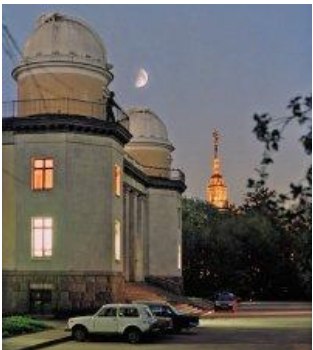


**XXIX Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца
"Солнечная и солнечно-земная физика – 2025"
(ССЗФ-2025)**

**ВРАЩЕНИЕ ЗЕМЛИ И ФАКТОРЫ КЛИМАТА
ПОСЛЕДНИХ ДЕСЯТИЛЕТИЙ**

Леонид Зотов^{1,2}

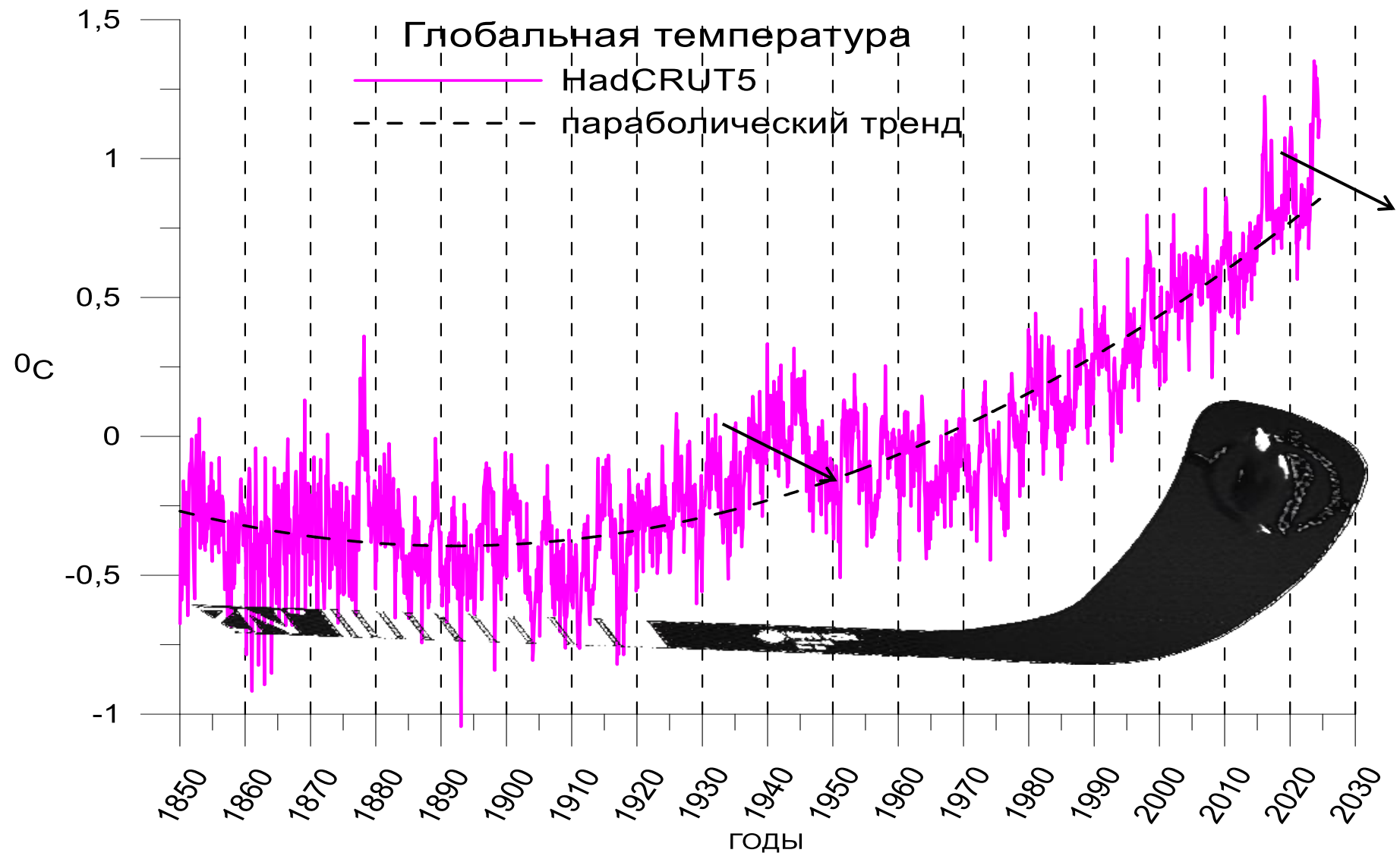
¹ГАИШ МГУ ²МИЭМ НИУ ВШЭ



