

ОСОБЕННОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ в 2010-2020-е годы

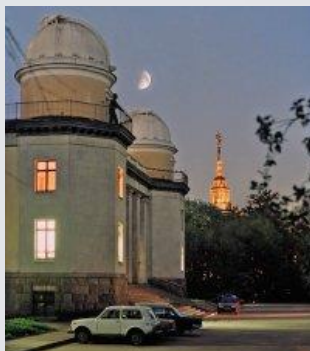
Леонид Зотов^{1,2}, Кристиан Бизуар³, Николай Сидоренков⁴

wolftempus@gmail.com

¹ ГАИШ МГУ, Москва, Россия

² МИЭМ НИУ ВШЭ, Москва, Россия,

³SYRTE, Парижская обсерватория, ⁴Гидрометцентр России



Казань
1 сентября 2022 г

Геофизические процессы, влияющие на вращение Земли

от 1 до 1 000 000 лет

Хорошо моделируются

Лунно-солнечные приливы

12 h 1 day 365 days 10 years

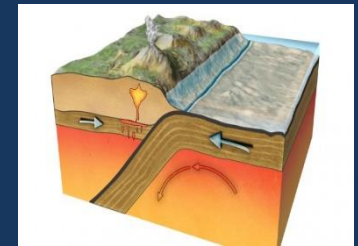
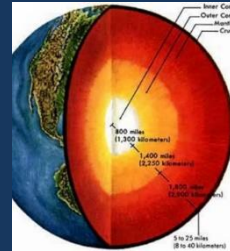
атмосфера

океан

Гидрологические и климатические эффекты

Взаимодействие ядро-мантия

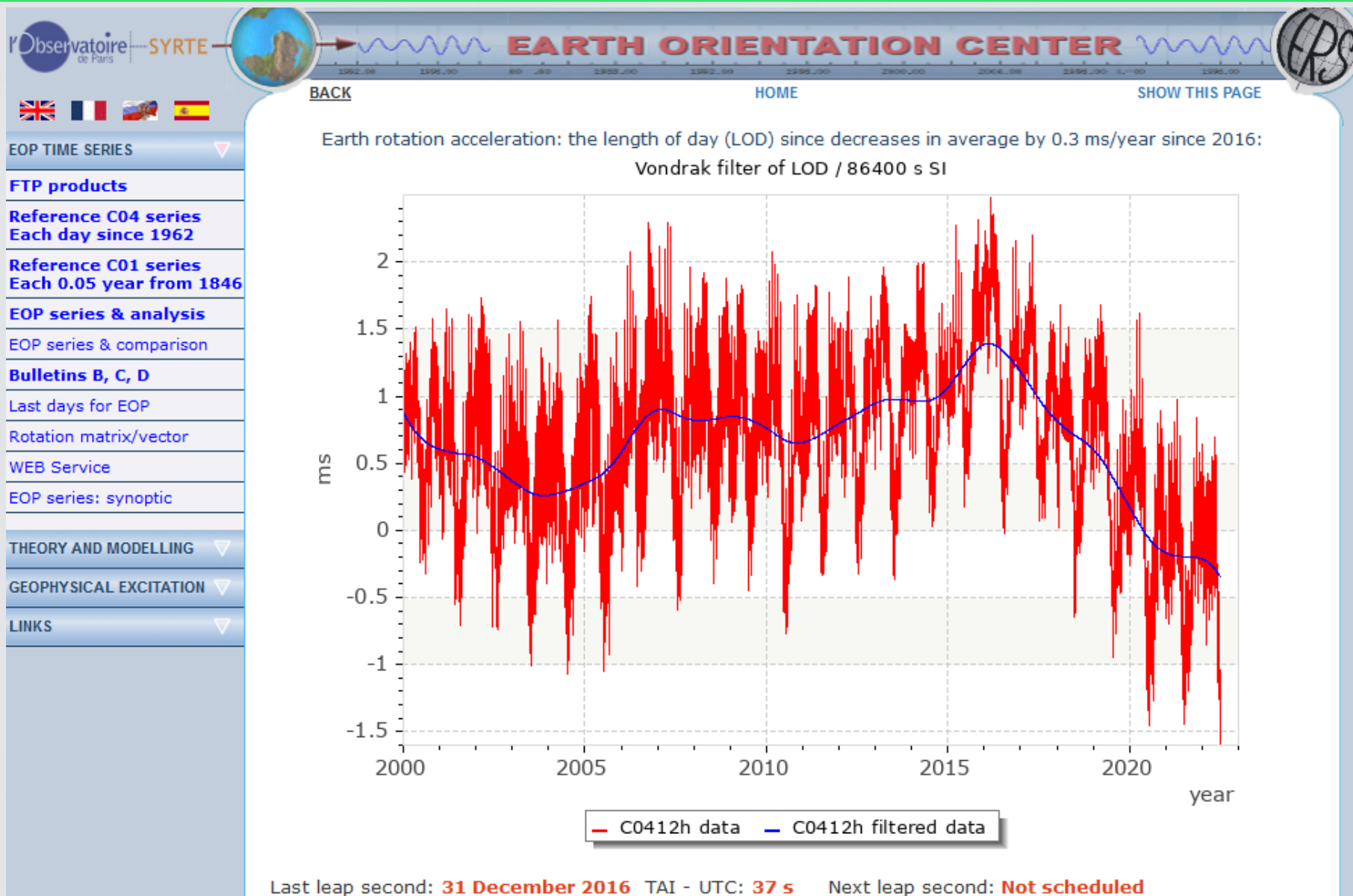
Тектоника



10^2 years 10^3 years 10^4 years 10^5 years 10^6

оледенения

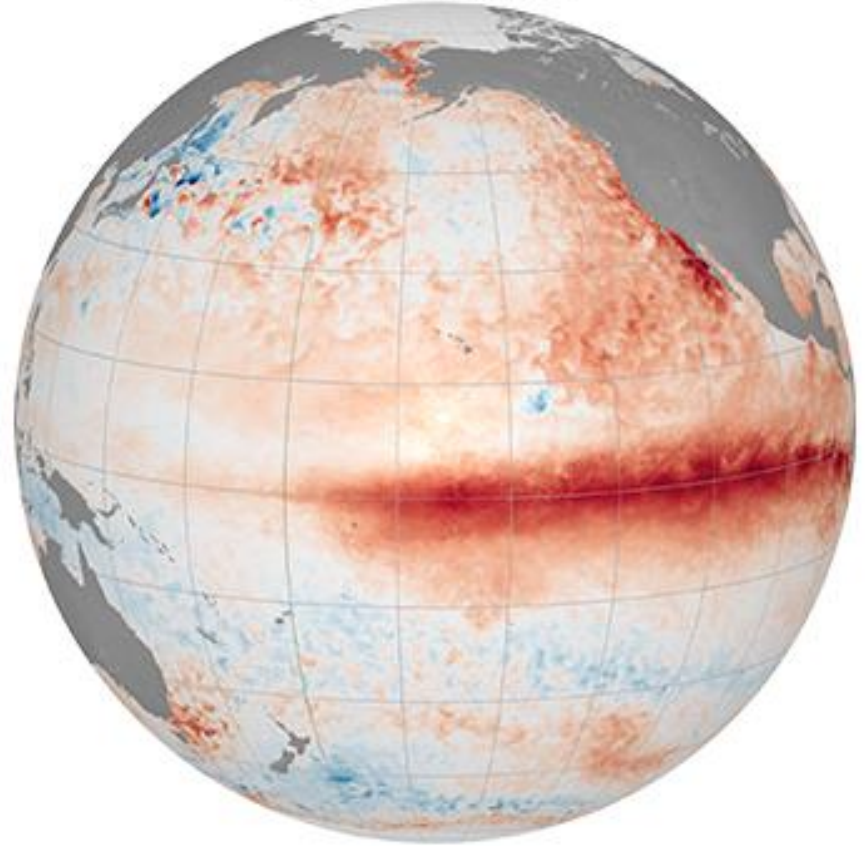
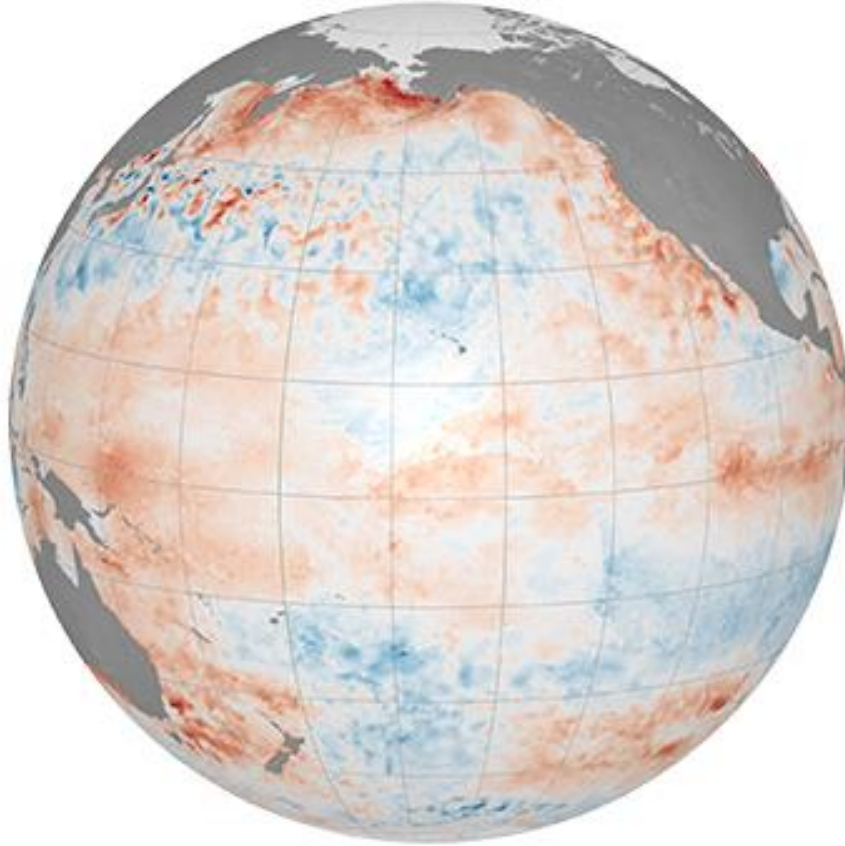
Центр параметров вращения Земли в Париже



