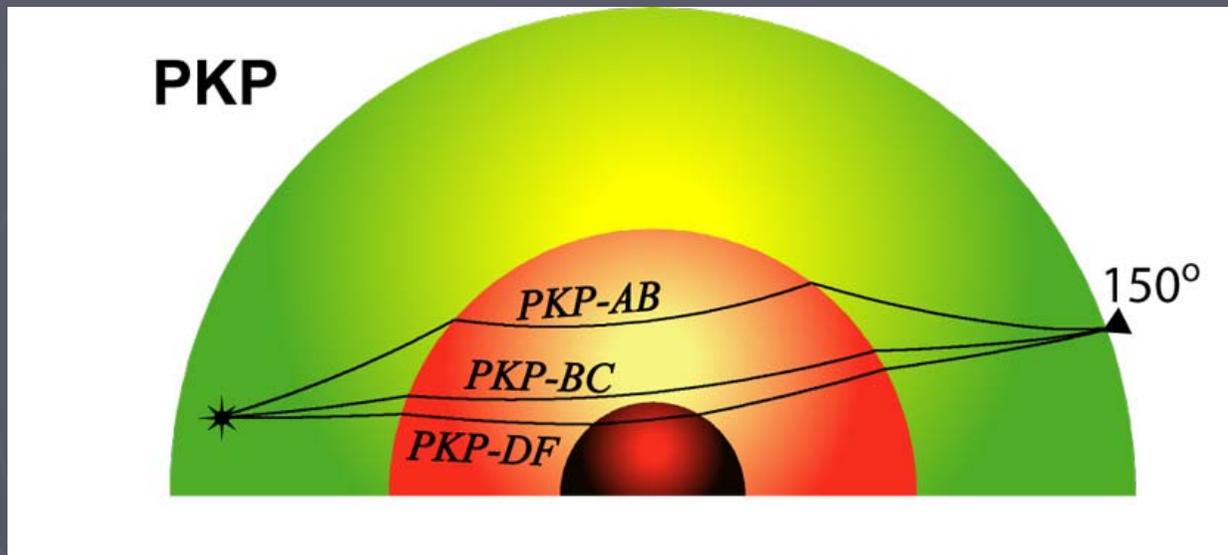
СЕЙСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМНОГО ЯДРА

**(Аномалия скорости во
внешнем ядре?)**

Адушкин В.В., Овчинников В.М.

31 мая 2011 г.

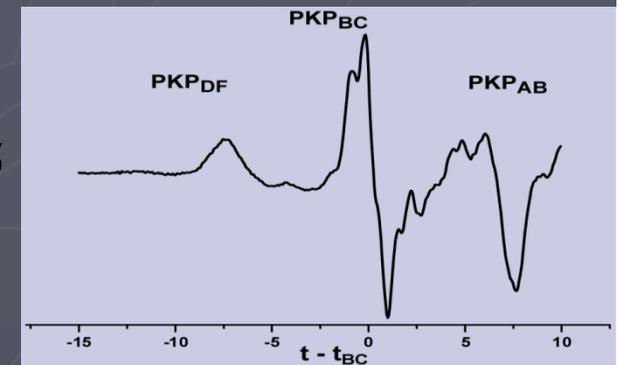
Волны в ядре и примеры сейсмограмм



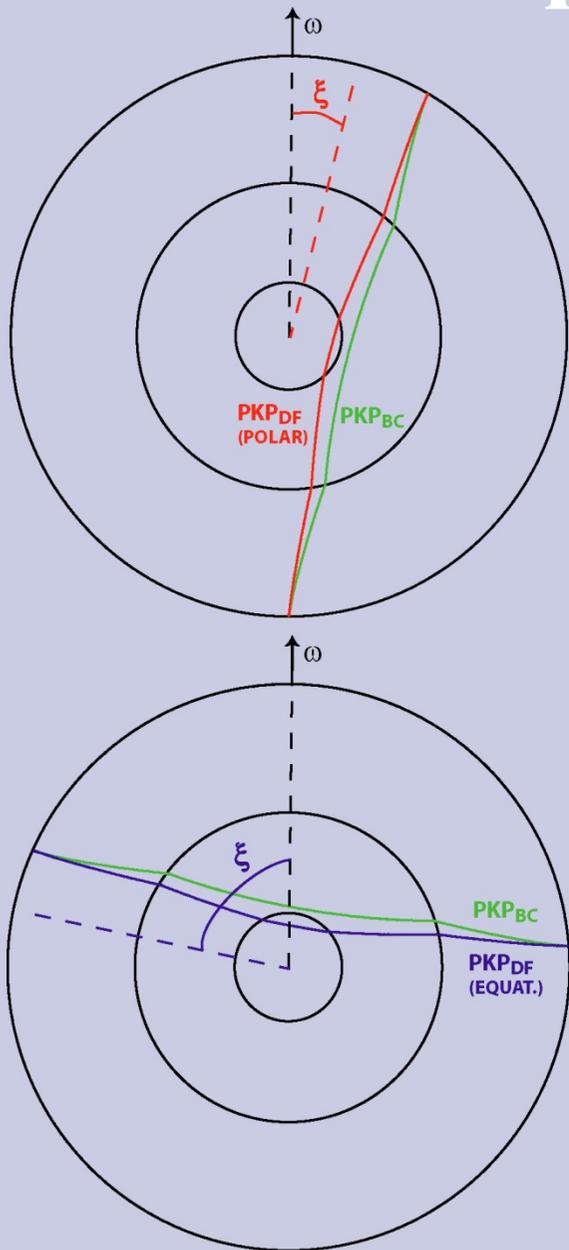
01/08/1987

$$\delta t = (t_{PKP_{BC}} - t_{PKP_{DF}})_{\text{эксн}} - (t_{PKP_{BC}} - t_{PKP_{DF}})_{ak135}$$