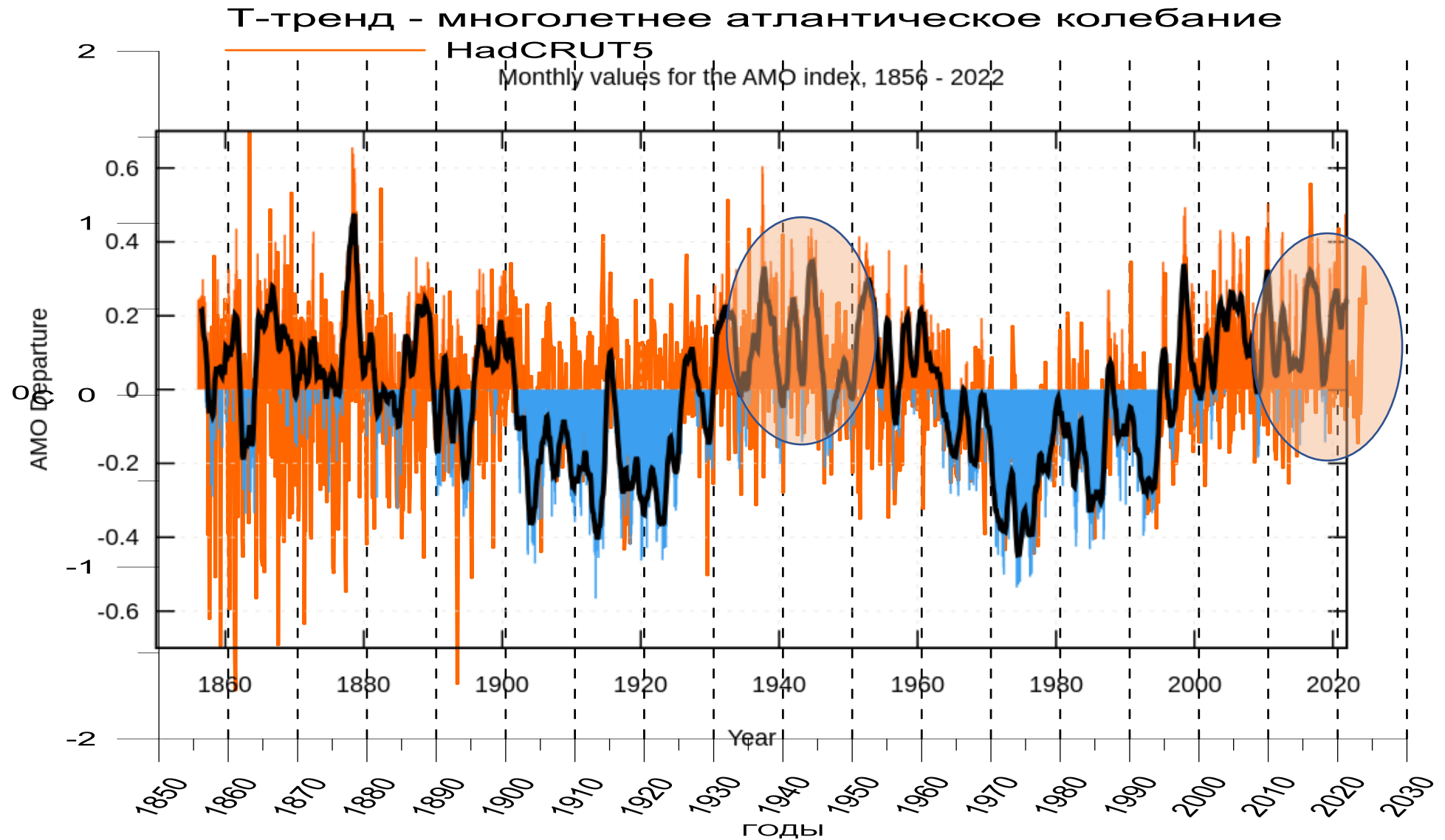


Памяти
**Валерия Александровича
Котова**
21.3.1943-8.9.2025

Глобальная температура на Земле

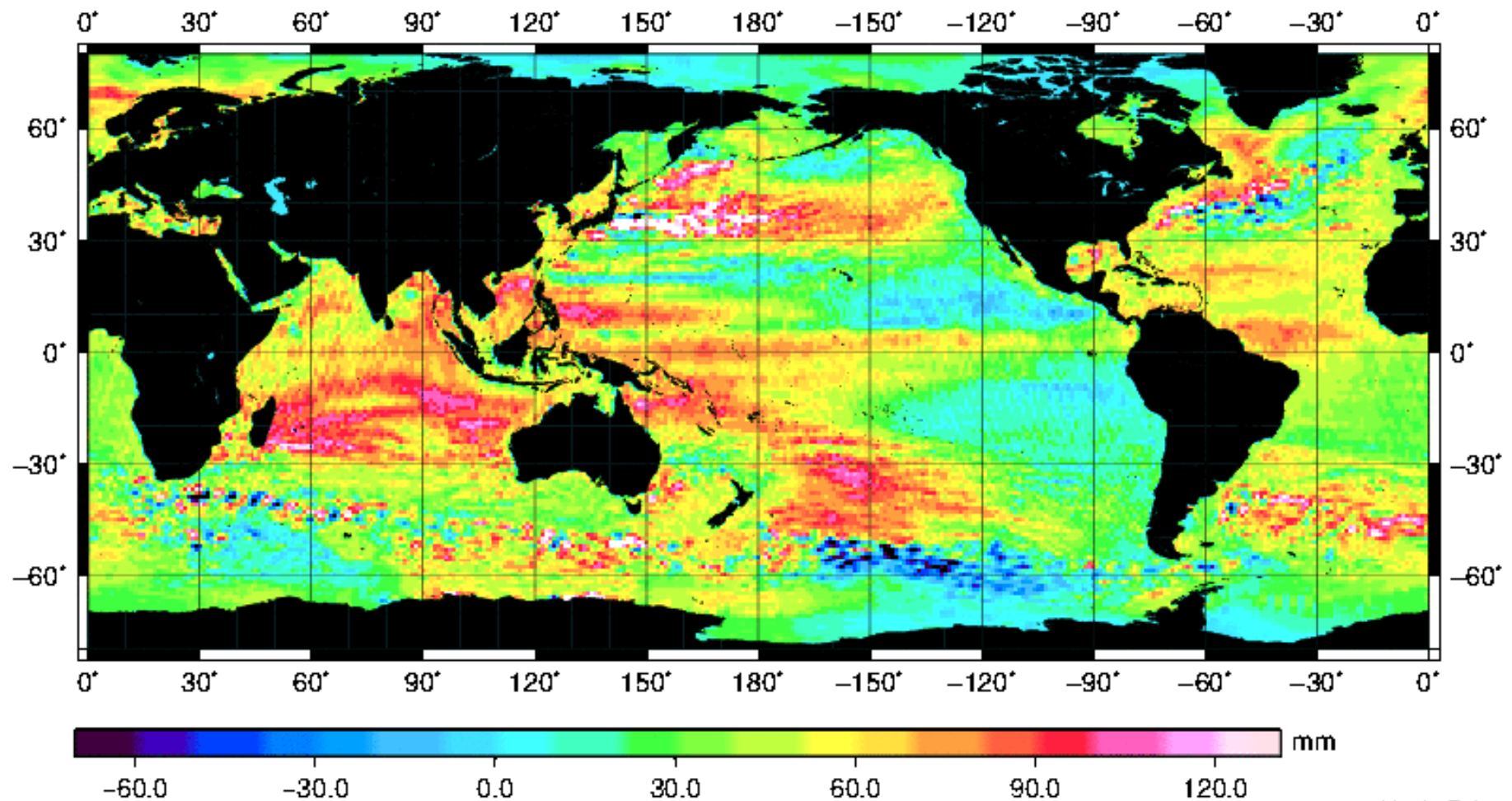