Сильное событие El Nino 2016 года

January 1, 2015

November 1, 2015

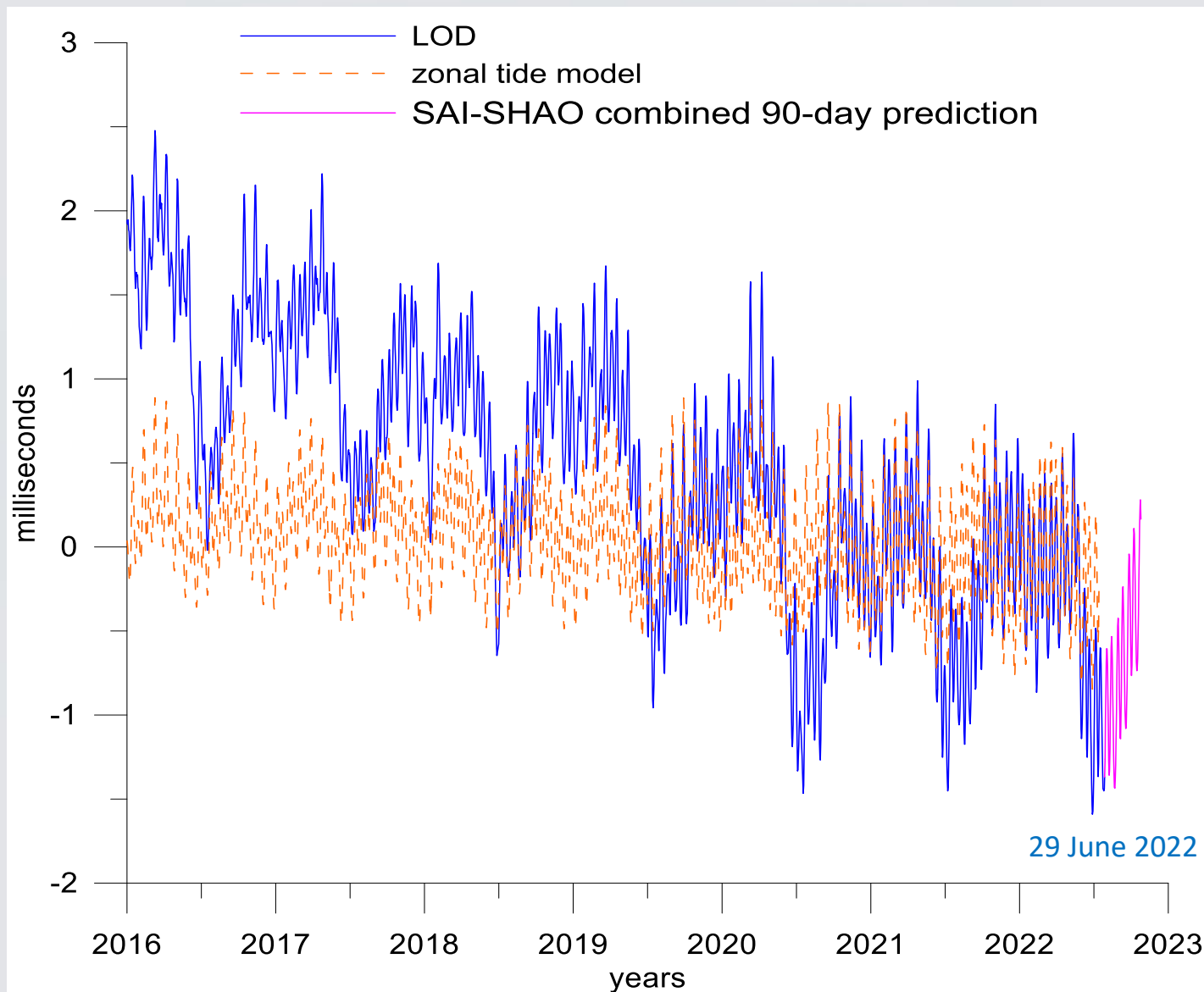


Sea Surface Temperature Anomaly (C°)