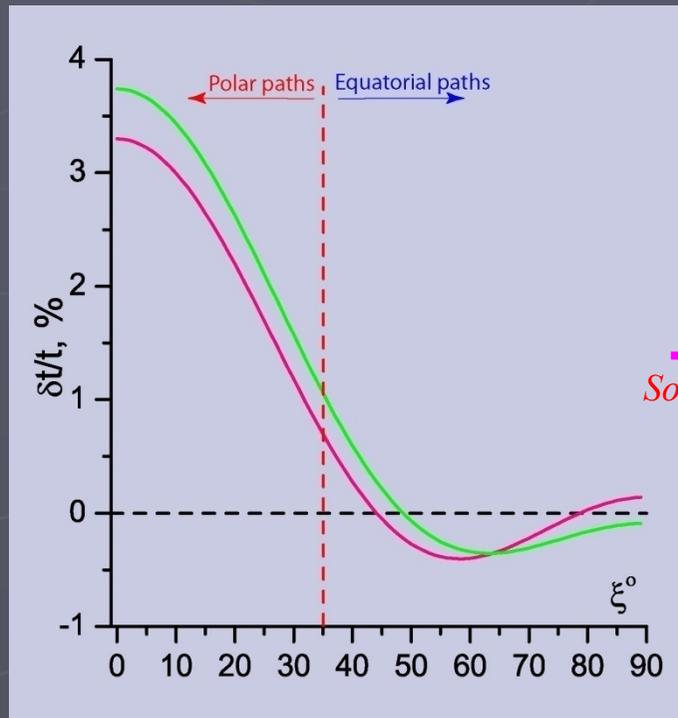
$$\delta t / t = \delta v / v$$



Анизотропия внутреннего ядра



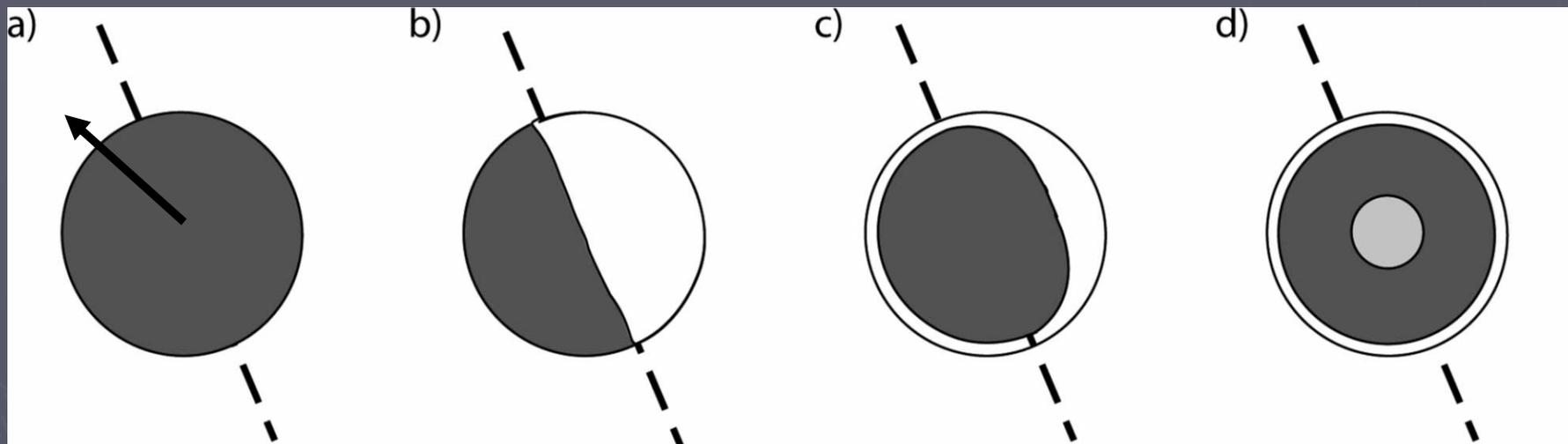
$$\frac{\delta t(\xi)}{t} = (2\beta - \gamma)\text{Cos}^2(\xi) + (0.5\alpha - 2\beta + \gamma)\text{Cos}^4(\xi)$$



Creager, JGR, v.104, p.23127, 1999

Souriau & Poupinet, Geodynamics 31, 2003

Эволюция представлений об анизотропии внутреннего ядра

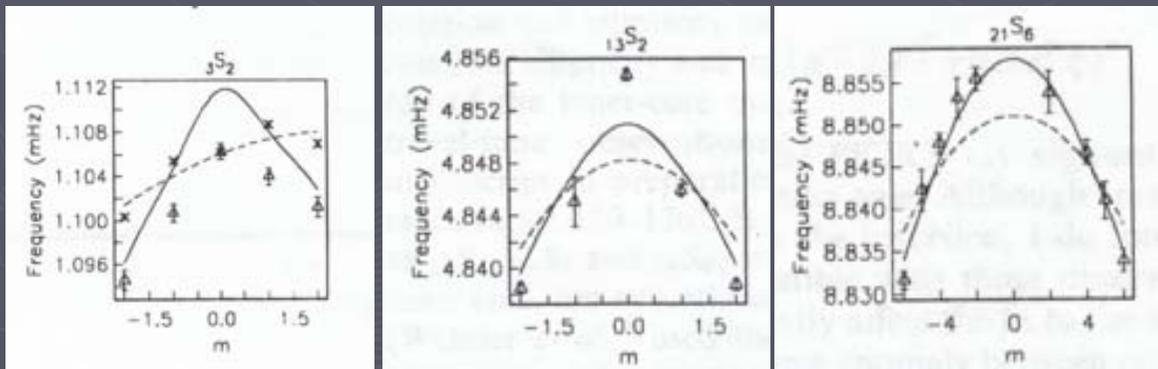


- a) Однородная анизотропия, Morelli et al., 1986, Tromp, 1993
- b) Крупномасштабная неоднородность анизотропии Tanaka&Hamaguchi, 1997
- c) Изотропный слой с меняющейся толщиной в самой верхней части ядра, Creager, 2000
- d) Центральная часть ядра имеет анизотропию, отличную от анизотропии внешней части ядра, Ishii&Dziewonski, 2002

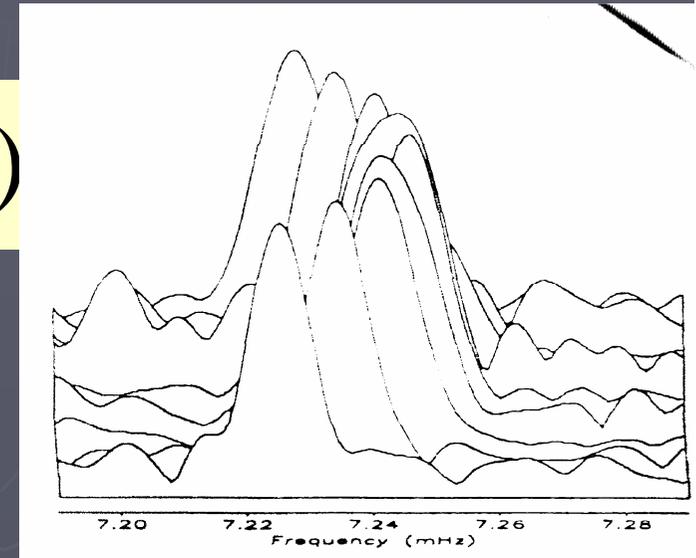
! Ни одна из физических моделей не объясняет b), c), d) особенности

