

Сравнительный анализ низкочастотных вариаций скорости вращения Земли и колебаний полюса

Горшков В.Л.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН
Санкт-Петербург, vigor@gao.spb.ru

Цель – исследовать процессы неравномерного вращения Земли и колебаний полюса Земли как единый процесс вариаций вектора вращения Земли:

$$\vec{\Omega} = \Omega(m_1 \hat{x} + m_2 \hat{y} + (1 + m_3) \hat{z})$$

Если в структуре низкочастотных вариаций ($f < 0.2$ цикл/год) скорости вращения и колебаний полюса Земли присутствуют синхронизмы, то это позволит облегчить поиск геофизических факторов их возбуждения.

30 мая 2011
Сагитовские чтения
ГАИШ, МГУ

Исходные данные и метод анализа

Использовались ряды ПВЗ из МСВЗ (<http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/product/>):

Для исследования продолжительности суток ($\Delta PC = 86400 - PC$)

(из вариаций PC предварительно были удалены **ВСЕ** приливные вариации)

Классический астрометрический ряд АО ПВЗ	- eopAO	(1956-1992)
Продолженный нами до 2009 г. (5-7 станций)	- combAO	(1956-2009)
Ряд ΔPC до эпохи атомного времени	- LUNAR-97	(1832-1956)
Сводный ряд космической геодезии	- Finals2000A	(1981-2010)

Для исследования колебаний полюса (X_p, Y_p)

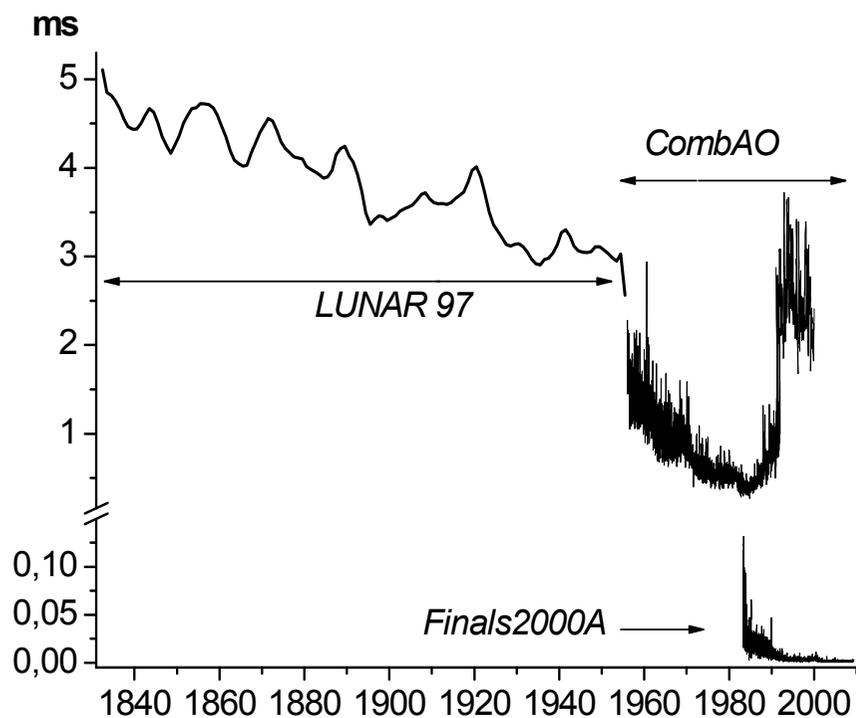
Классический астрометрический ряд МСВЗ	- C01	(1846-1961)
Комбинированный ряд МСВЗ	- C04	(1962-2010)

Основной метод исследования (декомпозиции) рядов
сингулярный спектральный анализ (ССА) в реализации СПбГУ

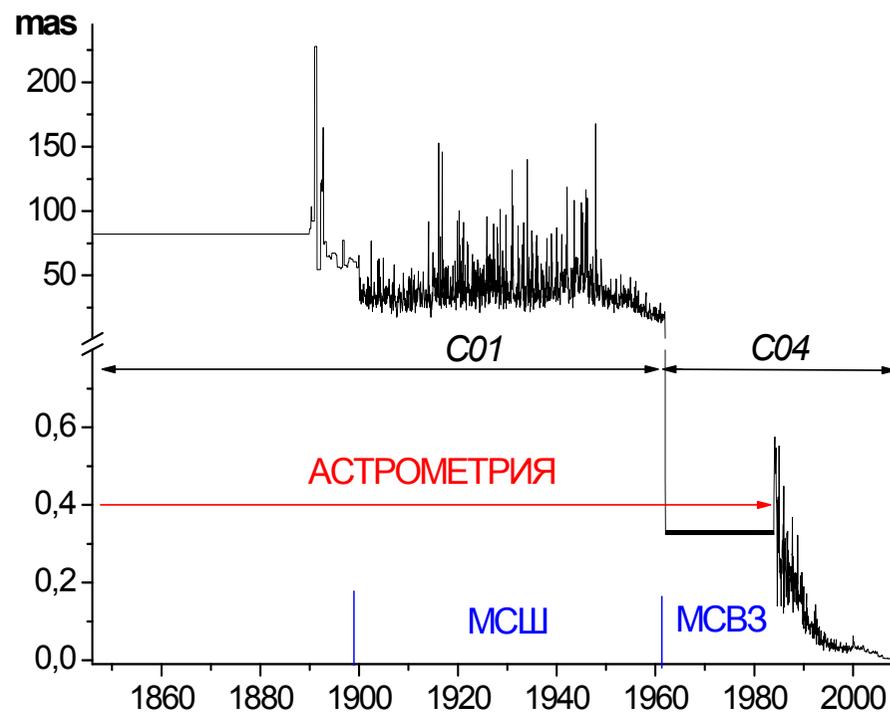
<http://www.gistatgroup.com/gus/programs.html>

Ошибки рядов

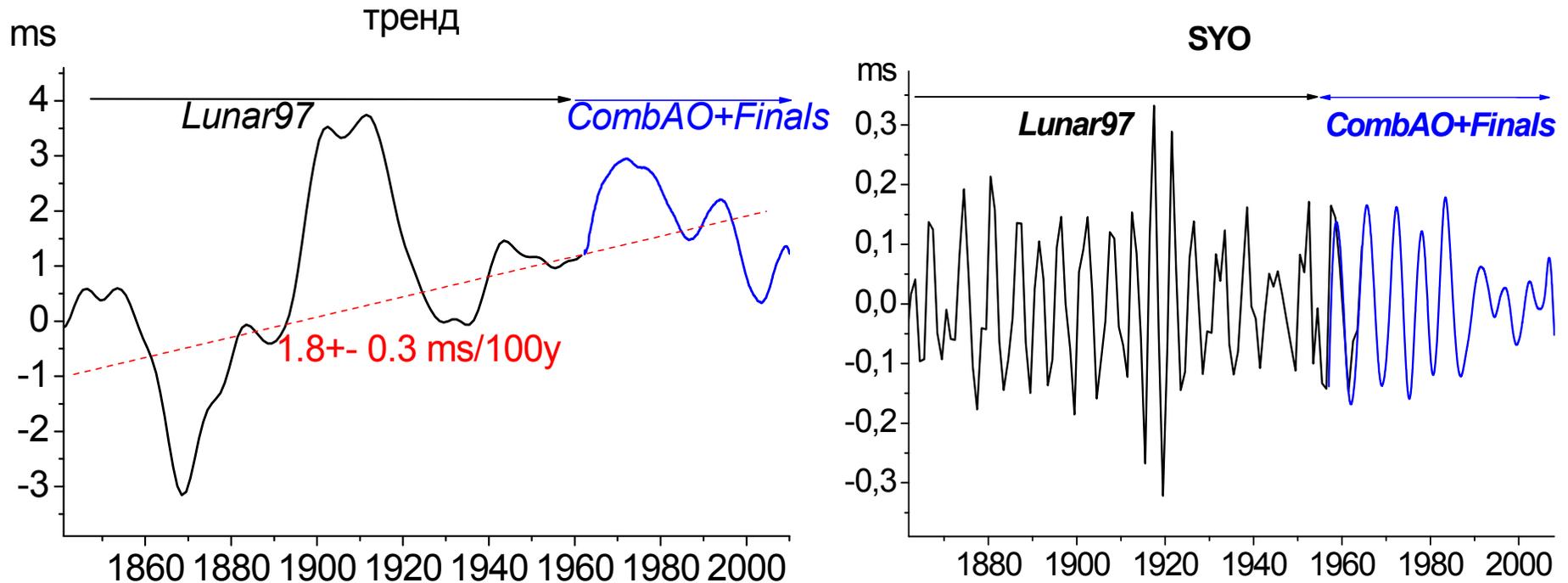
ΔПС (5 дней)