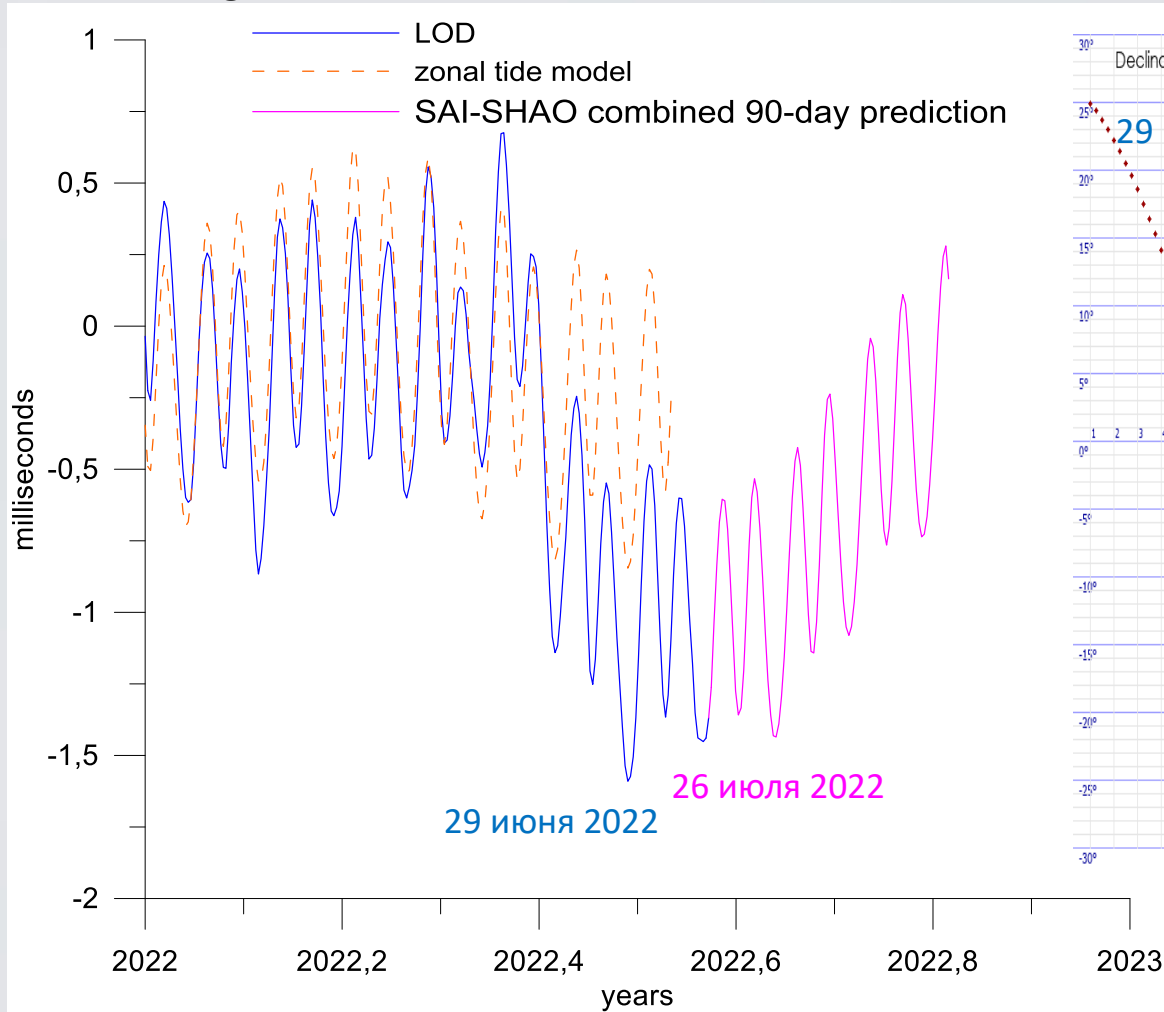
AMSR Aqua-Jason-2

Изменения длительности суток LOD с 2016 г



Зональный прилив, движения Луны и вариации LOD

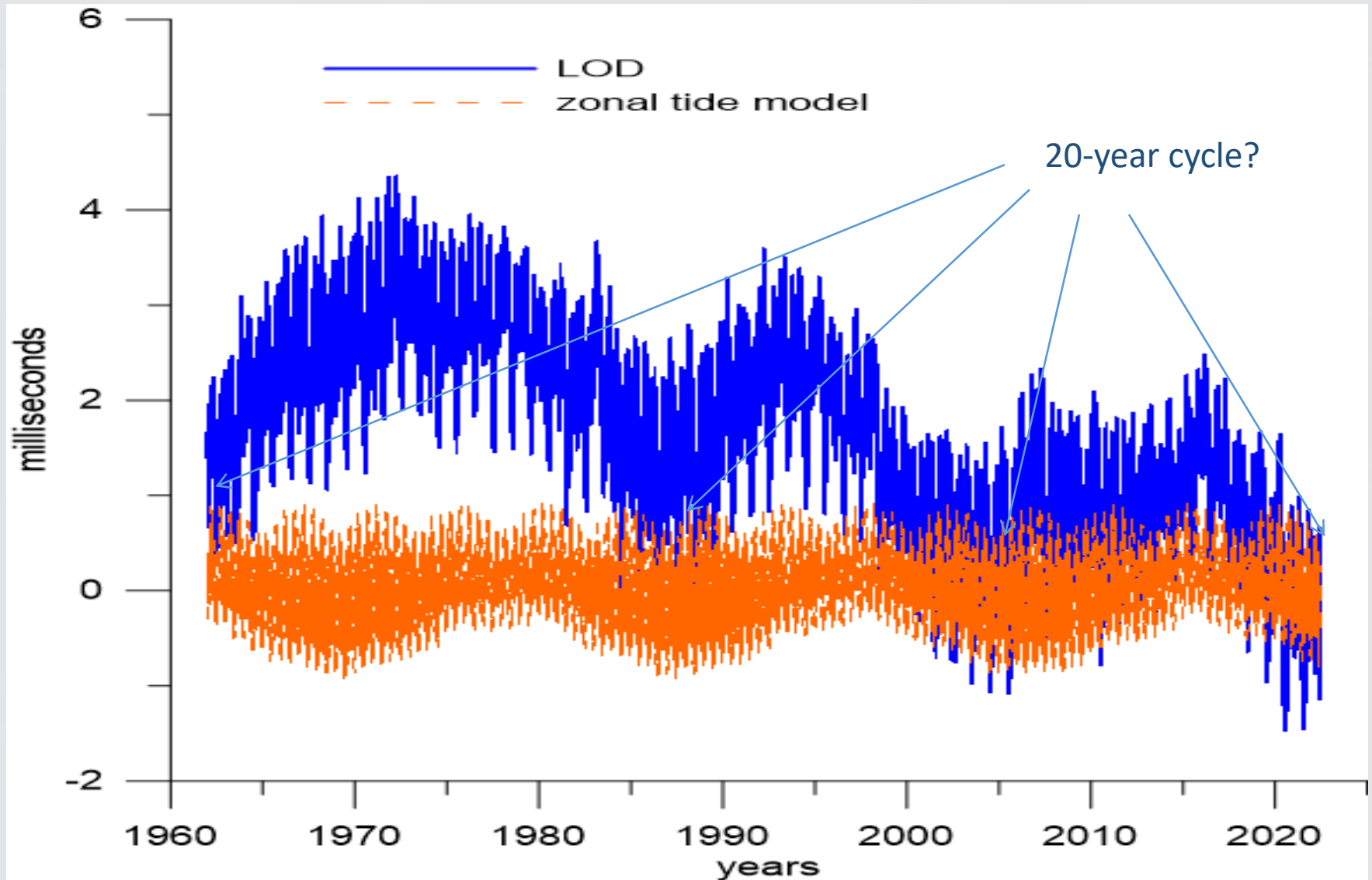
LOD



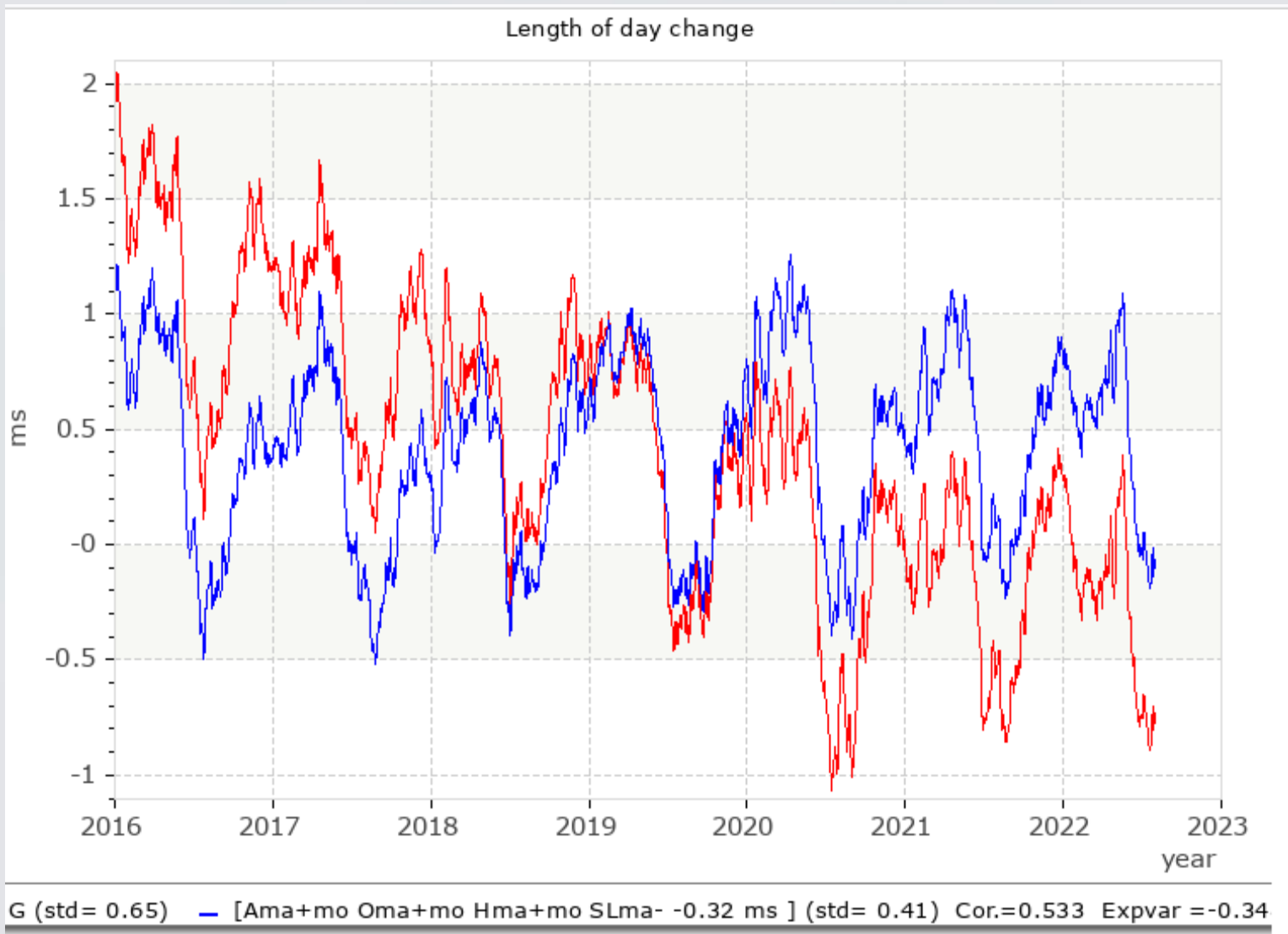
Declination of the Moon



Длительность суток (LOD) по EOP C04 и зональный прилив



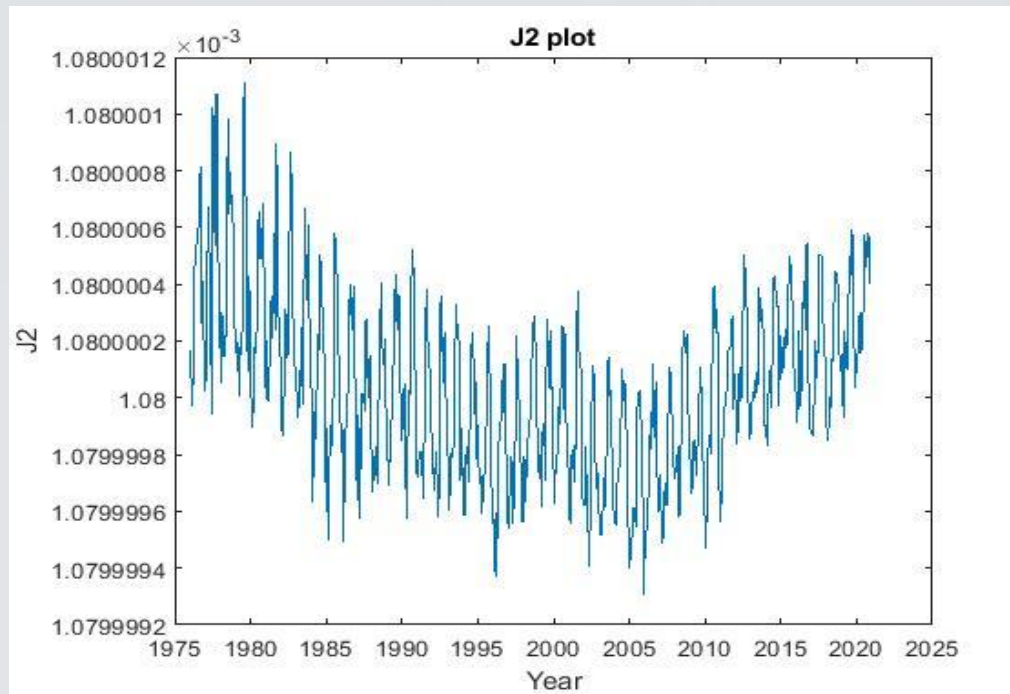
Тренд LOD не объясняется AAM+OAM+HAM+SL



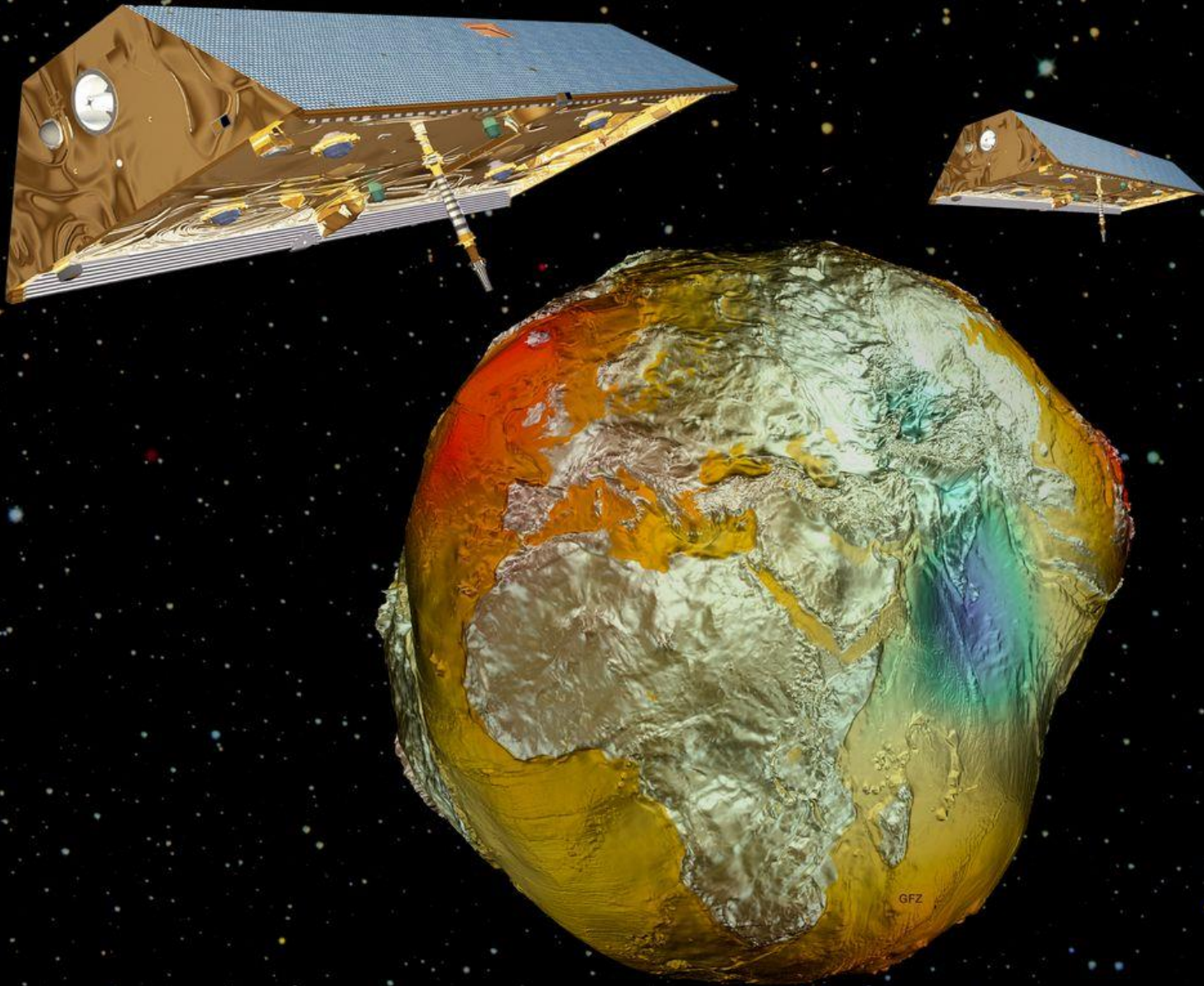
ECMWF MPIOM LSDM LSDM

Вопросы

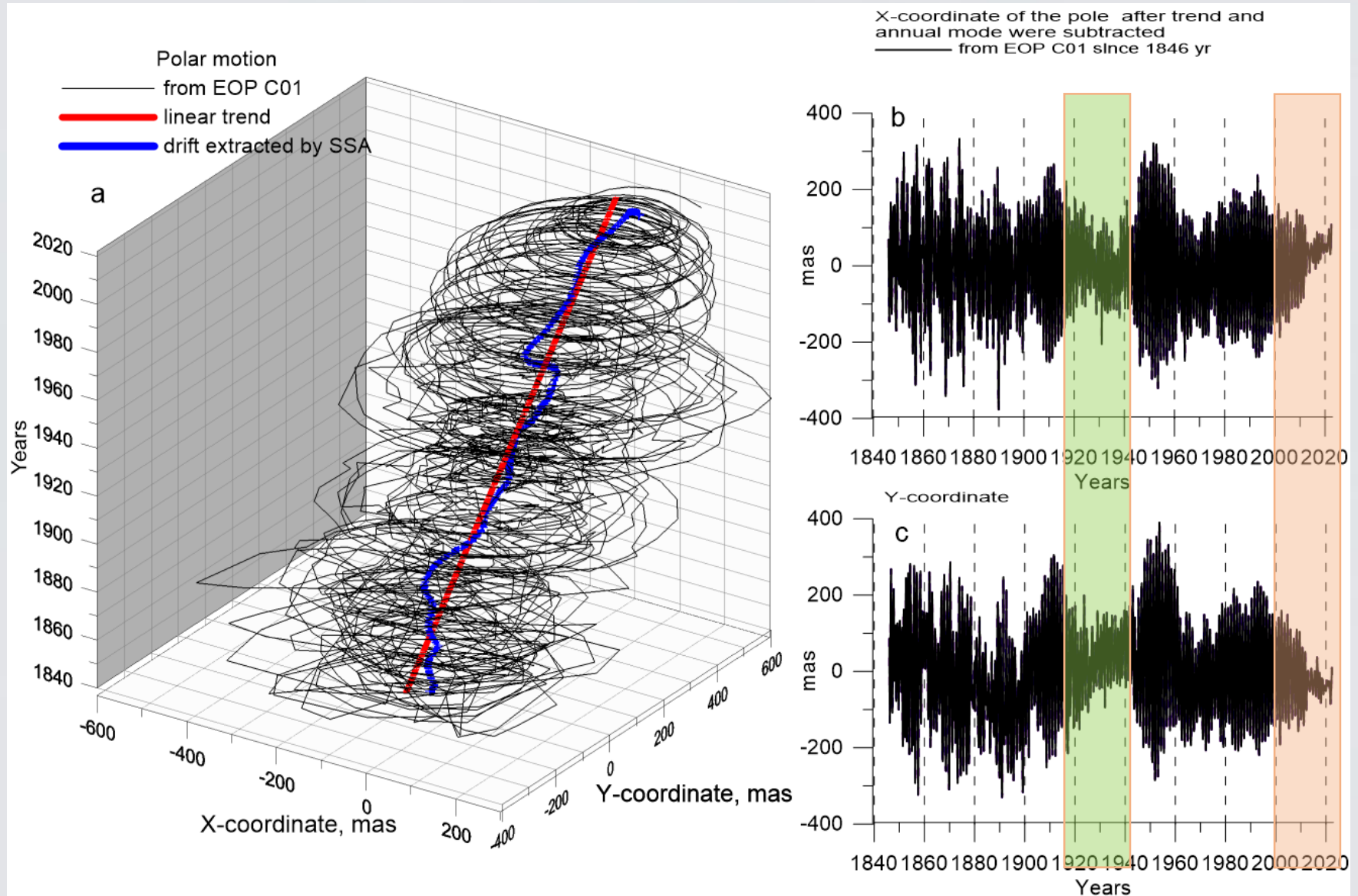
- Могут ли долговременные тренды LOD быть связаны с 18-летним лунным приливом?
- Могут ли они быть связаны с обменом угловым моментом на границе ядро-мантия?
- Поскольку мы не видим особенностей в гравитационном поле (J_2) в 2016 году – тенденция на ускорение не связана с изменением тензора инерции и массы
- Было ли сильное Эль-Ниньо в 2016 г триггером ускорения, не связаны ли последовавшая серия Ла-Нинья и климатические аномалии с ускорением?
- Что если энергия, обычно идущая на раскачку Чандлеровского колебания пошла на ускорение Земли?