Собственные колебания и анизотропия

$$\omega^m = \omega_c(1 + bm + cm^2 + c'm^2 + dm^4)$$



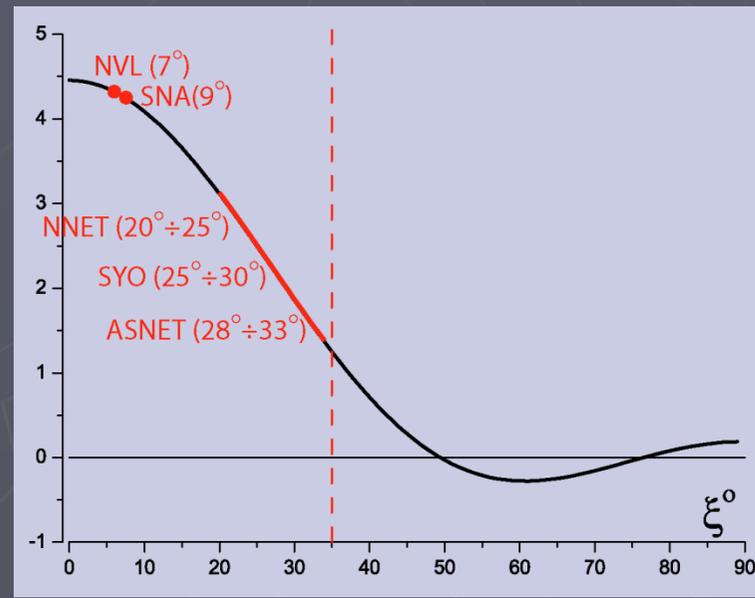
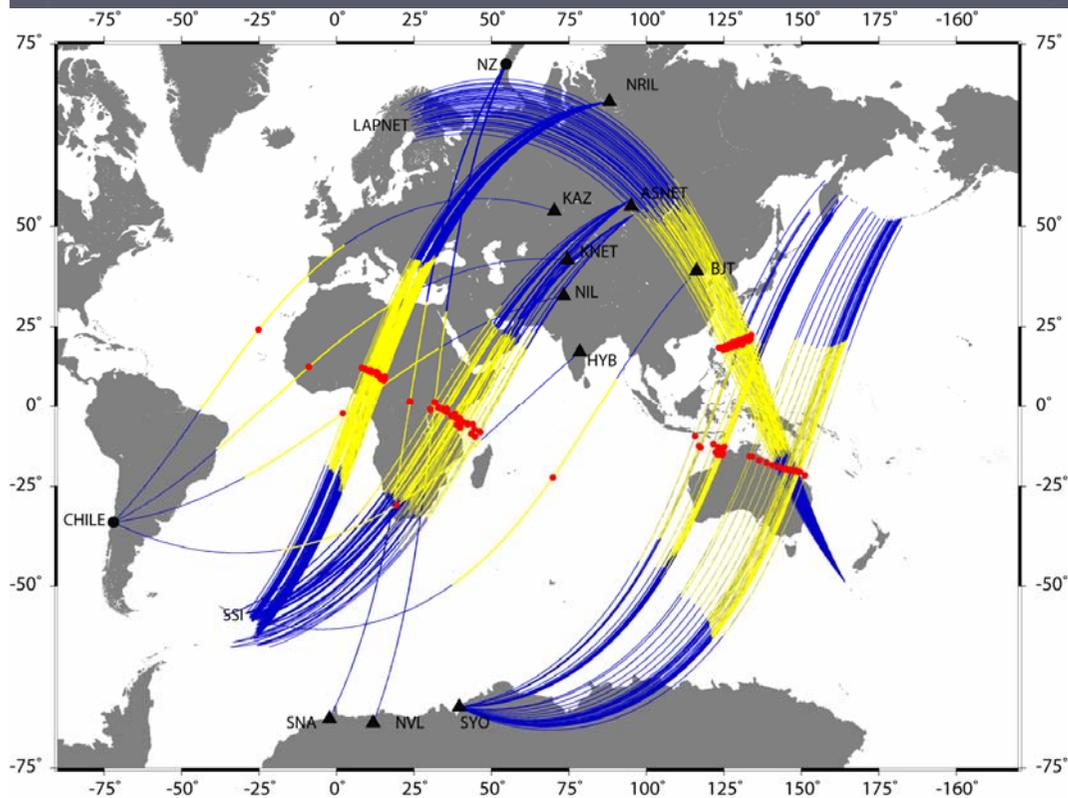
Tromp, 1999, Nature



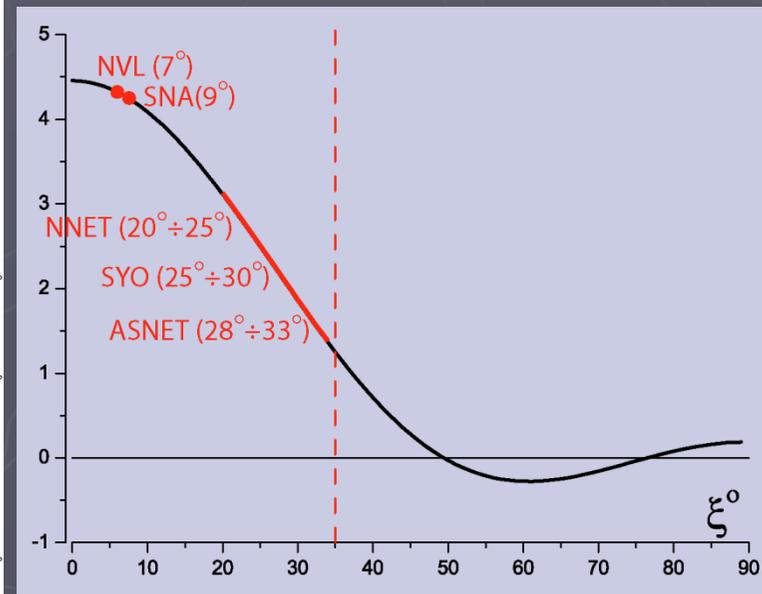
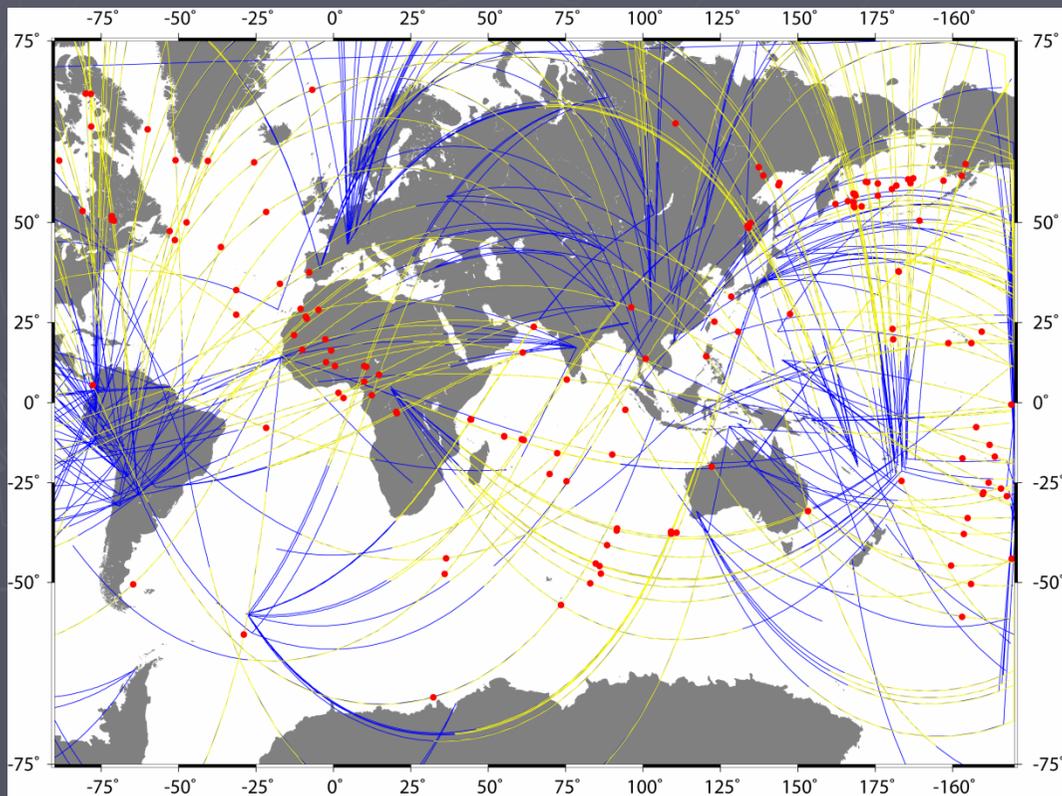
Widmer et al., 1992.