Координаты полюса (0.05 г)



Структура комбинированного ряда ΔPC (1840-2010)

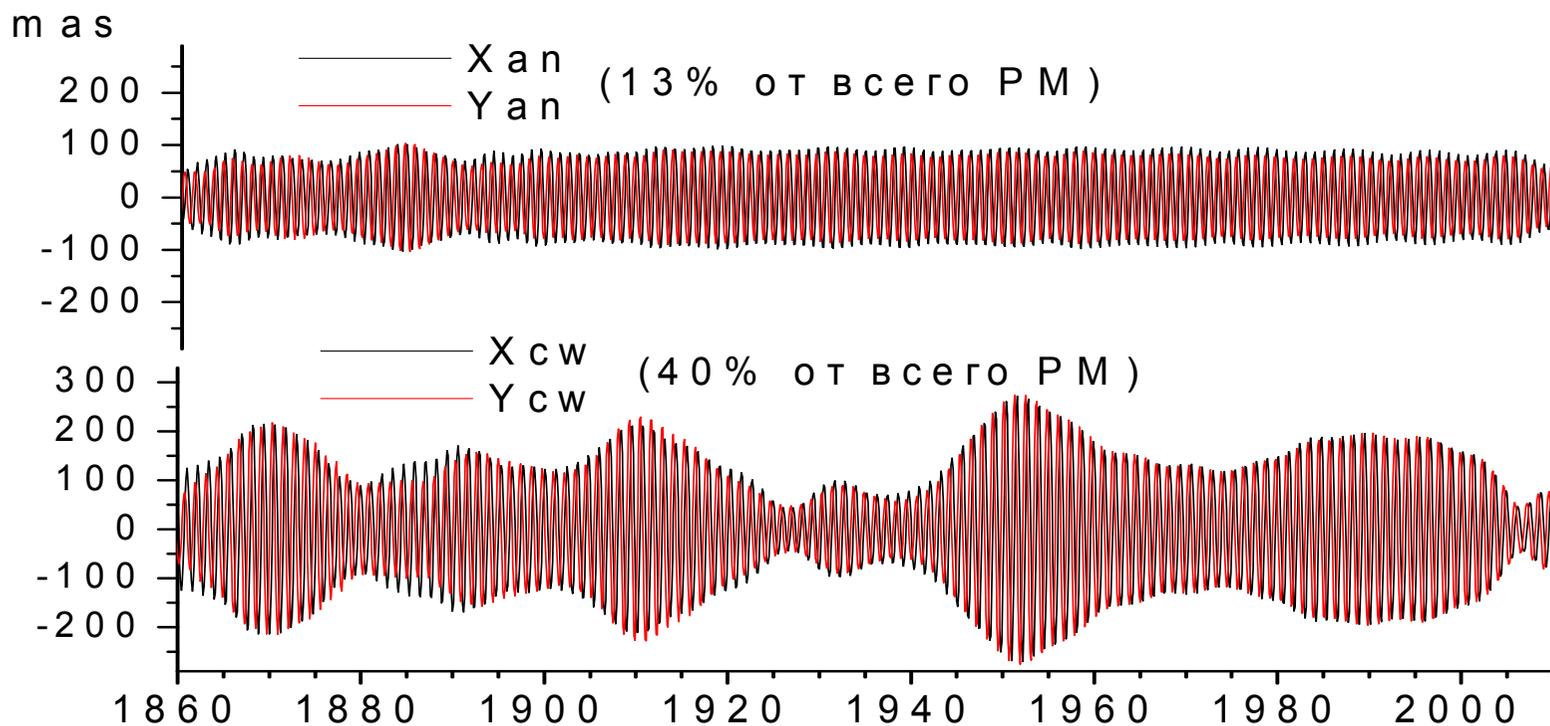
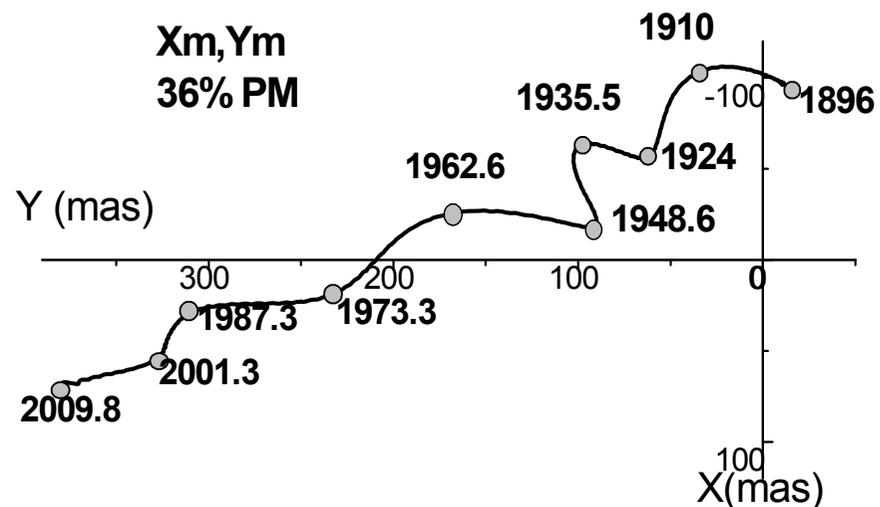


- В декадных (30-70 лет) вариациях скорости вращения Земли (от -20мс до +20мс на 100 лет) выделяется основная мощность процесса
Причины приписываются различного рода взаимодействиям мантии и ядра.
- 6-7 летние вариации (SYO) в скорости вращения Земли, практически, сменились 2-3 летними вариациями.
Причины возбуждения дискуссионны (взаимодействие мантии и внутреннего ядра, атмосферно-океаническая динамика, солнечная активность).