Атлантическая многолетняя осцилляция АМО



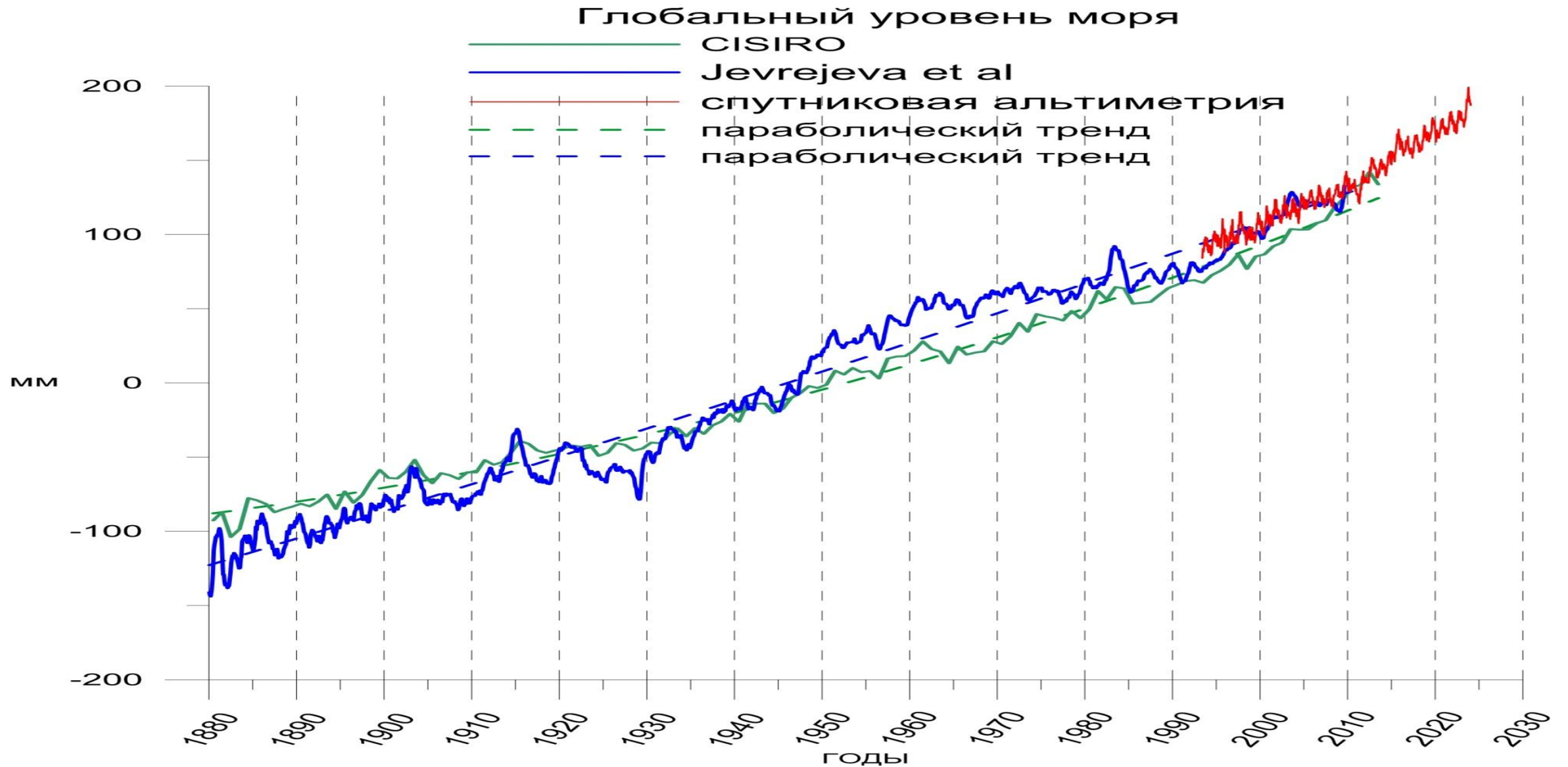
Изменения уровня моря с 1993 по 2018 г по сводным данным альтиметрии