- нет согласованности с анизотропией ряда собственных частот колебаний
- не объясняет изотропии верхней части внутреннего ядра

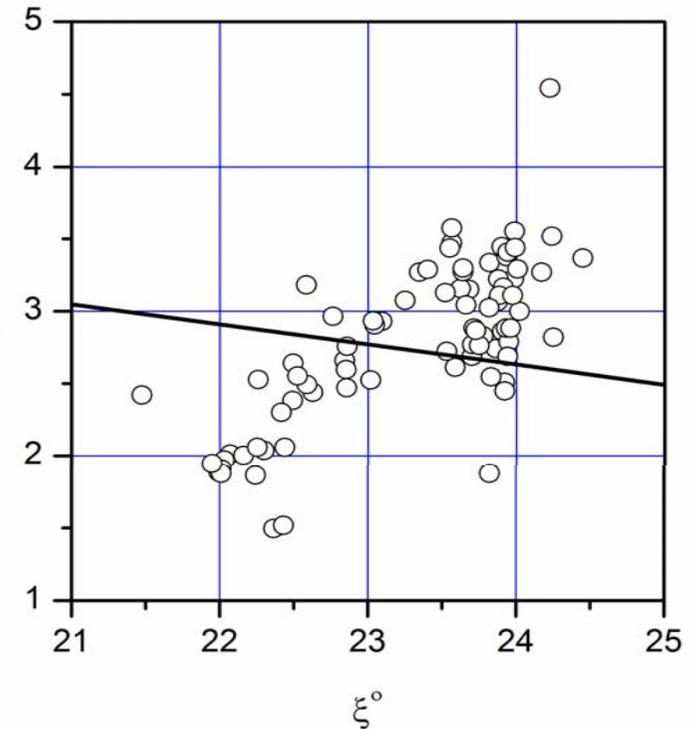
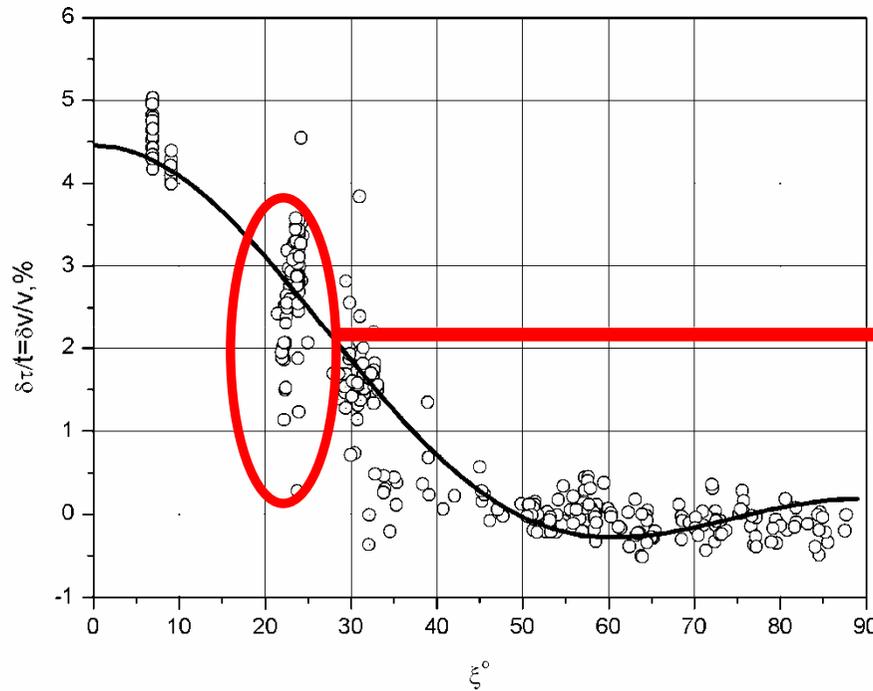
Полярные трассы



Экваториальные трассы



Анизотропия внутреннего ядра?



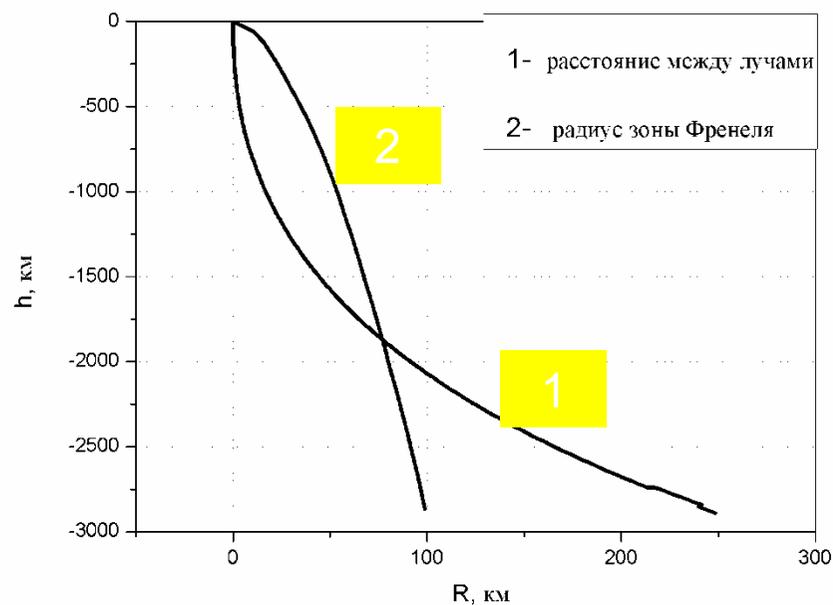
$$\frac{\delta v(\xi)}{v} = (2\beta - \gamma)\cos^2(\xi) + (0.5\alpha - 2\beta + \gamma)\cos^4(\xi)$$

$$\delta\tau / t = (0.223 \pm 0.162) + (-4.345 \pm 0.650)\cos^2 \xi + (8.679 \pm 0.581)\cos^4 \xi$$