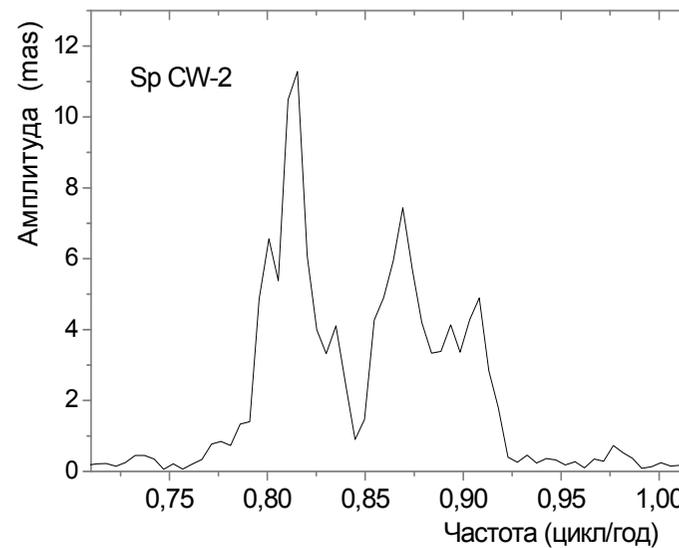
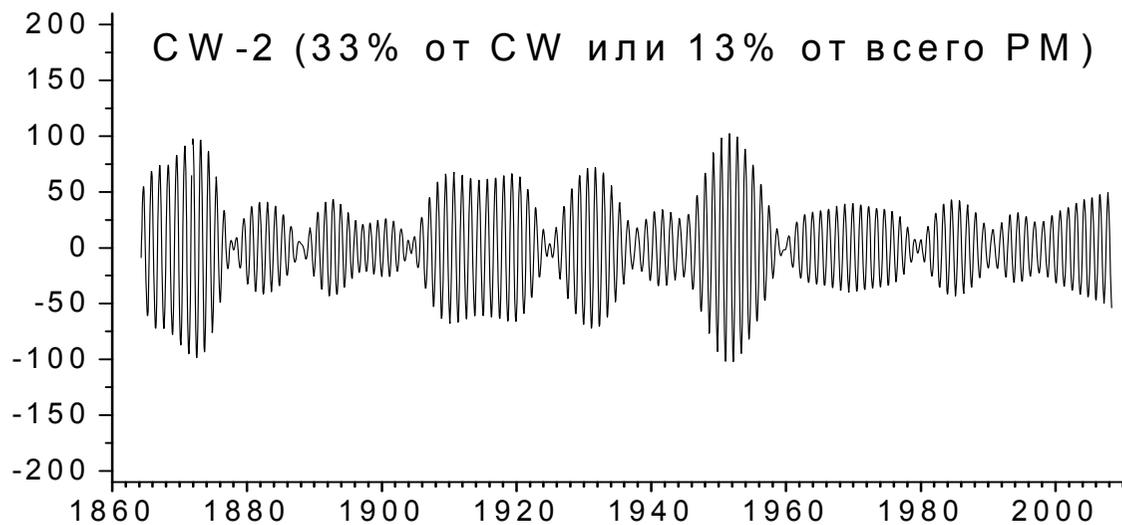
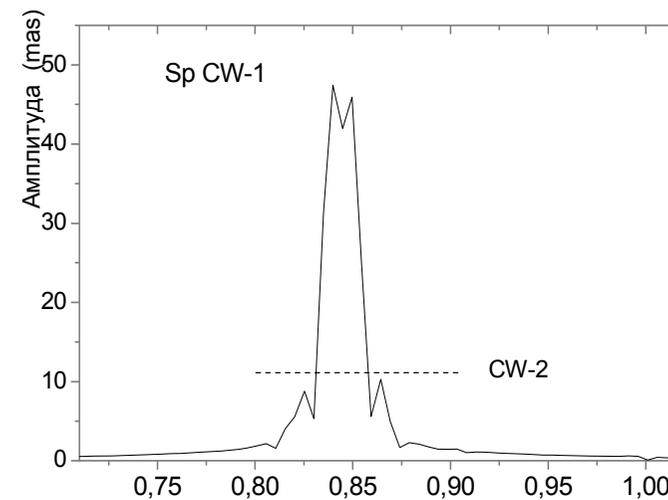
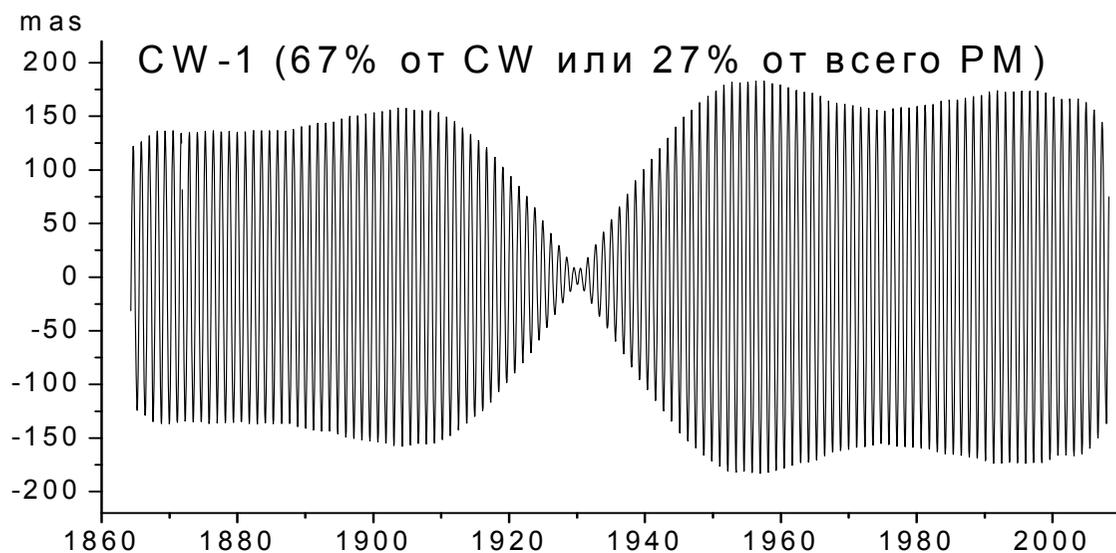
Основные моды движения полюса по данным *МСВЗ С01*

Polar Motion $P = X_p - iY_p$

$$\{X, Y\} = \{X_p - X_m, Y_p - Y_m\} \approx \{X_{cw} + X_{an}, Y_{cw} + Y_{an}\}$$



Составляющие ЧДП ($X_{cw} = X_{cw1} + X_{cw2}$)



Амплитудные и фазовые вариации движения полюса (CW и AN)

$$\{X(t), Y(t)\} = \{X_p - X_m, Y_p - Y_m\} \approx \{X_{cw} + X_{an}, Y_{cw} + Y_{an}\}$$

МЕТОД ОГИБАЮЩЕЙ (Левин, 1969)

$$X(t) = E(t) \cos F(t), \quad Y(t) = E(t) \sin F(t)$$

$F(t) = -ut + \varphi(t)$, где $u > 0$ – частота, а

$E(t)$ и $\varphi(t)$ – амплитуда (огibaющая) и фаза колебаний (CW и AN)

Обозначая $A(t) = E(t) \cos \varphi(t)$,

$$B(t) = E(t) \sin \varphi(t),$$

имеем:

$$A(t) = X(t) \cos ut - Y(t) \sin ut,$$

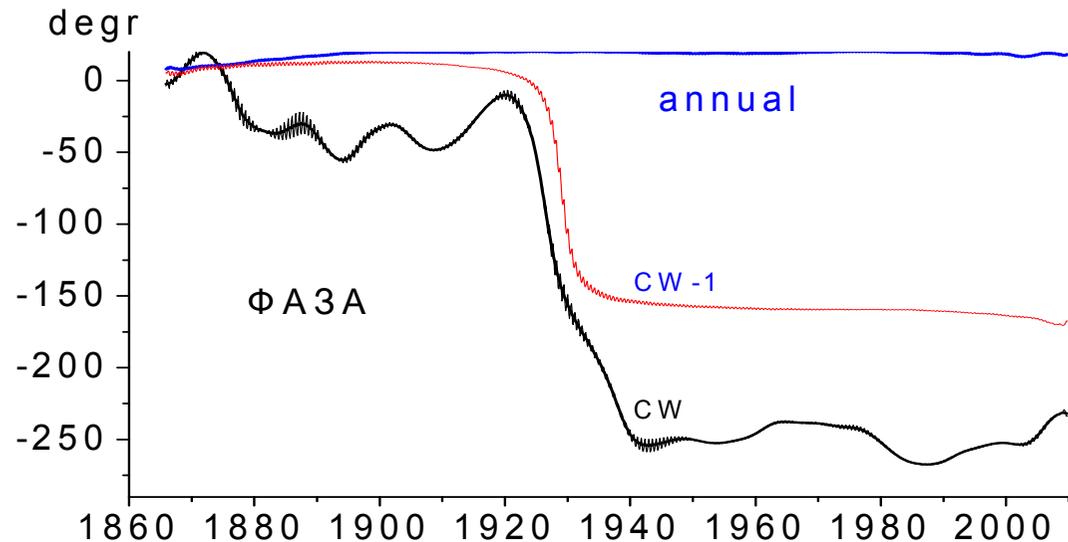
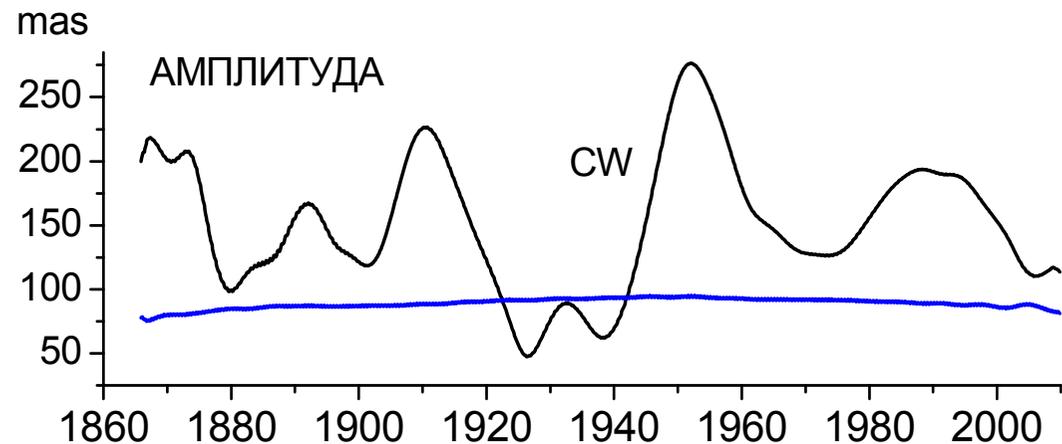
$$B(t) = X(t) \sin ut + Y(t) \cos ut.$$