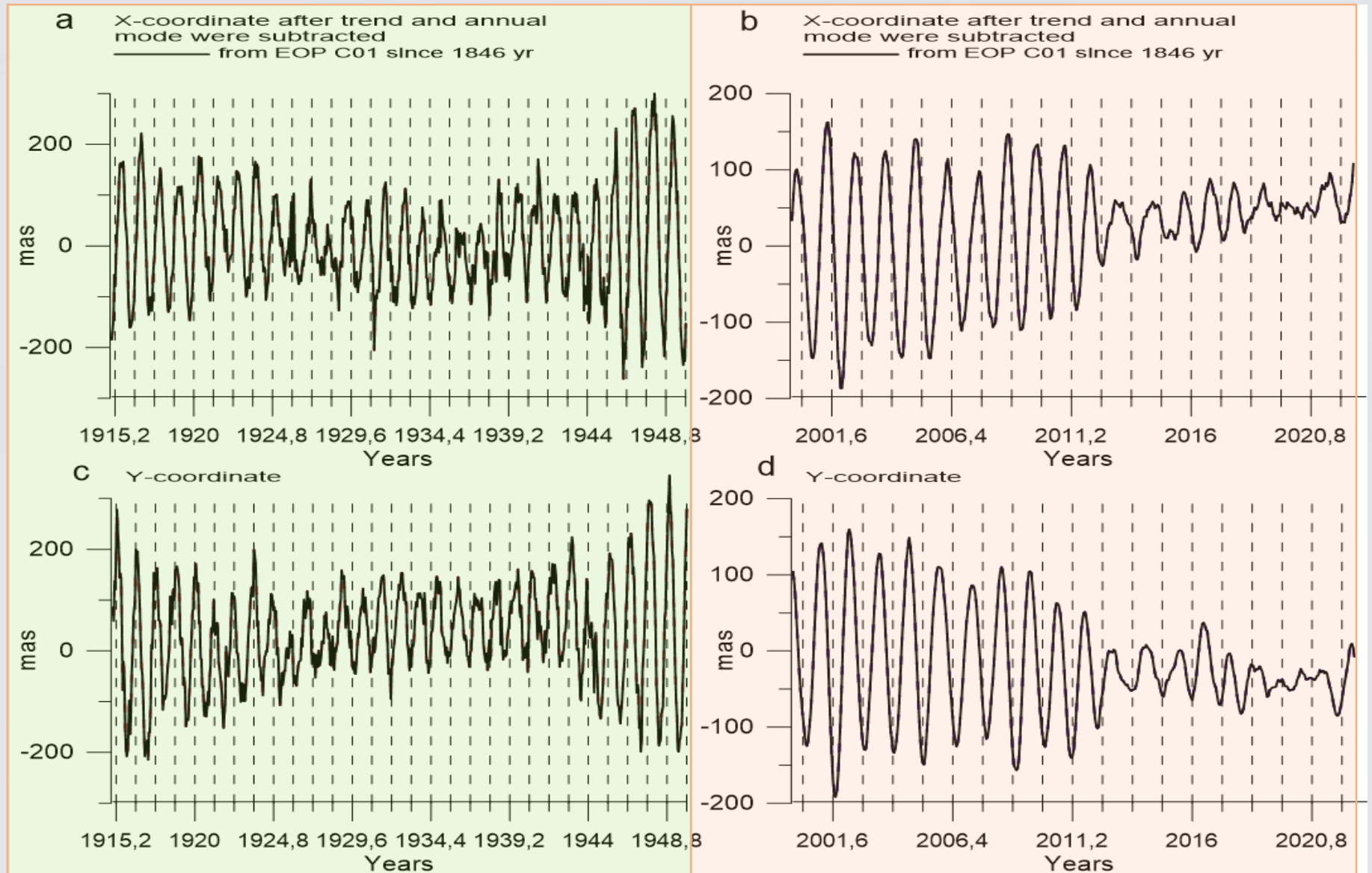
Спутники GRACE



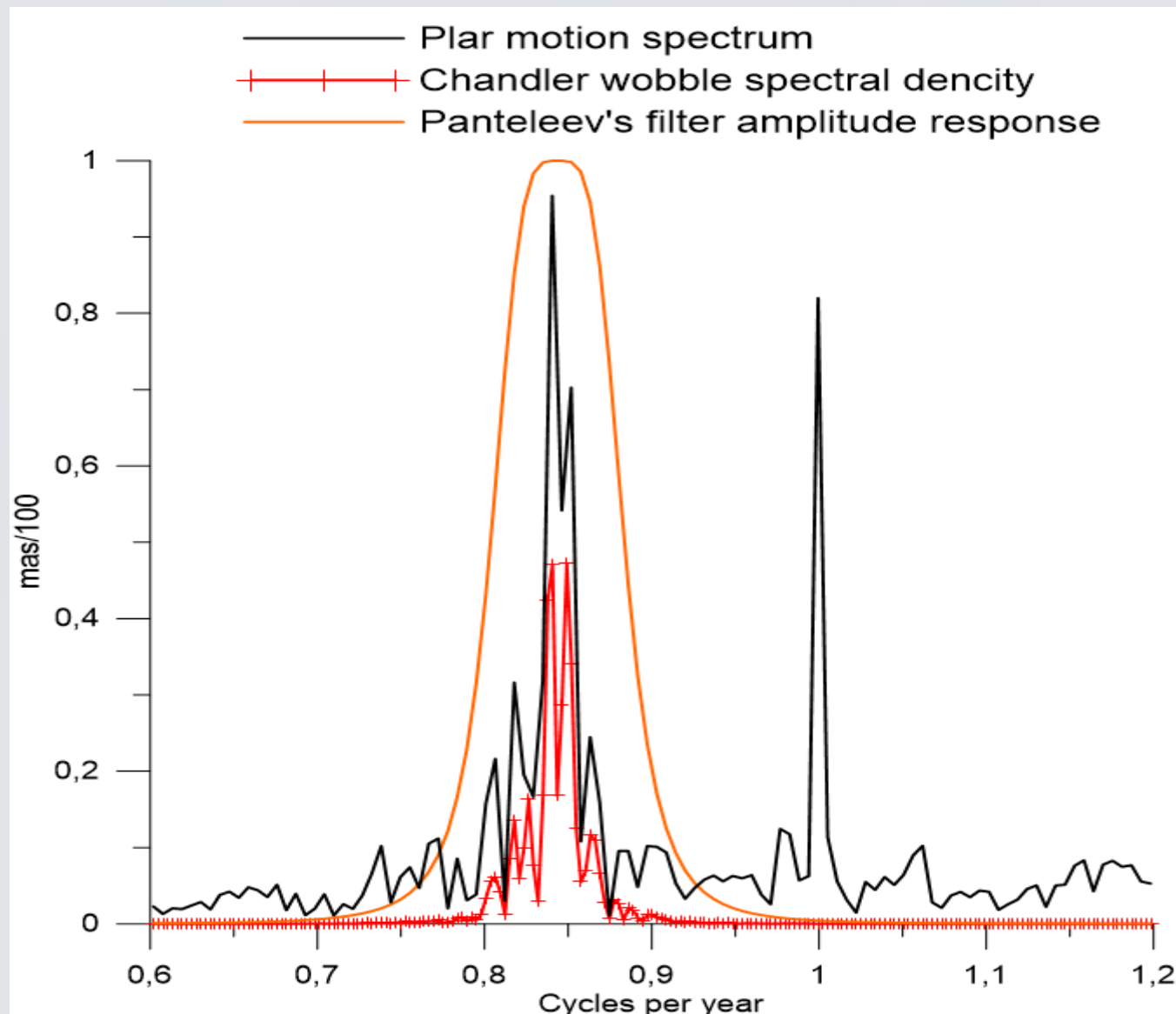
Polar motion since 1846 from EOP C01



Движение полюса без годового колебания в 1930-е и 2010



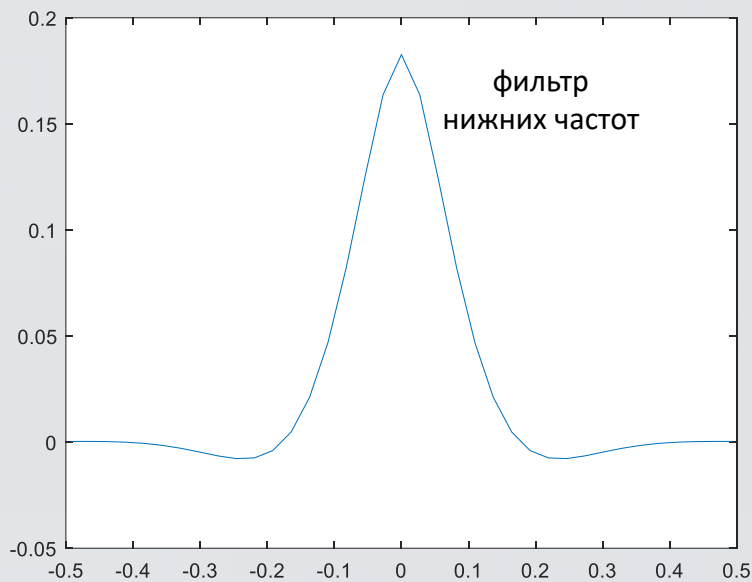
Спектр ДП и фильтр Пантелеева



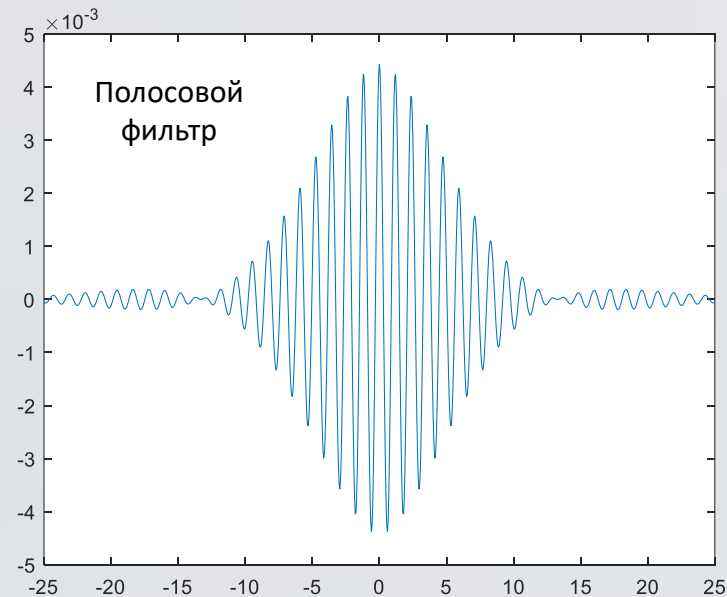


Фильтрация Пантелеева

В.Л. Пантелеев (04.08.1931-06.03.2021)



Фильтрация во временной области – свертка сигнала с импульсной характеристикой фильтра



Фильтрация в частотной области – умножение спектра на передаточную функцию

$$h(t) = \frac{\omega_0}{2\sqrt{2}} e^{-\left(\frac{\omega_0|t|}{\sqrt{2}} - i2\pi f_0 t\right)} \left(\cos \frac{\omega_0 t}{\sqrt{2}} + \sin \frac{\omega_0 |t|}{\sqrt{2}} \right),$$