Параметризация невязок

$$\delta\tau = \delta\tau_c + \delta\tau_m + \delta\tau_{oc} + \delta\tau_{ic}$$

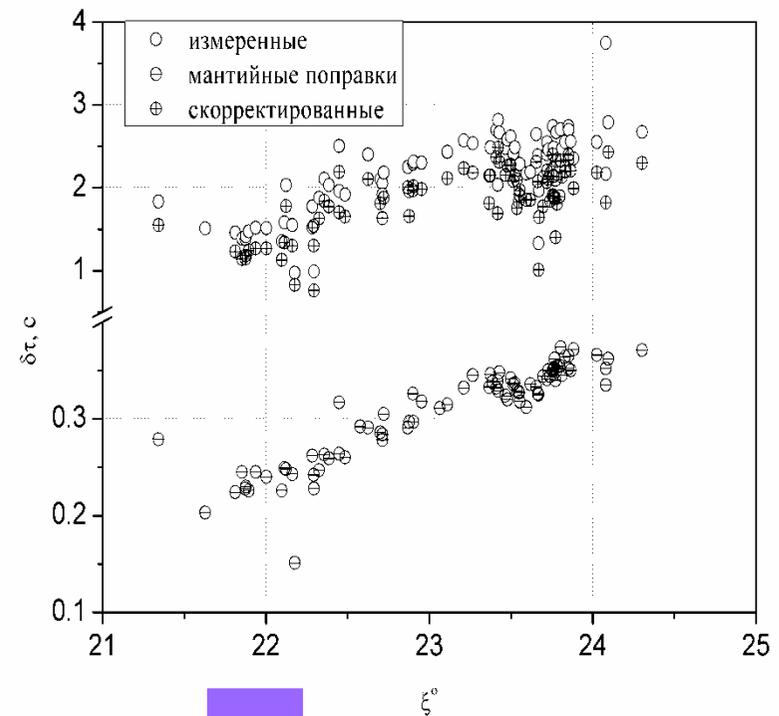
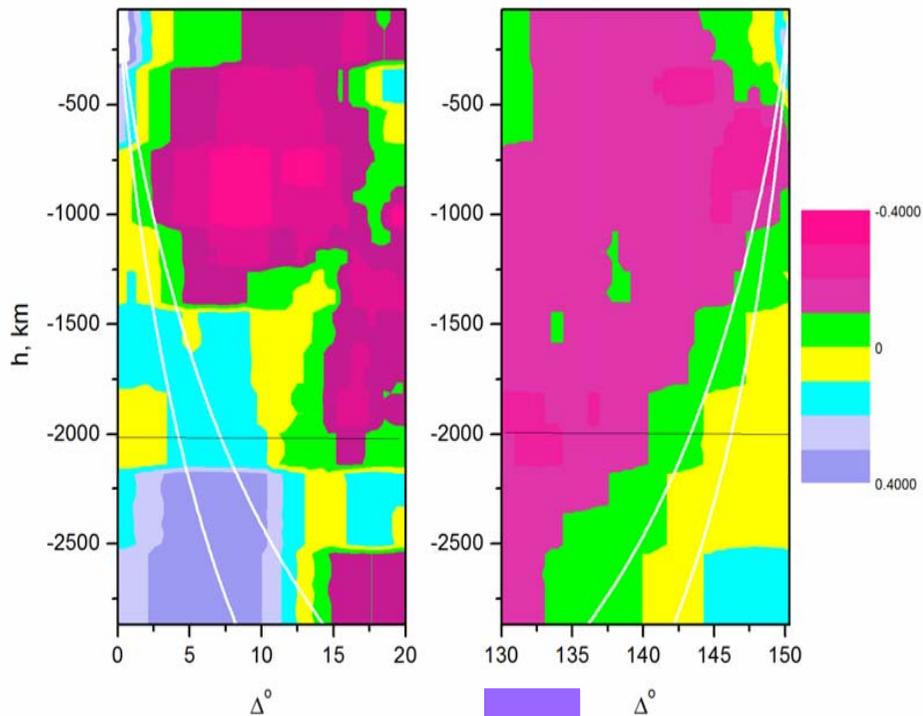
$$\delta\tau = (t_{PKP_{BC}} - t_{PKP_{DF}})_{\text{эксп}} - (t_{PKP_{BC}} - t_{PKP_{DF}})_{ak135}$$



не кора

Аномалия скорости в мантии?

$$\delta\tau = \cancel{\delta\tau_e} + \delta\tau_m + \delta\tau_{oc} + \delta\tau_{ic}$$

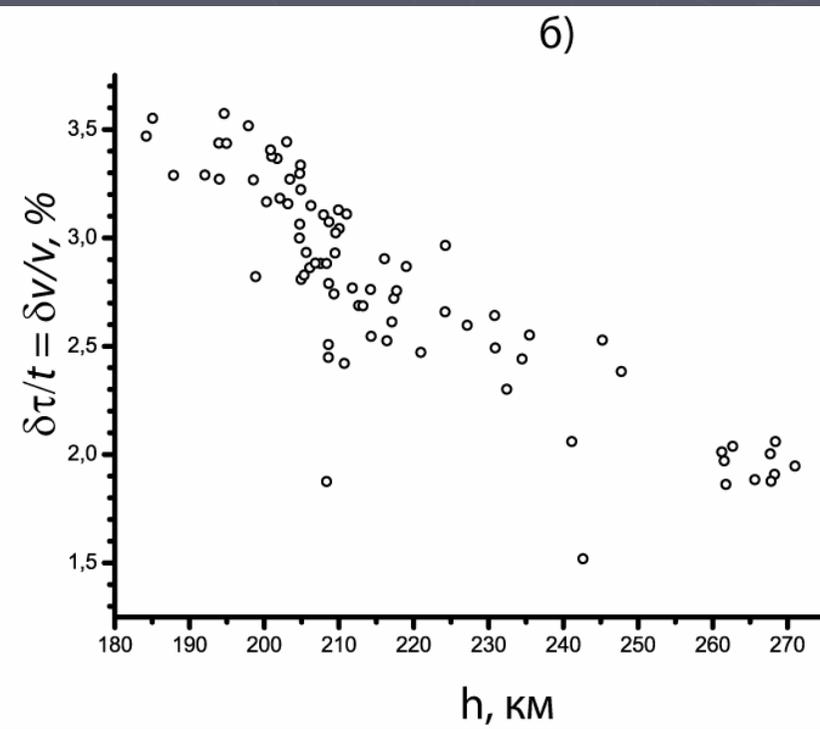
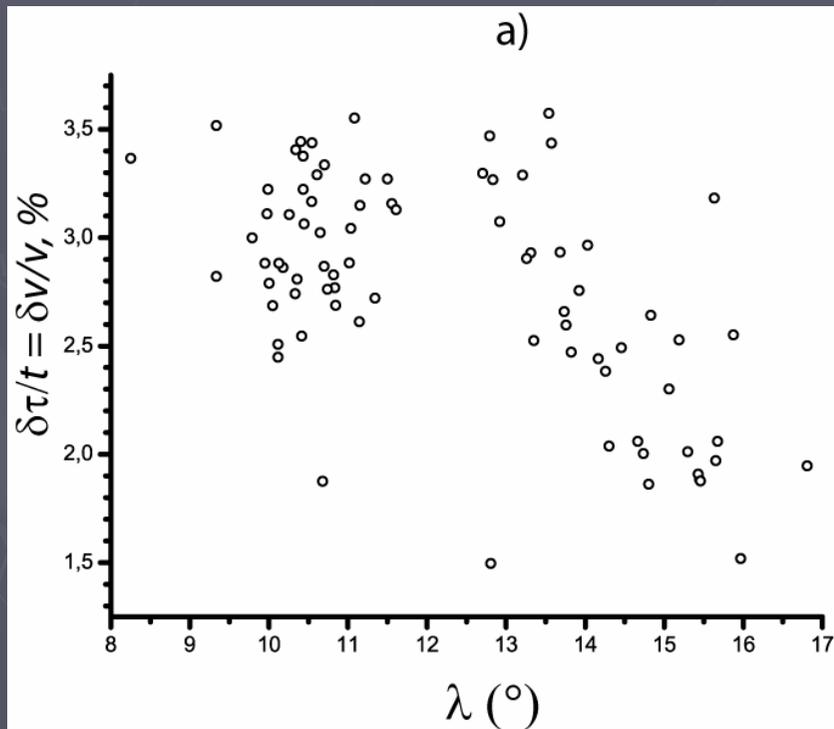