В итоге получаем вариации амплитуды

$$E(t) = (A(t)^2 + B(t)^2)^{1/2}$$

и фазы

$$\varphi(t) = \arctan (B(t) / A(t))$$



Биения координат полюса $P = X - iY$

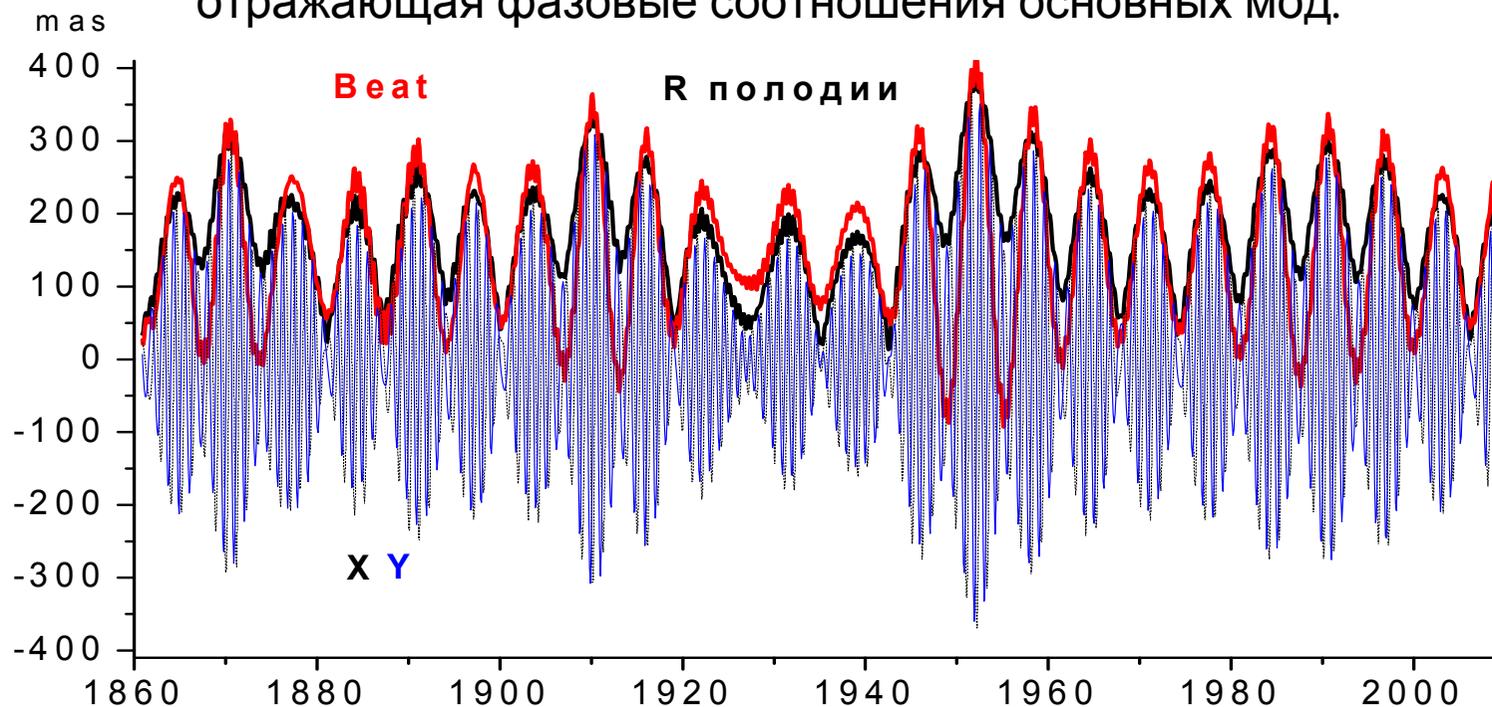
из-за взаимодействия основных мод (an) и (cw):

$$T_{beat} = T_{cw} T_{an} / (T_{cw} - T_{an}) \approx 6.3 \text{ года}$$

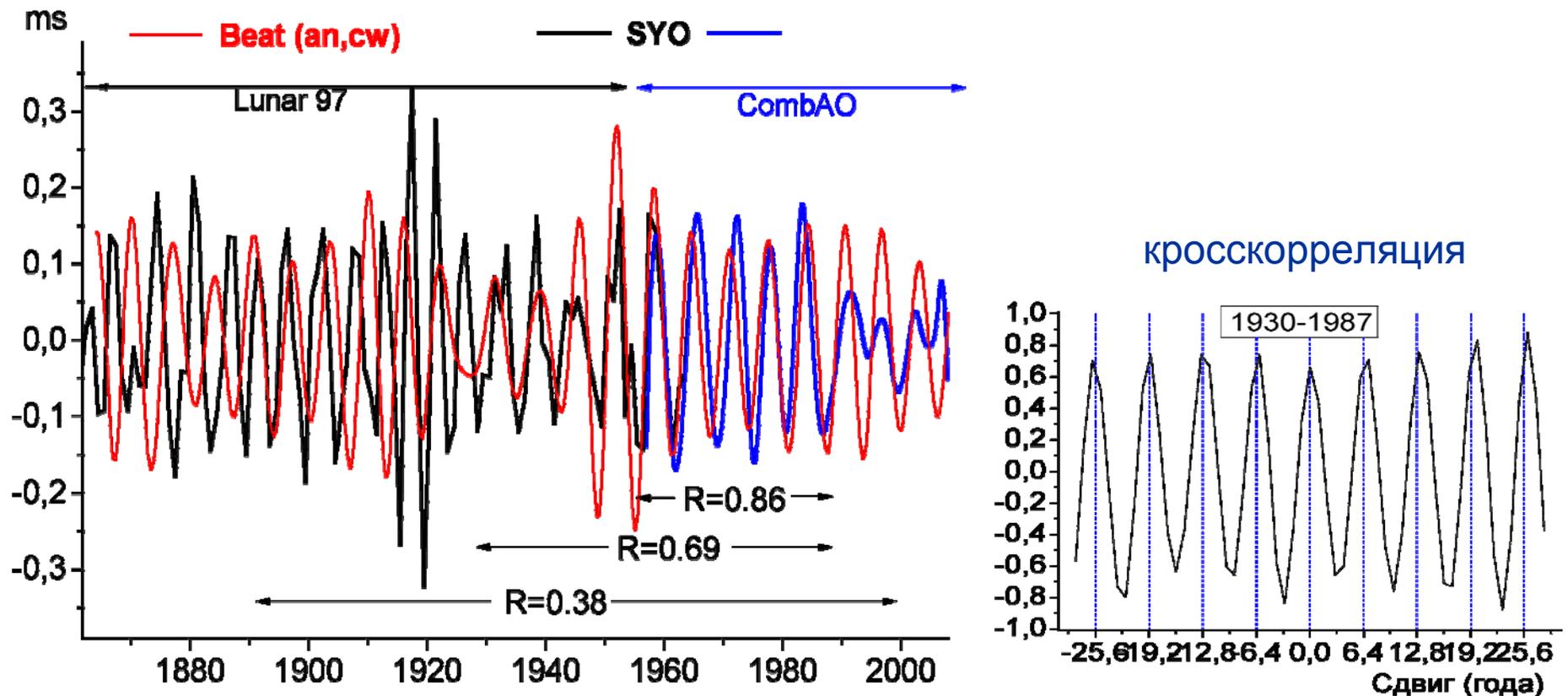
Для вычисления кривой биений координат полюса B воспользуемся комплексно сопряженной функцией от P .