SL trend 2018-1993



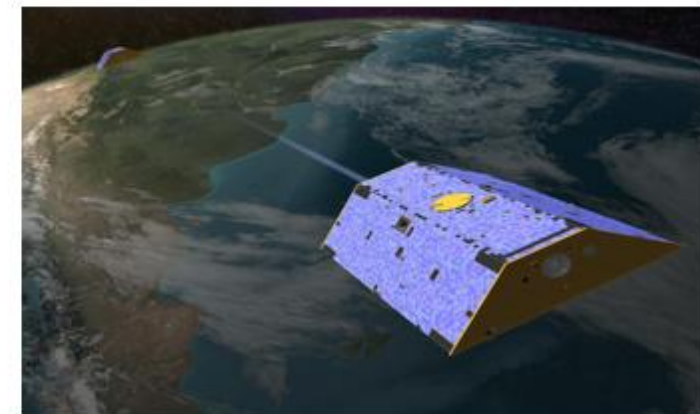
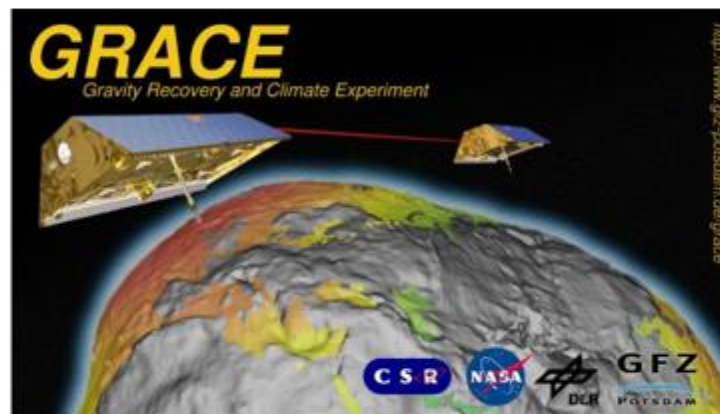
processed by L. Zotov

Глобальный рост уровня моря



Гравиметрия

GRACE и GFO



GRACE — совместная спутниковая миссия NASA и DLR, направленная на изучение гравитационного поля Земли и его временных вариаций.

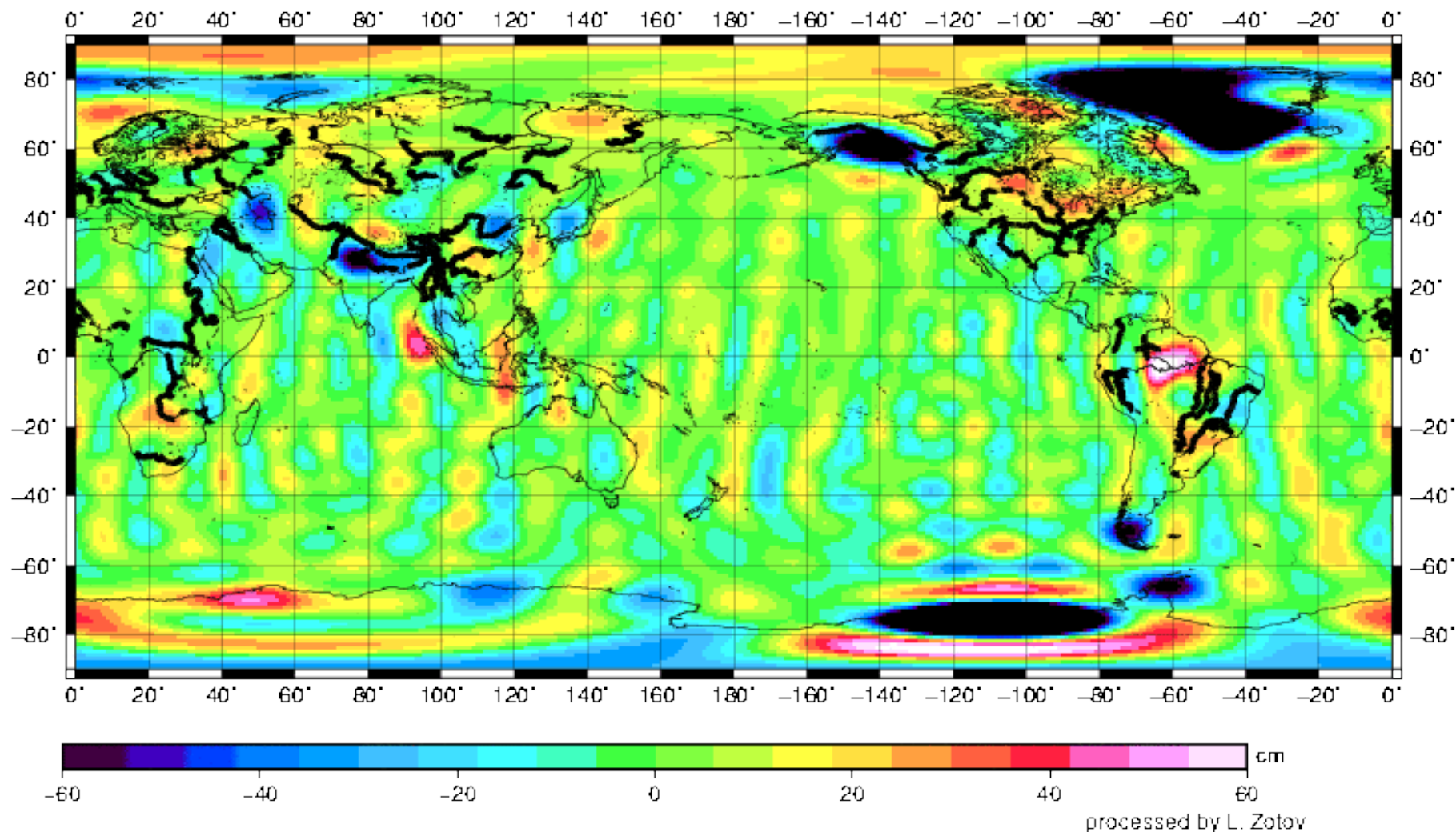
Запущенные в 2002 г. спутники GRACE картографируют гравитационное поле, измеряя положение двух идентичных спутников, находящихся на полярной орбите на высоте 500 км.