NRI-SSI

вклад мантии мал

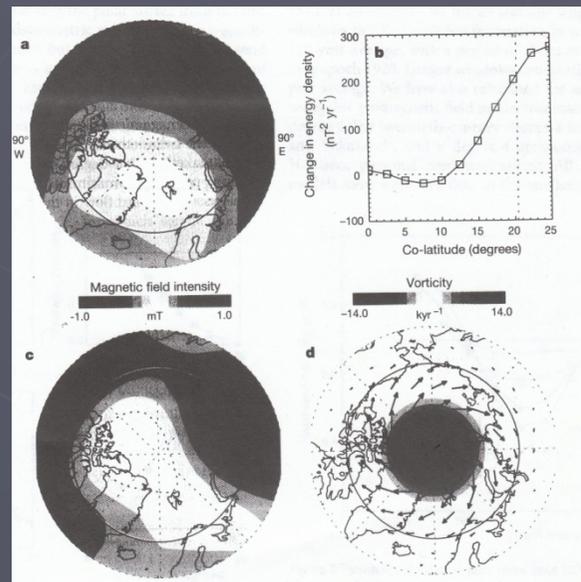
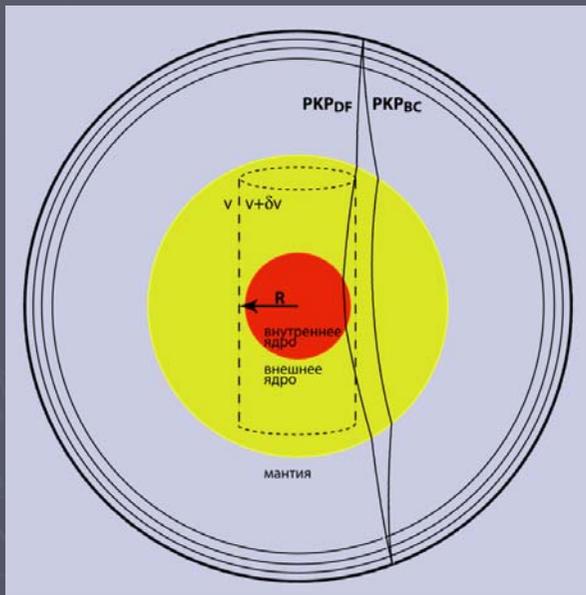
Аномалия во внешнем или внутреннем ядре?

$$\delta\tau = \cancel{\delta\tau_c} + \cancel{\delta\tau_m} + \delta\tau_{oc} + \delta\tau_{ic}$$

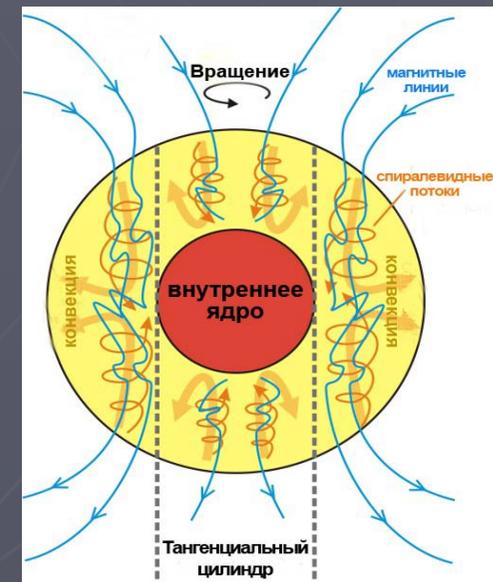


ВИДИМО, НЕ В ТВЕРДОМ ЯДРЕ

Цилиндрическая аномалия во внешнем ядре

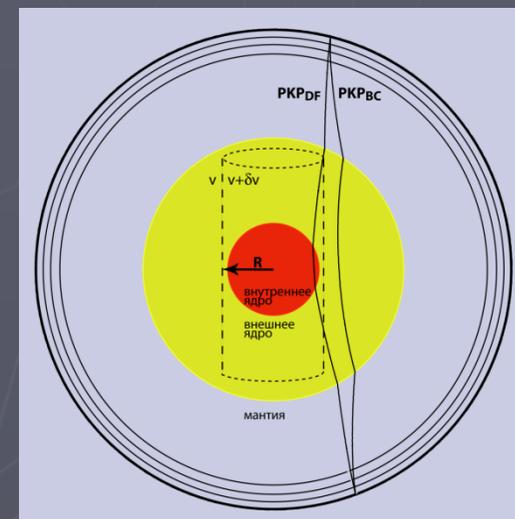
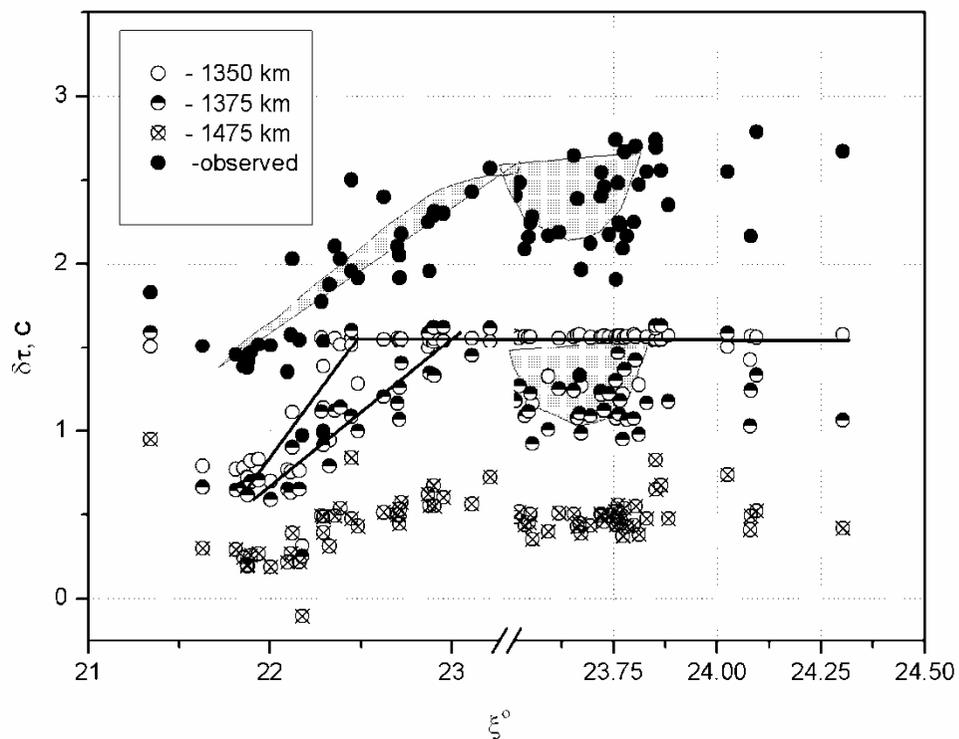