Тогда $P \cdot P^* = E_{cw}^2 + E_{an}^2 + 2B(an, cw)$, где

E – огибающая (амплитуда) an и cw составляющих P , а $Beat = (X_{cw} X_{an} + Y_{cw} Y_{an})$ – кривая биений координат полюса, отражающая фазовые соотношения основных мод.

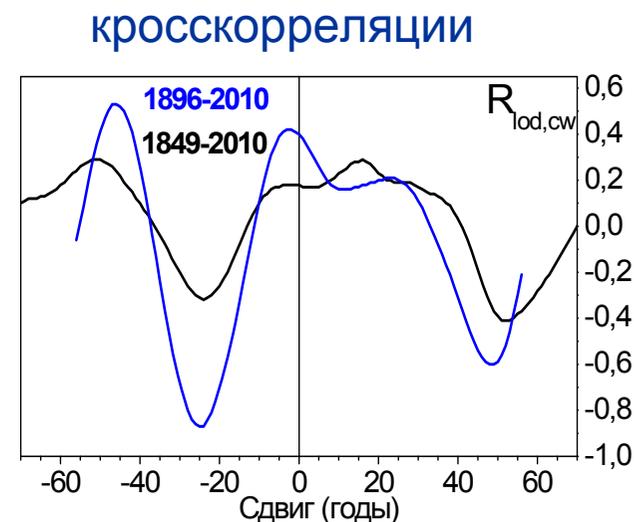
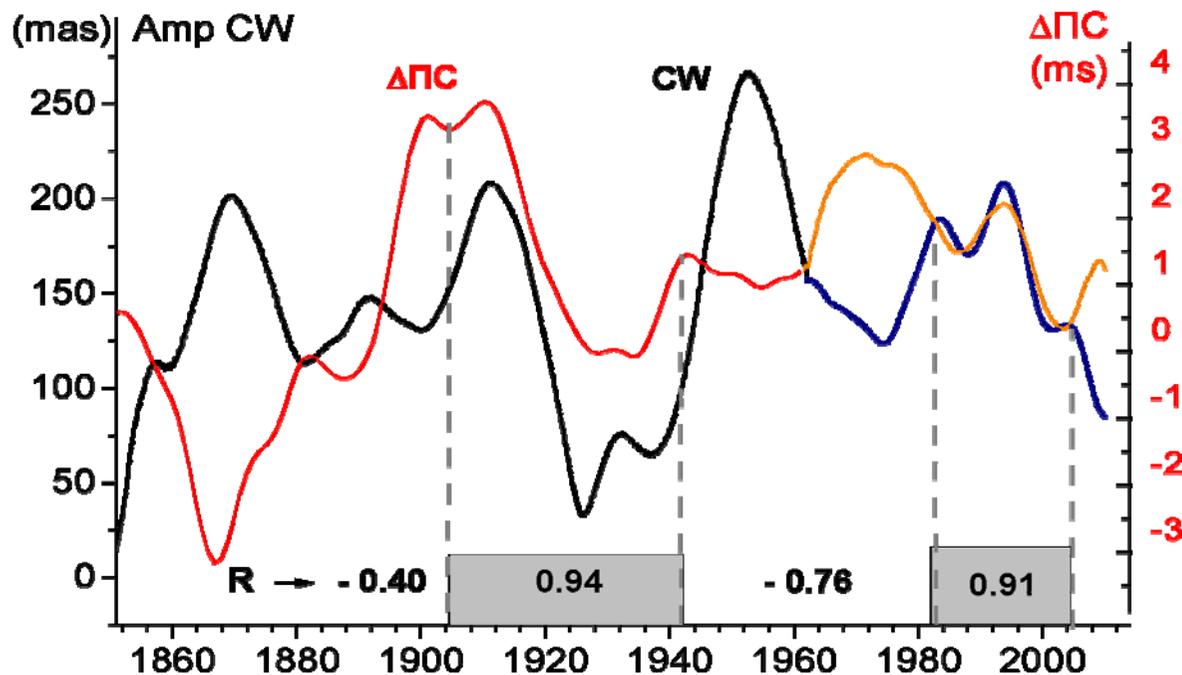


Совместная динамика поведения SYO в ДПС и биений координат полюса

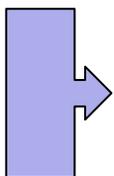


Начиная с 1930-х годов (после затухания и смены фазы ЧДП) наблюдается синхронизация SYO и биений координат полюса, а именно: в периоды увеличения радиуса полудия (синхронное движение CW и An) происходит замедление вращения Земли, и наоборот.

Совместная динамика вариаций Δ ПС и амплитуды ЧДП



- Несмотря на малость реализации, видно, что в низкочастотной области вариации Δ ПС и амплитуды ЧДП имеют близкий спектральный состав.
- В совместной динамике декадных вариаций Δ ПС и амплитуды ЧДП наблюдаются периоды последовательной синхронности – асинхронности.
- В периоды синхронности рост амплитуды ЧДП сопровождается замедлением вращения Земли (аналогично совместной динамике SYO и радиуса полодии), в периоды асинхронности – наоборот.