GRACE прекратил работу в 2017 году.

В 2018 году были запущены 2 новых спутника, GRACE-FO, которые позволяют производить измерения с более высокой точностью.

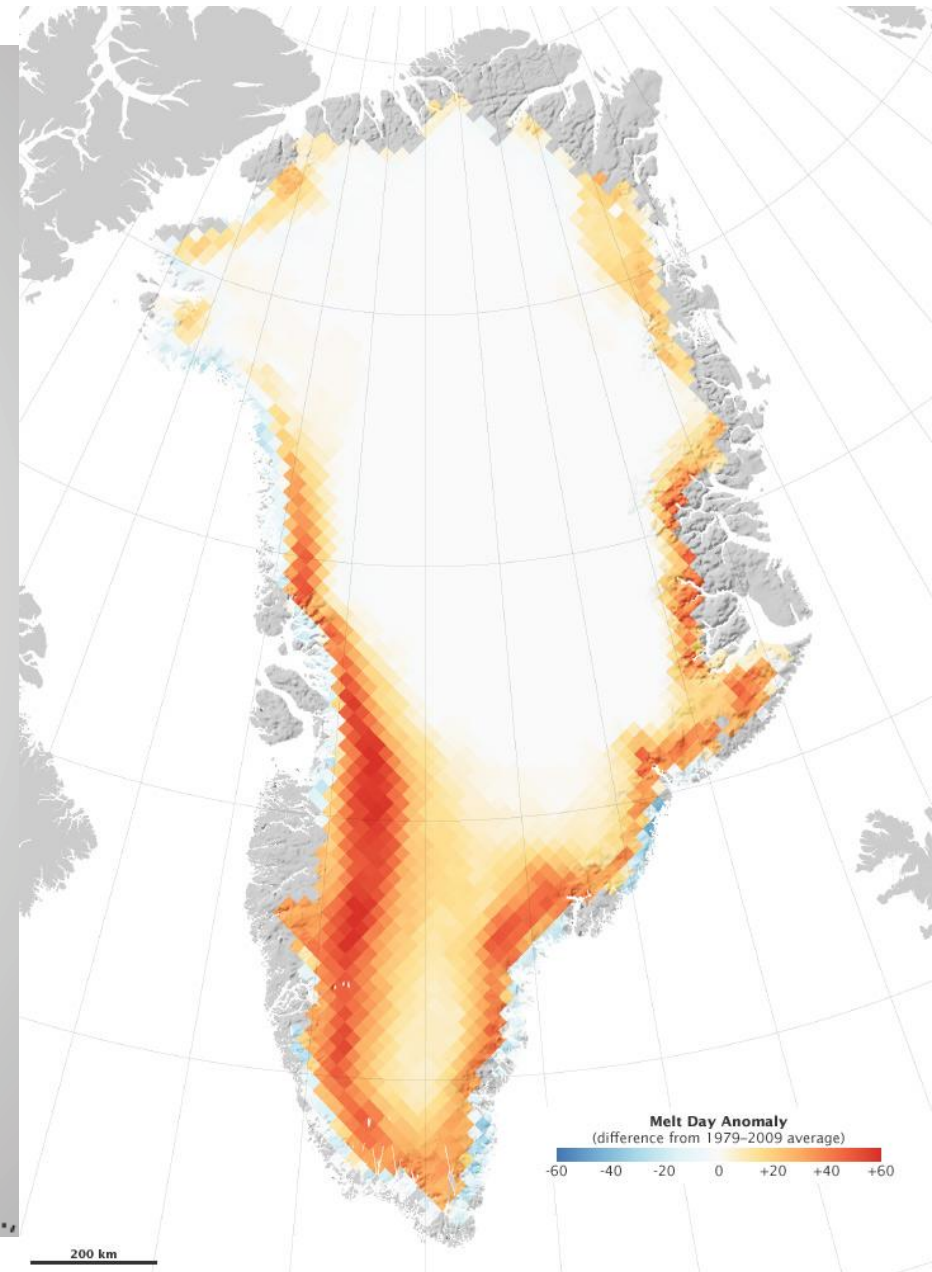
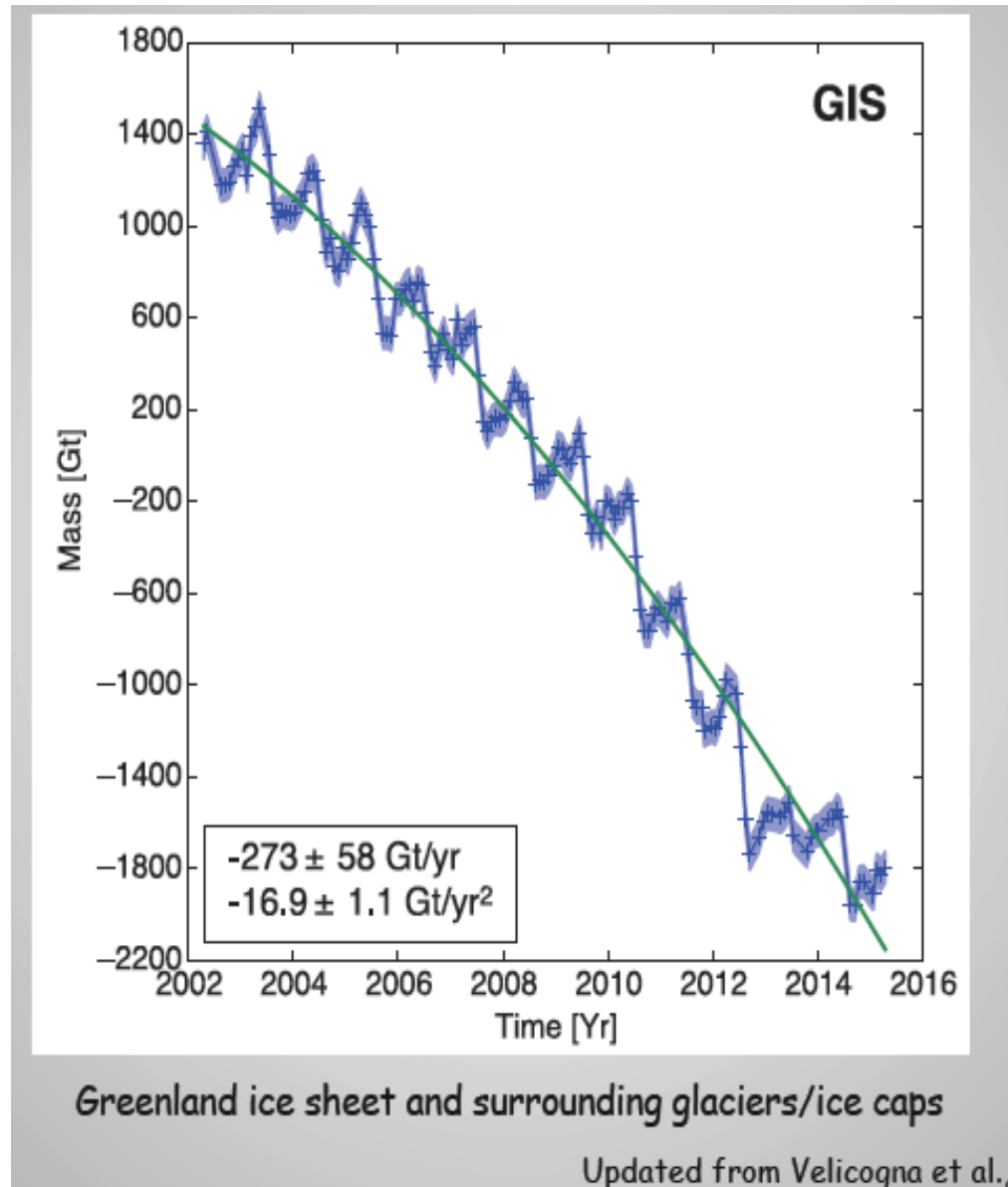
Тренды перераспределения масс в данных миссии GRACE