Фильтр Пантелеева
во временной области

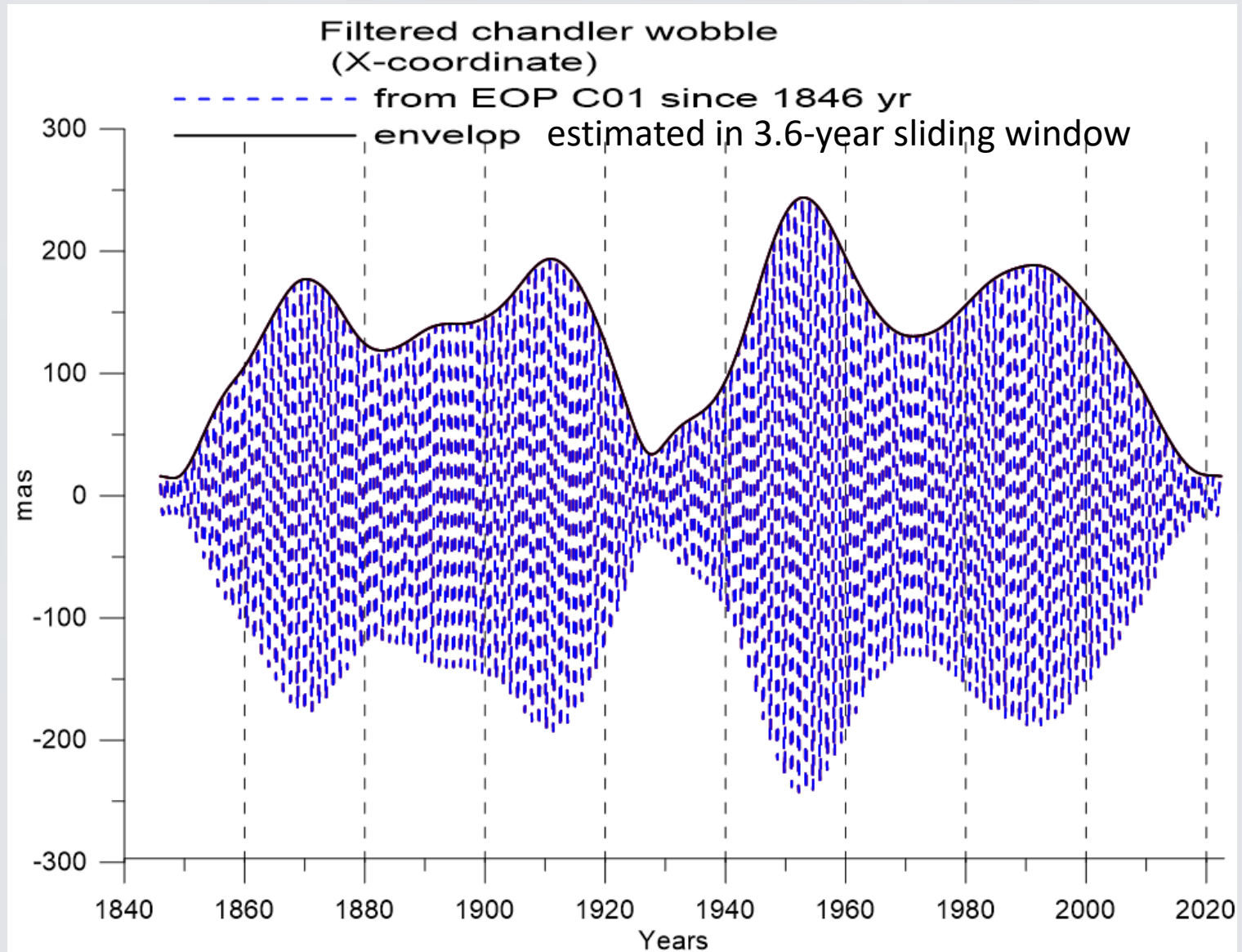
$$\omega_0 = 2\pi f_0$$

$$L_h(f) = \frac{f_0^4}{(f - f_e)^4 + f_0^4} \cdot \frac{f_e}{f_0}$$

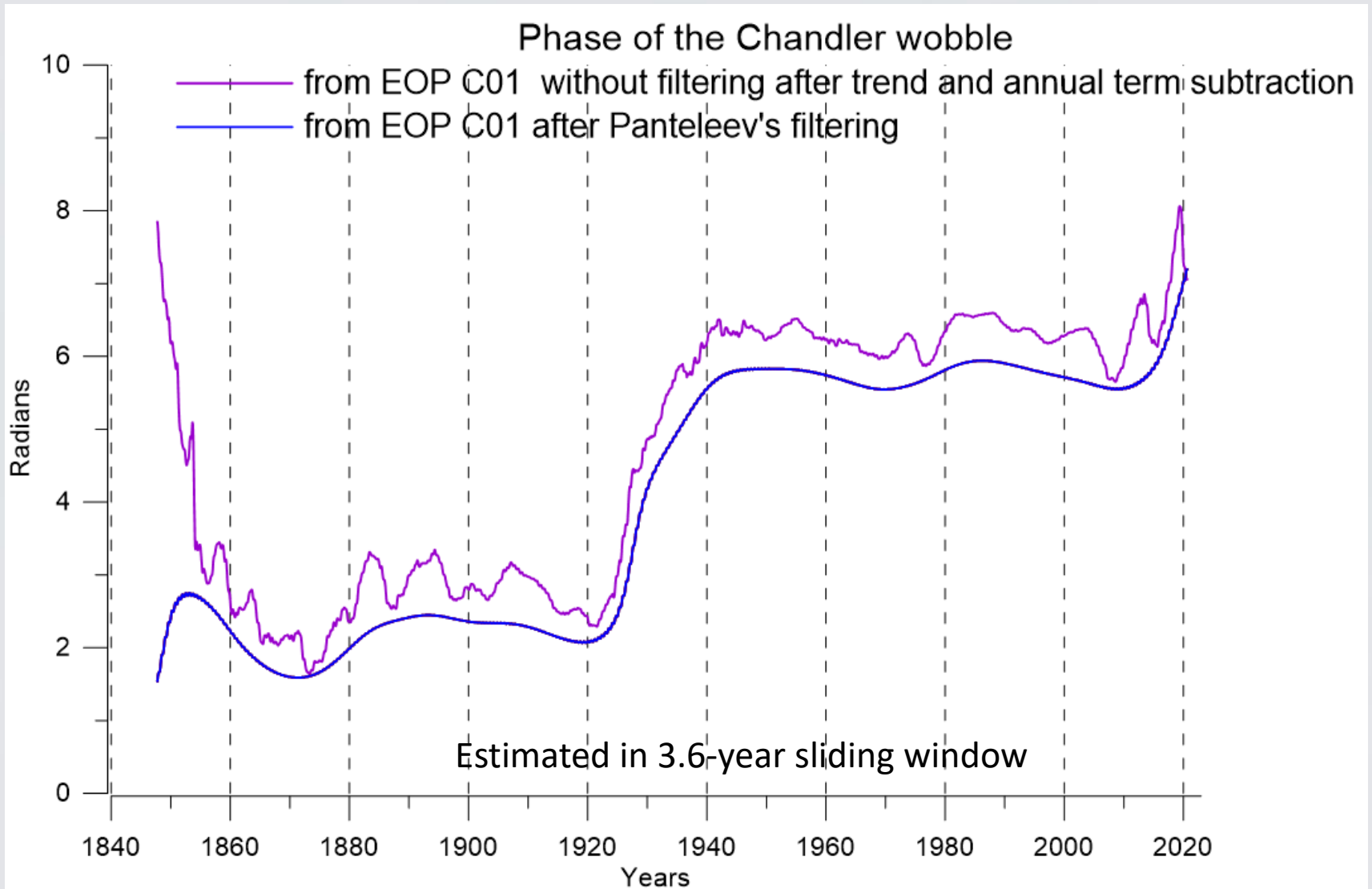
$f_e = 0.166 \text{ yrs}^{-1}$
 $f_0 = 0.04 \text{ yrs}^{-1}$