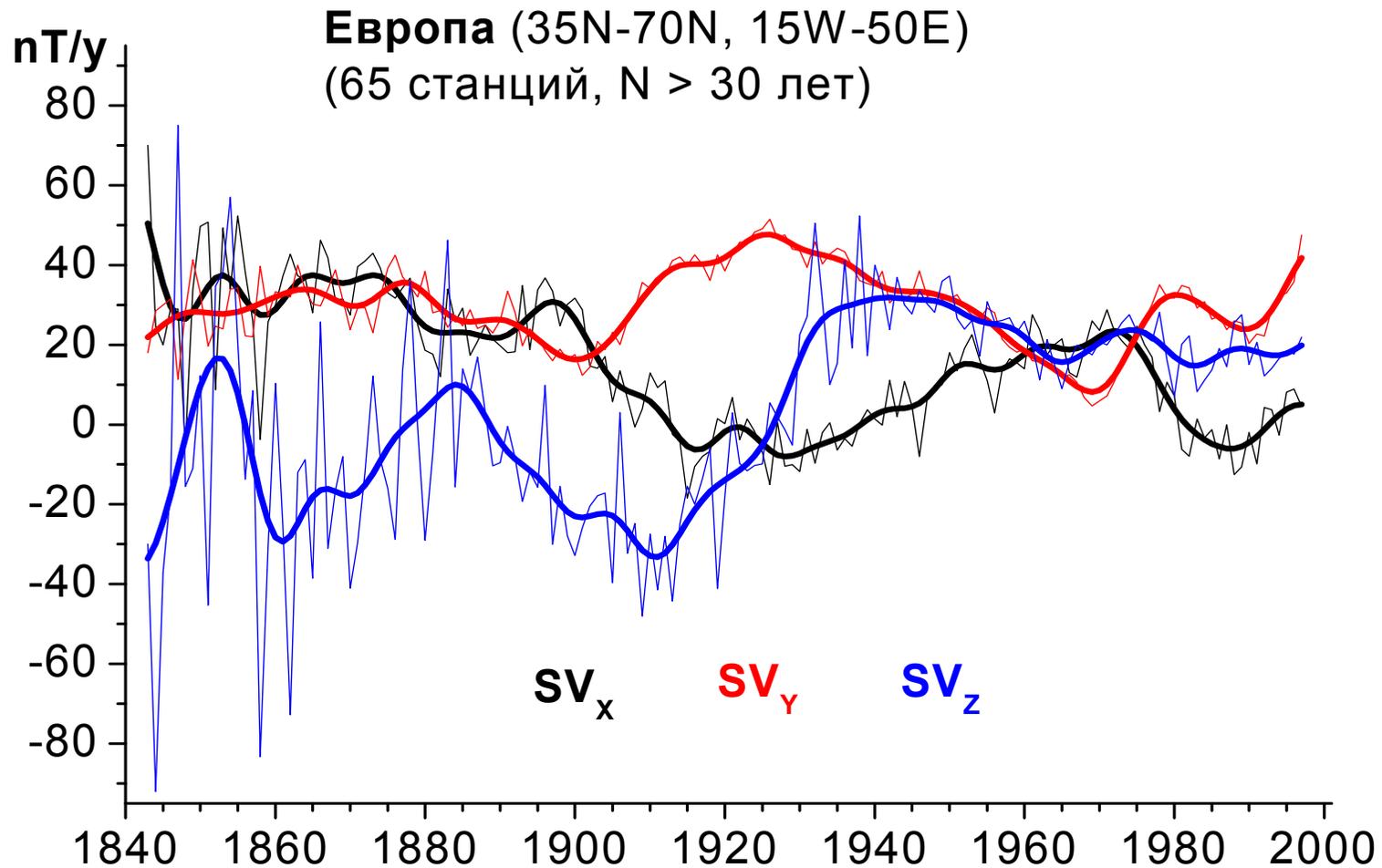


Низкочастотное поведение вектора вращения Земли, как его осевой составляющей, так и вариаций амплитуды основной моды в движении полюса (ЧДП) имеют один и тот же геофизический фактор возбуждения.

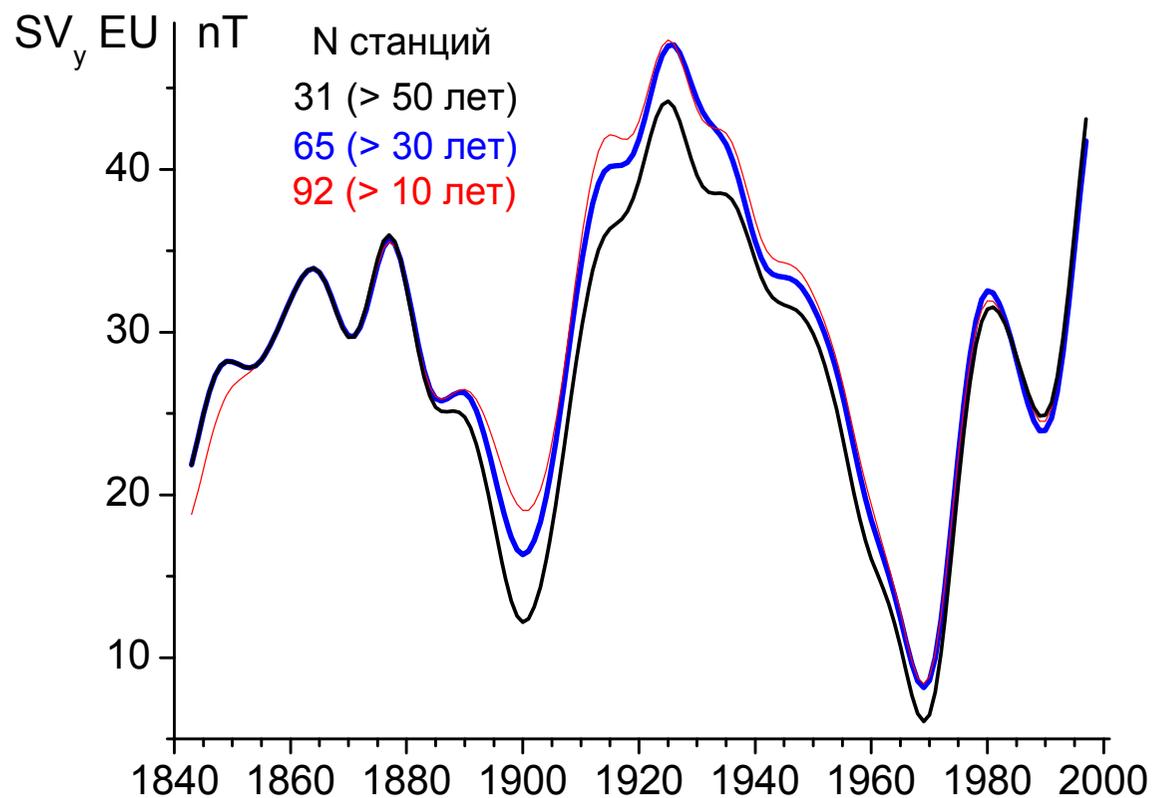
Скорость векового тренда геомагнитного поля Земли

Осредненные по европейским станциям среднегодовые данные SV_x , SV_y , SV_z

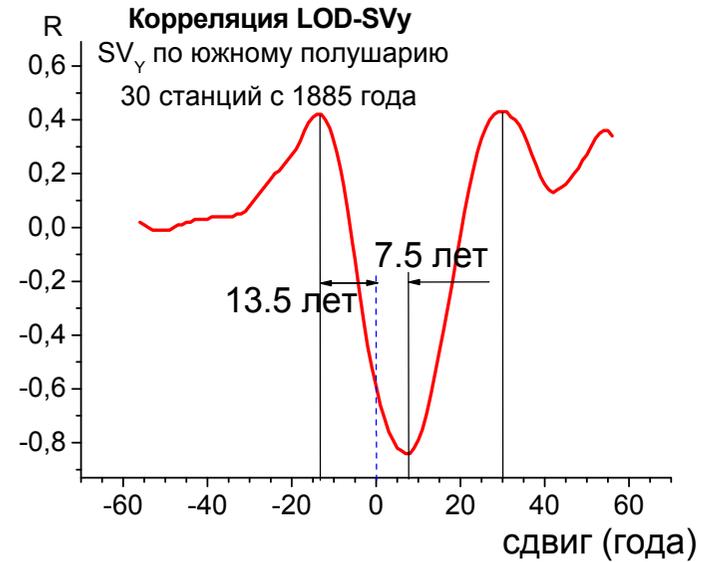
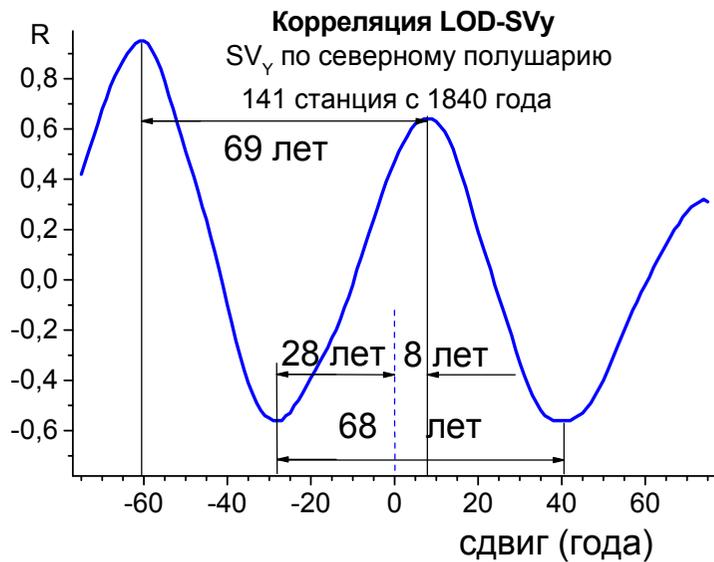
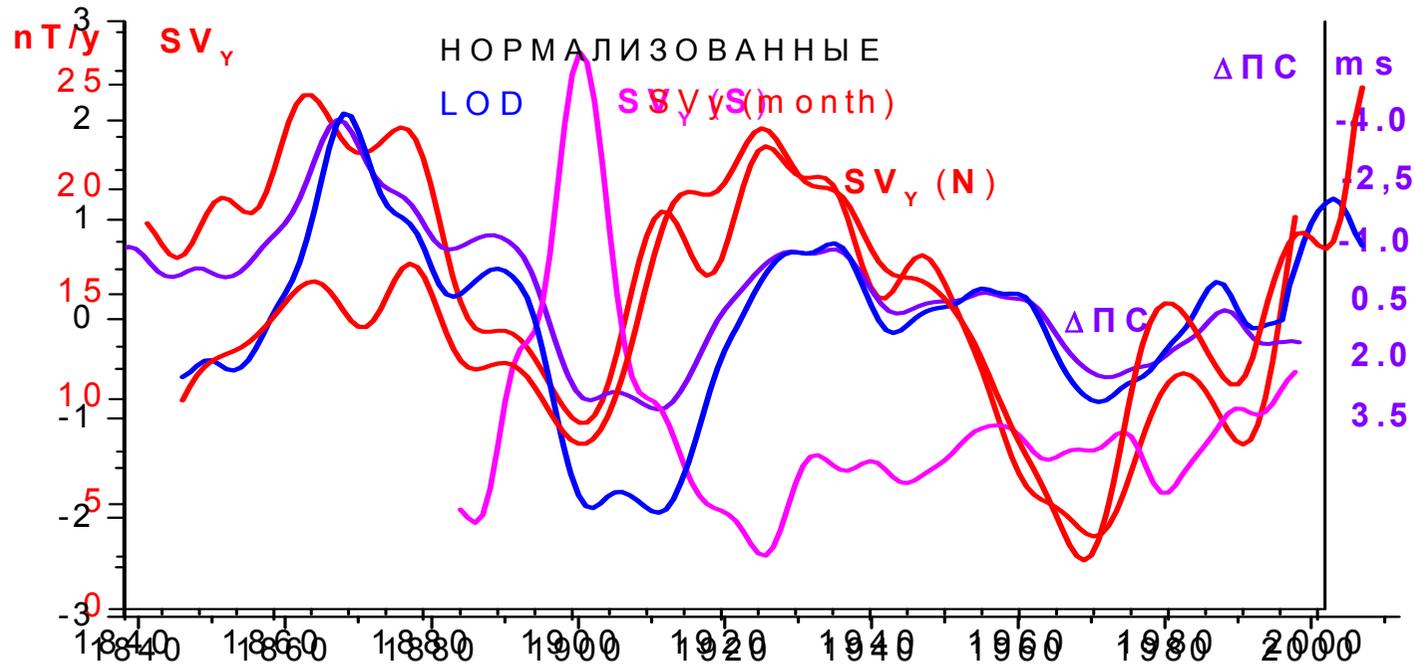
(WDC, <http://www.wdc.bgs.ac.uk/>)