*Olson & Arno, 1999.
Nature*

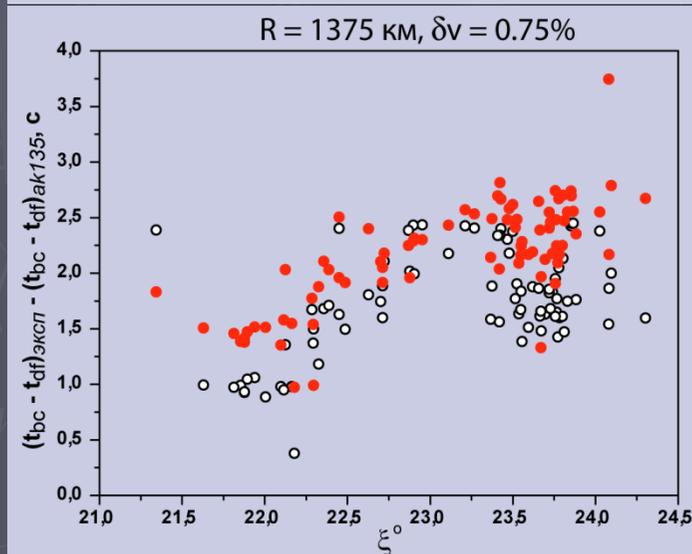
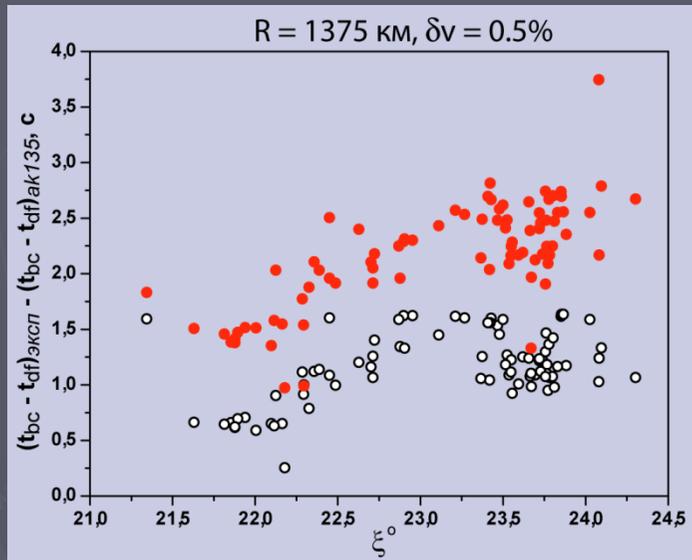


Widmer et al, 1992: Our current working hypothesis is that the structure responsible for anomalous splitting is a degree 2 perturbation in the outer core

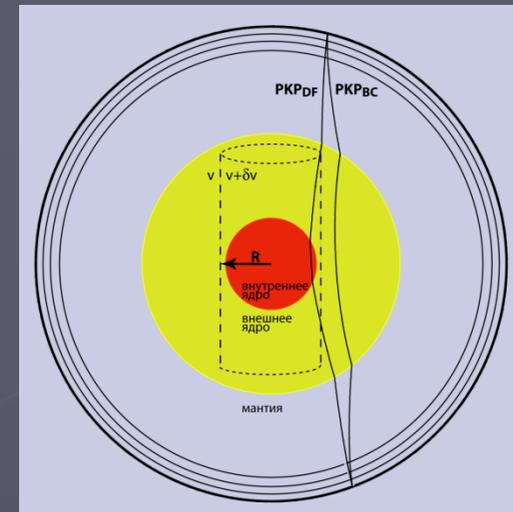
Радиус цилиндрической аномалии



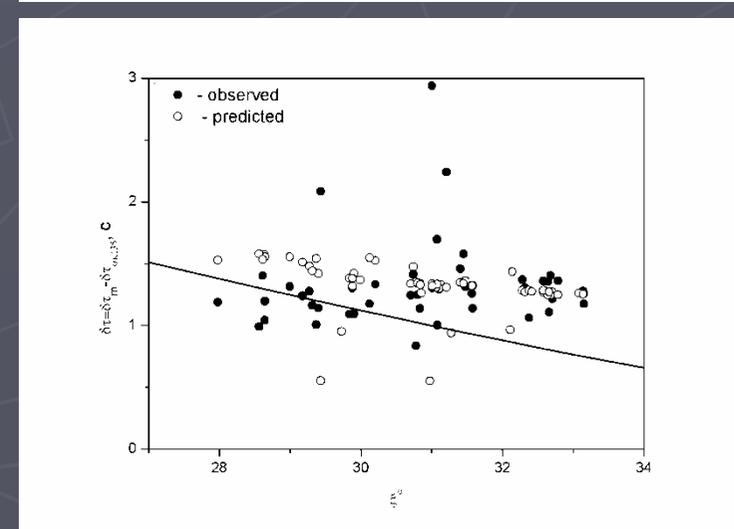
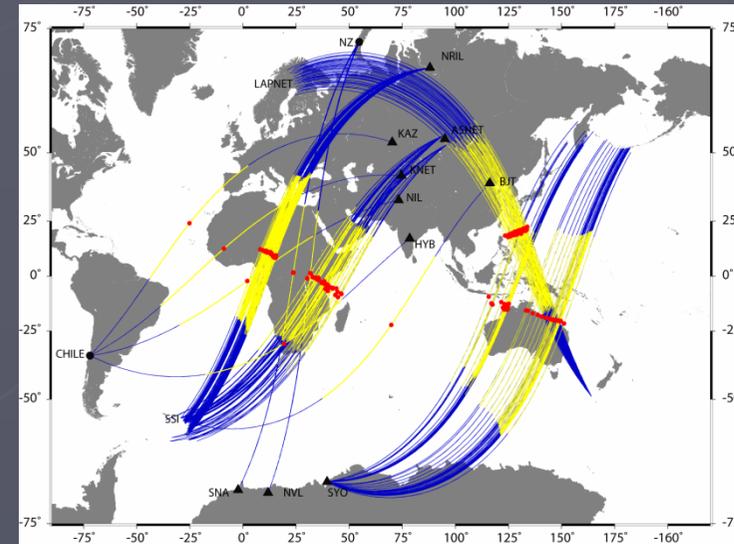
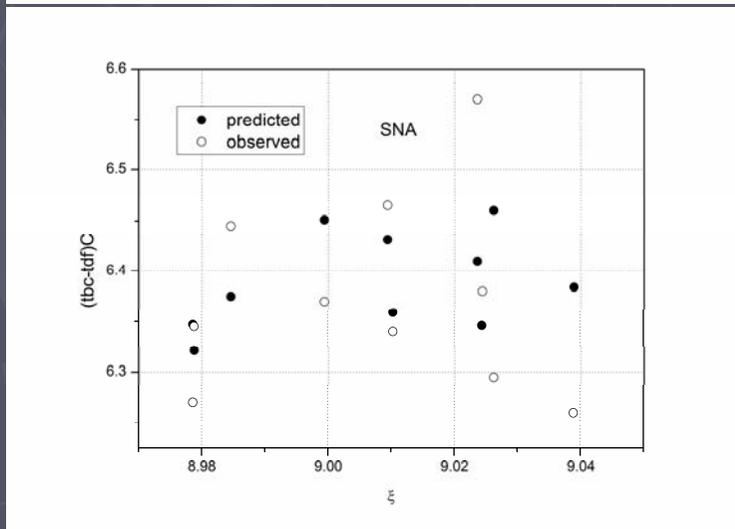
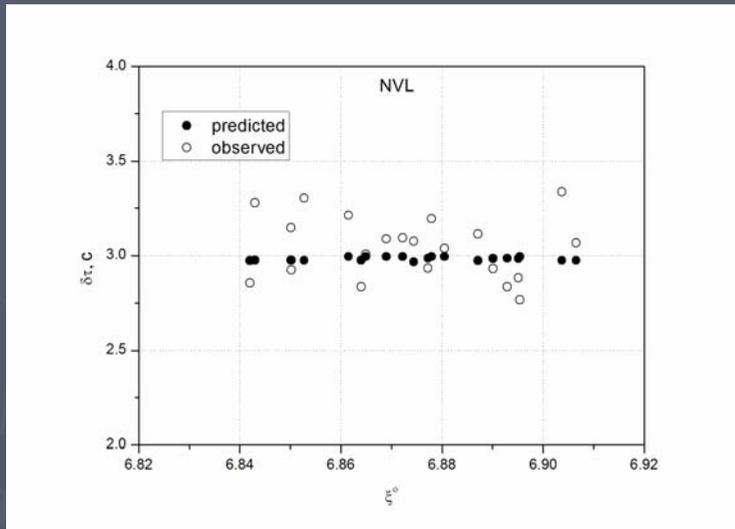
Аномалия скорости во внешнем ядре