Фильтр Пантелеева в
частотной области

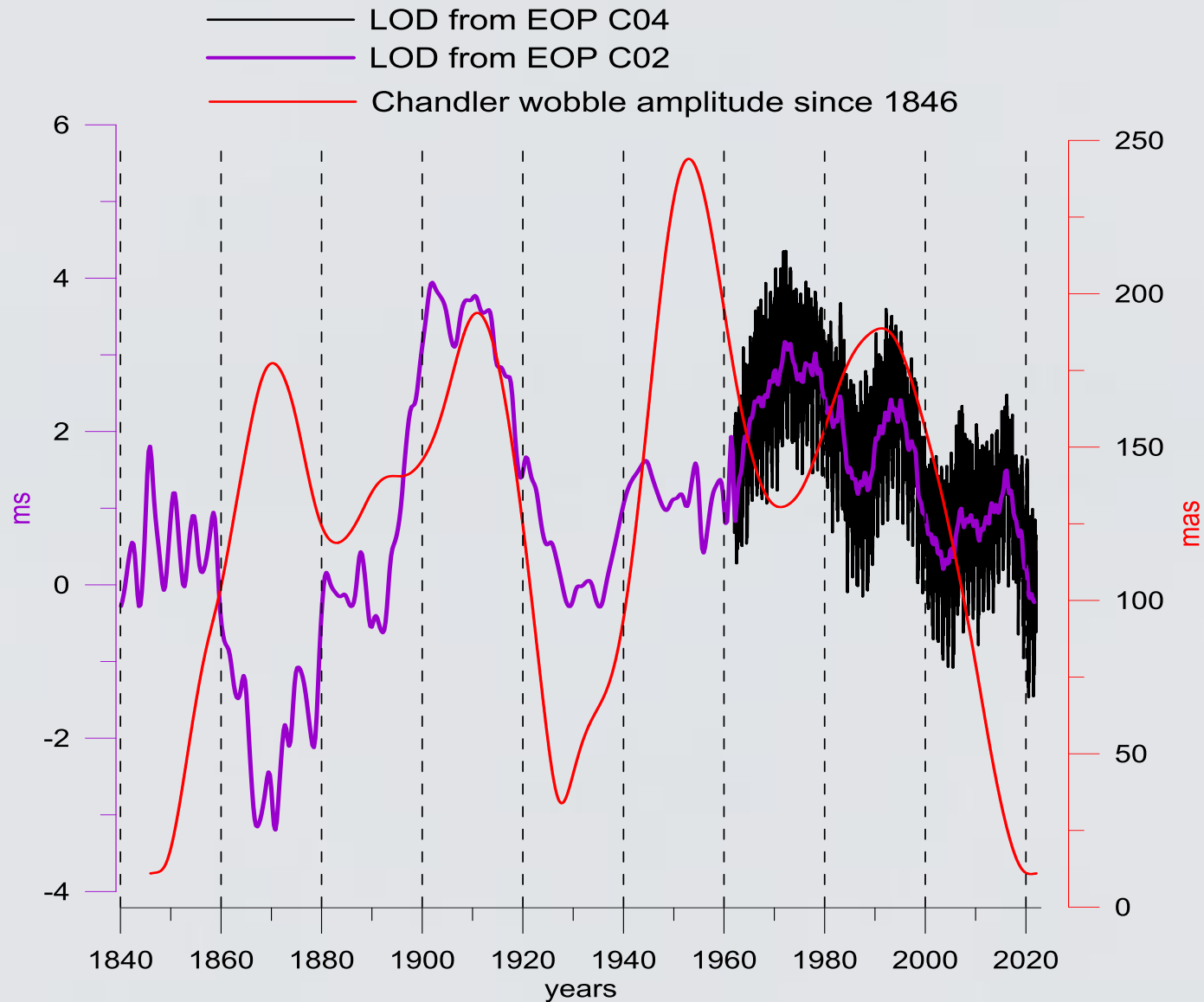
Chandler wobble amplitude



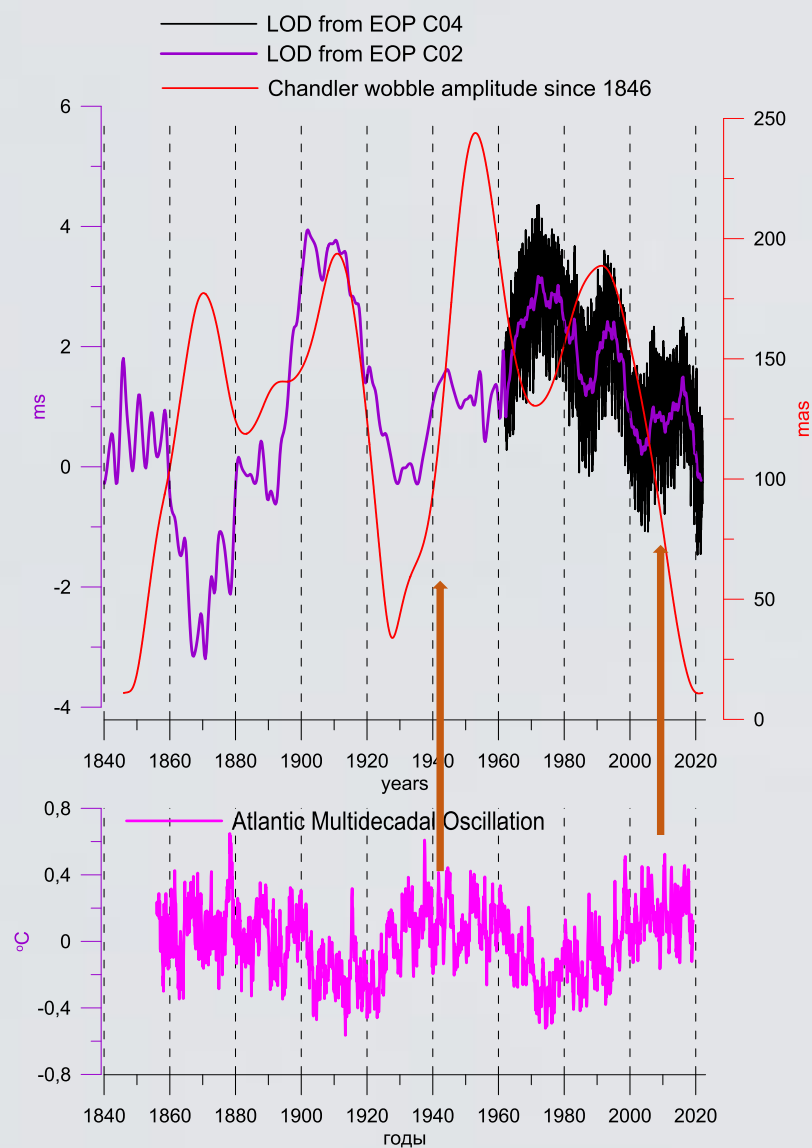
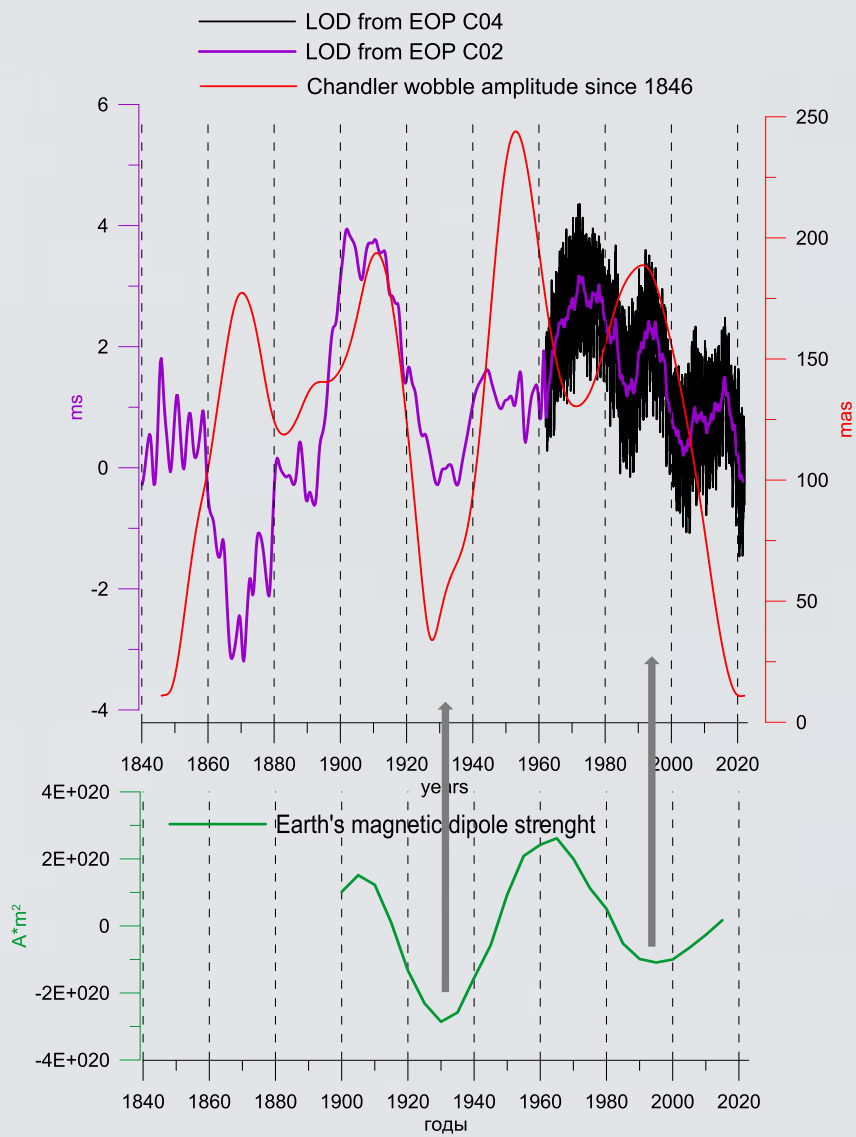
Изменения фазы Чандлеровского колебания