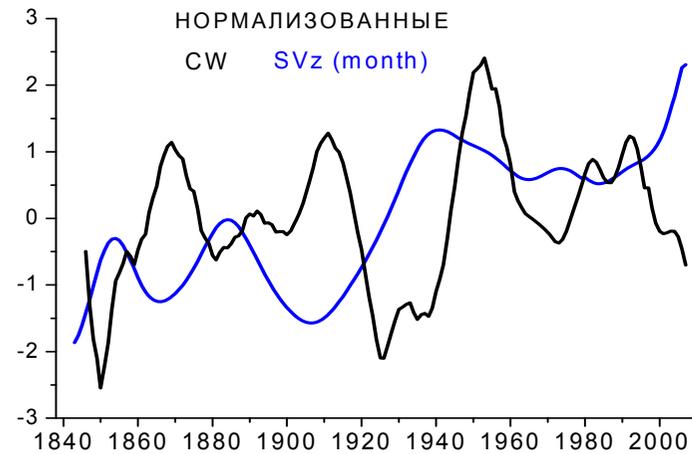
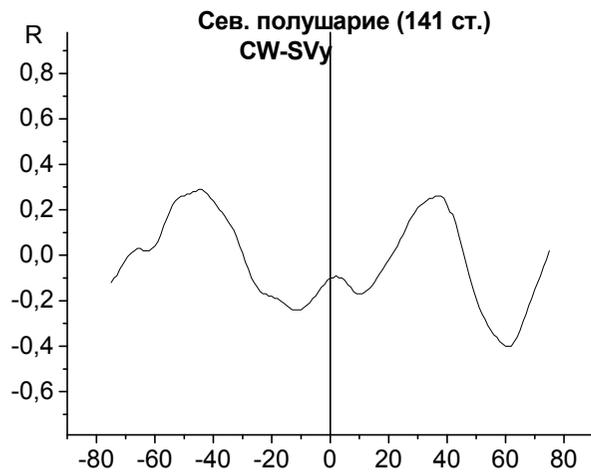
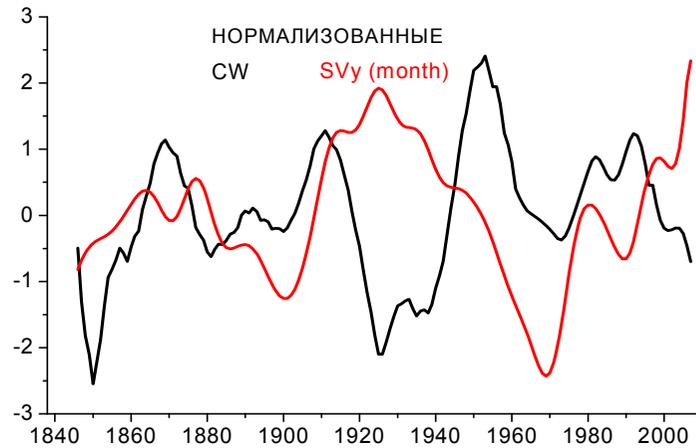
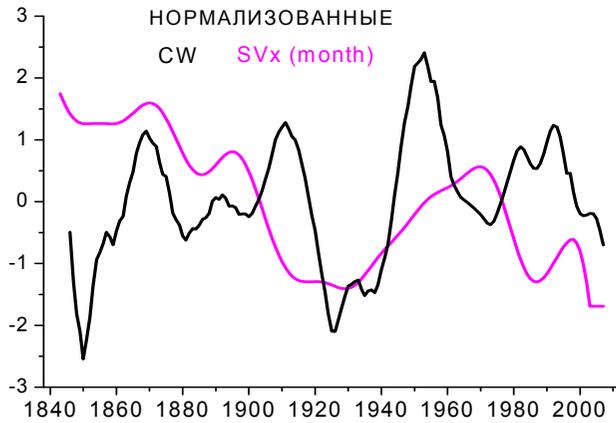
Зависимость вариаций SV_y от количества станций (Европа) и продолжительности наблюдений на них