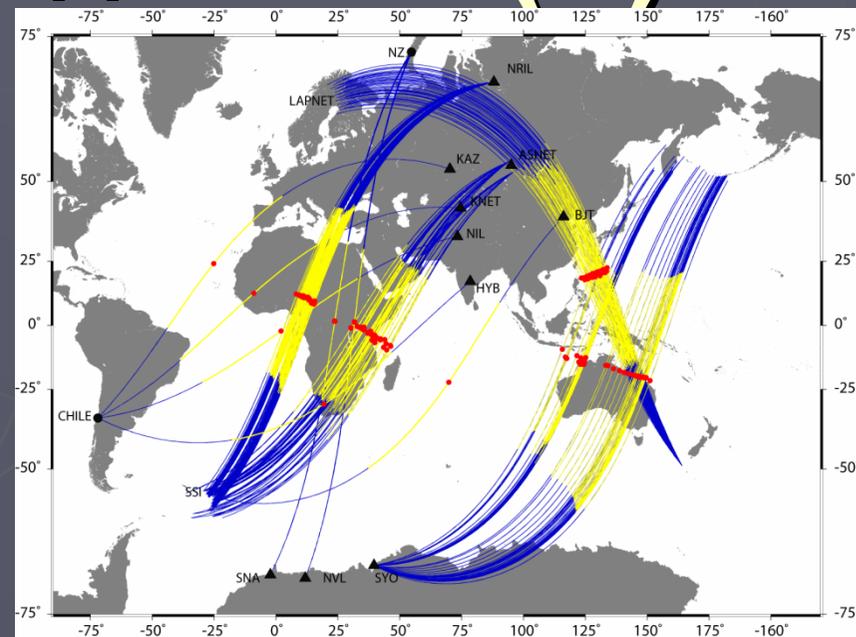
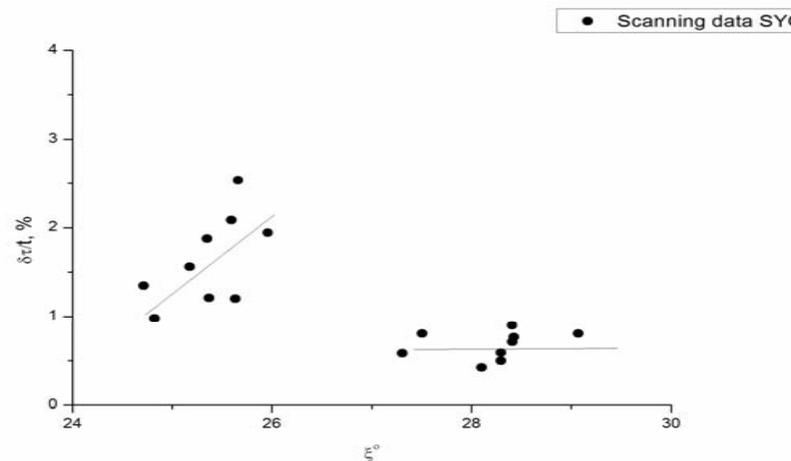
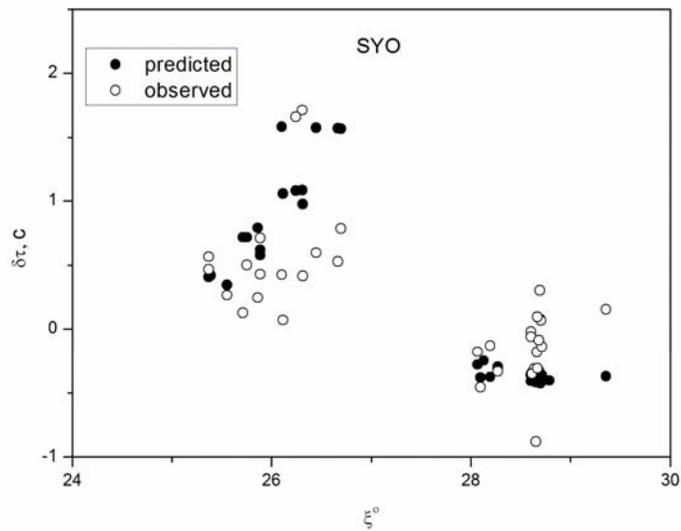
○ модель
● измерение



Тест модели на независимых данных (1)



Тест модели на независимых данных (2)



R=1375 km
 $\Delta v/v=0.5\%$

Выводы

- ▶ На станциях *NRI, NRIS, NRIL* наблюдается специфическая **ковшеобразная особенность** изменения дифференциальных невязок времен пробега волн *PKPDF* и *PKPBC* в зависимости от угла между осью вращения Земли и направлением сейсмического луча в точке максимального погружения во внутреннее ядро, которая плохо согласуется с моделью цилиндрической анизотропии скорости во внутреннем ядре.
- ▶ На основе этих данных построена модель внешнего ядра Земли с аномалией скорости продольных волн не более **0.8%** в цилиндрической области радиусом **1375 км**, теоретические невязки дифференциальных пробега в которой согласуются с экспериментальными данными для сейсмических лучей, зондирующих область земного ядра под Африкой. Предложенная модель находится в хорошем согласии с данными наблюдений дифференциальных времен пробега на ряде других станций (*NVL, SNA, MINR, TDJR*).
- ▶ На примере данных станции *SYO* в Антарктиде продемонстрирована возможность обобщения модели внешнего ядра под Африкой. Из него следует, что введенная цилиндрическая аномалия скорости, вероятно, носит глобальный характер и может рассматриваться как альтернатива анизотропии внутреннего ядра
- ▶ **Физический механизм поддержания цилиндрической аномалии во внешнем ядре остается открытым.**