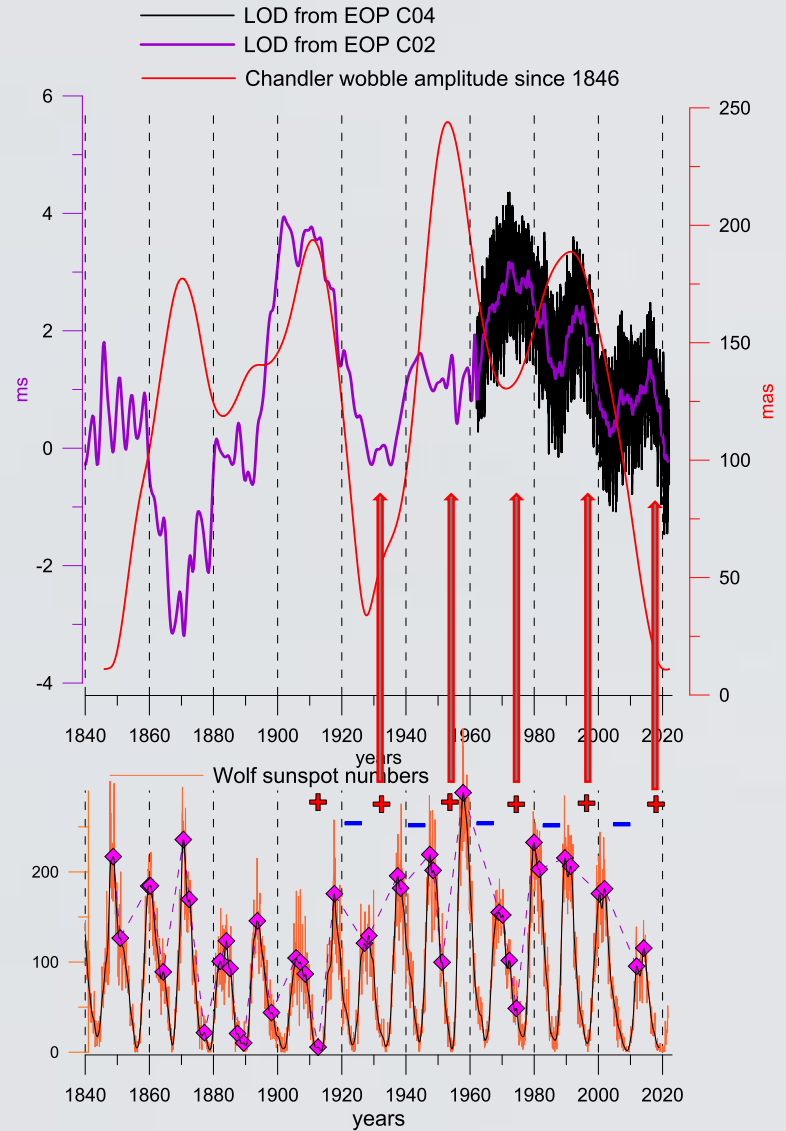
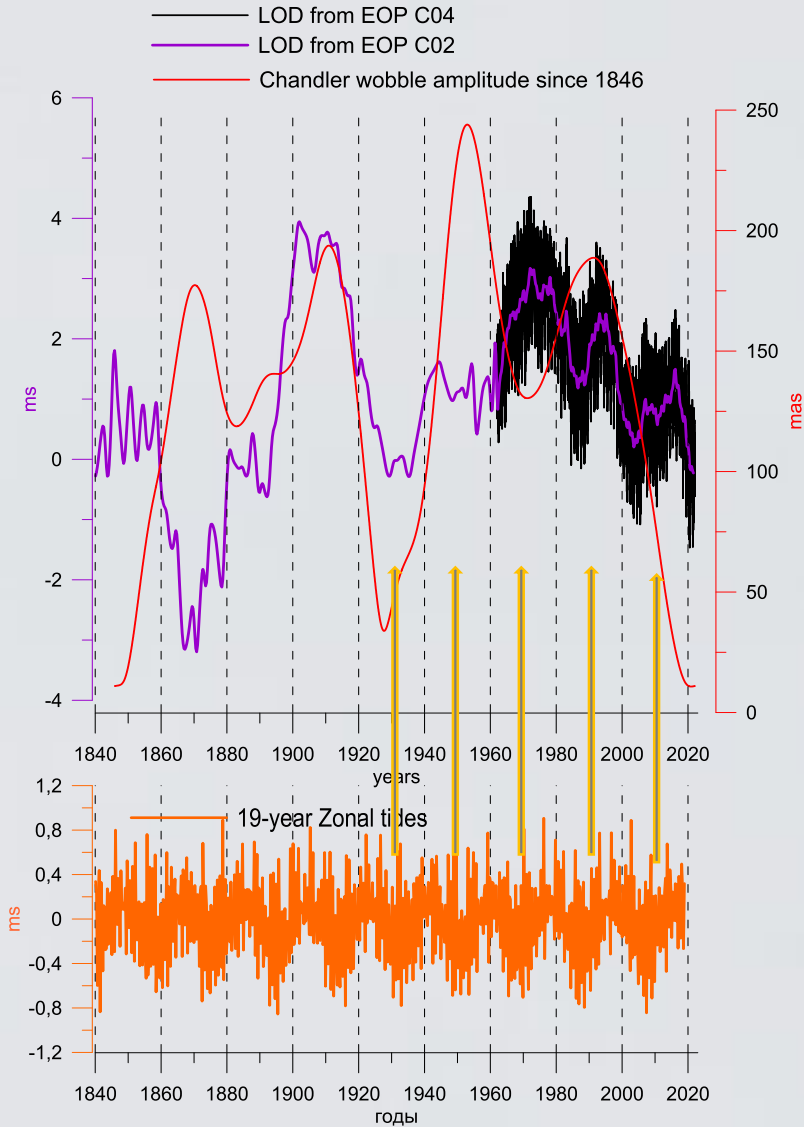
Чандлеровское колебание и LOD с 1840 г



Сравнение LOD и ЧДП с другими факторами



Сравнение LOD и ЧДП с другими факторами



Выводы

- LOD достигла 29 июня 2022 глубочайшего за 80 лет минимума (years)
- Влияние момента импульса атмосферы ААМ (NCER, GFZ, ECMWF) океана ОАМ (ECCO, GFZ), гидрологии и уровня моря не объясняют тренд на ускорение вращения Земли
- Декадные колебания LOD могут быть связаны с ядром и/или лунным приливом
- Чандлеровское колебание практически исчезло в 2017-2020 гг. и сейчас вновь появилось
- Чандлеровское колебание сейчас меняет фазу как в 1930-е гг
- Наблюдаемый сейчас максимум в скорости вращения Земли и минимум Чандлеровского колебания могут быть следствием регулярного (повторяющегося) явления (механизма)
- Возможно энергия перекачивается от движения полюса к скорости вращения Земли в 90-летнем цикле (синхронизации)

Список литературы

1. Л. Зотов, К. Бизуар, Почему Земля вращается неравномерно и как это влияет на счет времени, Природа РАН, N 3, стр. 26-29.
2. Зотов, Сидоренков, Бизуар, Аномалии Чандлеровского колебания полюса в 2010-е гг., Вестник МГУ, серия Физика, Астрономия, N3, p. 1-12, 2022
3. Зотов Л.В., Вращение Земли и климатические процессы, монография, МИЭМ ВШЭ, Москва, 2022
4. Zotov L. Earth rotation presents surprises in 2010-2020s: LOD and Chandler wobble varies, online talk at the Saturday Research Academy, 12 Feb 2022
5. Bizouard Ch., Geophysical modelling of the polar motion, De Gruyter, 2020.
6. Sidorenkov N.S., The Interaction Between Earth's Rotation and Geophysical Processes, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2009
7. Avsuk, Yu.N. and Maslov, L.A., Long period tidal force variations and regularities in orbital motion of the Earth–Moon binary planet system, Earth, Moon Planets, 2011, vol. 108, no. 1, pp. 77–85.
8. Fedorov, E. P. & Yatskiv, Y. S., The Cause of the Apparent "Bifurcation" of the Free Nutation Period. Soviet Astronomy, Vol. 8, p.608, 1965.
9. Malkin Z., Miller N. Chandler wobble: two more large phase jumps revealed, Earth Planets Space, 62, 943–947, 2010.
10. Wai Yan Soe, Study of the parameters of Earth's polar motion dependence on the Lunar orbit precession, PhD thesis, Moscow, 2022
11. Graham Jones, Earth Sets New Record for Shortest day. Time&Date, 27.07.22
<https://www.timeanddate.com/news/earth/shortest-day-2022>

Спасибо за внимание!



ФИЗИКА ЗЕМЛИ, АТМОСФЕРЫ И ГИДРОСФЕРЫ

Аномалии чандлеровского колебания полюса в 2010-е годы

Л. В. Зотов,^{1,2,а} Н. С. Сидоренков,³ К. Бизуар⁴

¹ Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга (ГАИШ)
Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова,
Россия, 119234, Москва, Университетский пр., д. 13

² Московский институт электроники и математики (МИЭМ),
Национальный исследовательский университет Высшая школа
экономики. Россия, 123458, Москва, ул. Таллинская, д. 34

³ Гидрометцентр России. Россия, 123376, Москва,
Большой Предтеченский переулок, д. 13, строение 1

⁴ SYRTE, Парижская обсерватория, Исследовательский университет PSL,
CNRS, Университет Сорбонны, UPMC, Париж 06, Франция

Поступила в редакцию 05.02.2022, после доработки 07.04.2022, принята к публикации 18.04.2022.

Земля вращается неравномерно: положение полюса дрейфует и описывает круги с годовым и чандлеровским (433 суток) периодами, скорость вращения Земли также меняется. В начале 2000-х годов амплитуда чандлеровского колебания начала убывать и в 2017–2020 гг. достигла исторического минимума, сравнимого лишь с минимумом конца 1920-х годов. Мы выделили чандлеровское колебание различными методами (снятием тренда и годового колебания, фильтрацией Пантелеева и др.) из рядов данных по движению полюса EOP C04 и EOP C01 и показали, что с начала 2010-х годов происходит также изменение его фазы. Подобное изменение фазы происходило в 1920–1940-х годах и составило π радиан, в настоящее время оно приближается к 2 радианам. Обсуждаются возможные интерпретации названных явлений, их проявления в спектре движения полюса, вероятные причины.

Ключевые слова: вращение Земли, чандлеровское движение полюса.

УДК: 521.93. PACS: 91.10.-v.