Сопоставим вариации SV и ΔПС

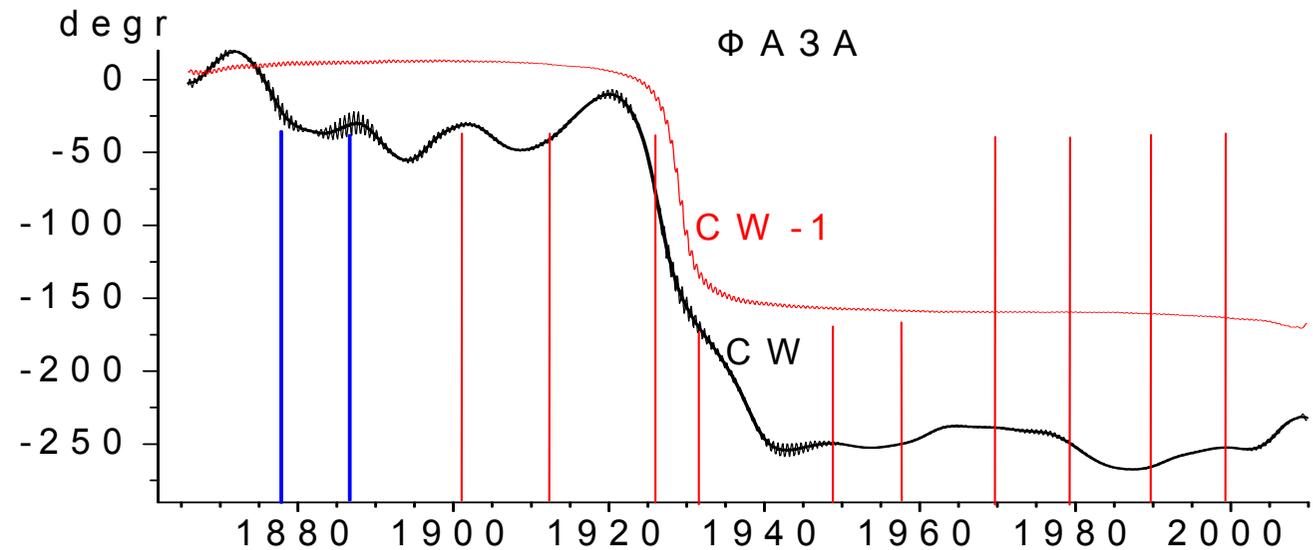
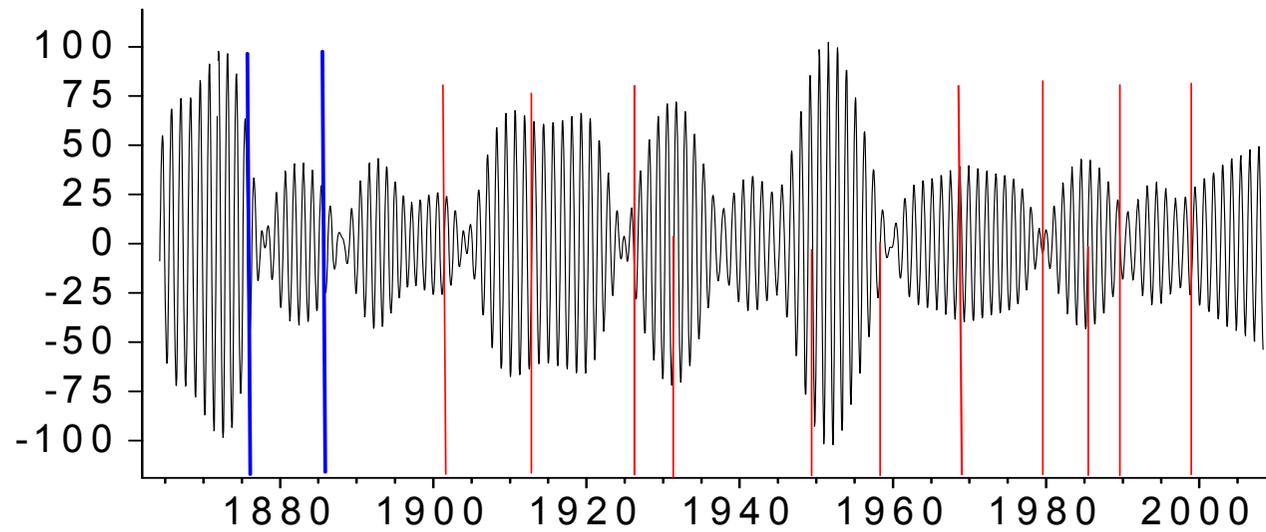


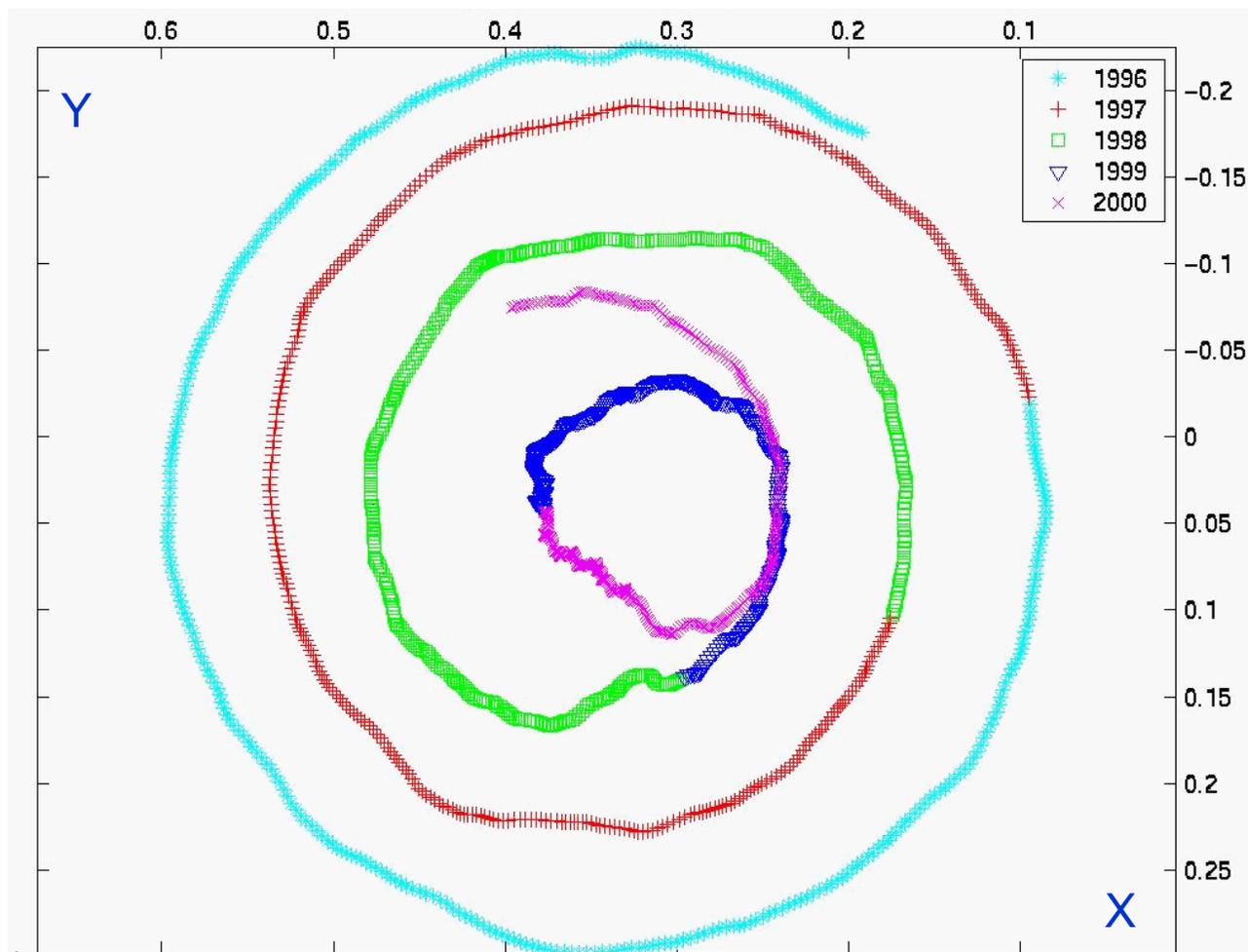
Сопоставим вариации SV и CW



Сопоставим моменты джерков и структуру CW

mas CW 2





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Выводы

- Получены композиционные ряды данных низкочастотных вариаций скорости вращения и колебаний полюса Земли, а также ряды вариаций скорости изменения геомагнитного поля Земли на интервале 170 лет. Исследована их структура.
- Совместный анализ этих рядов показал наличие значимых корреляционных связей между шестилетними вариациями скорости вращения Земли (SYO) и вариациями радиуса полудни координат полюса до 1985 года, после чего SYO перестали проявляться.
- Декадные вариации в скорости вращения Земли значимо коррелируют с восточной компонентой скорости геомагнитного поля Земли. Полученные оценки кросскорреляционных сдвигов этих рядов позволяют оценить минимальное время «просачивания» поля через мантию и, следовательно, оценить максимальную ее проводимость.