2017-2003 RL 06

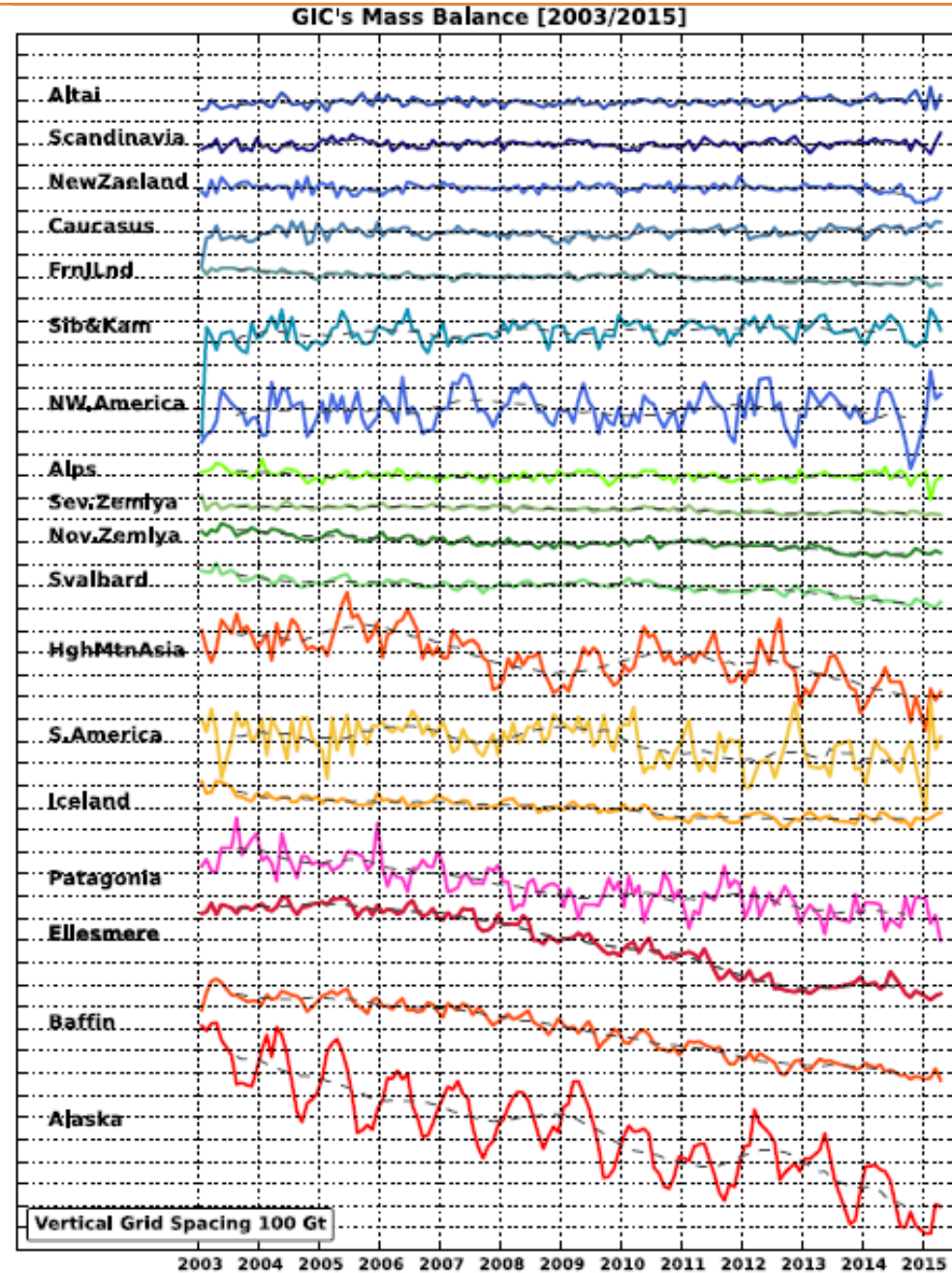
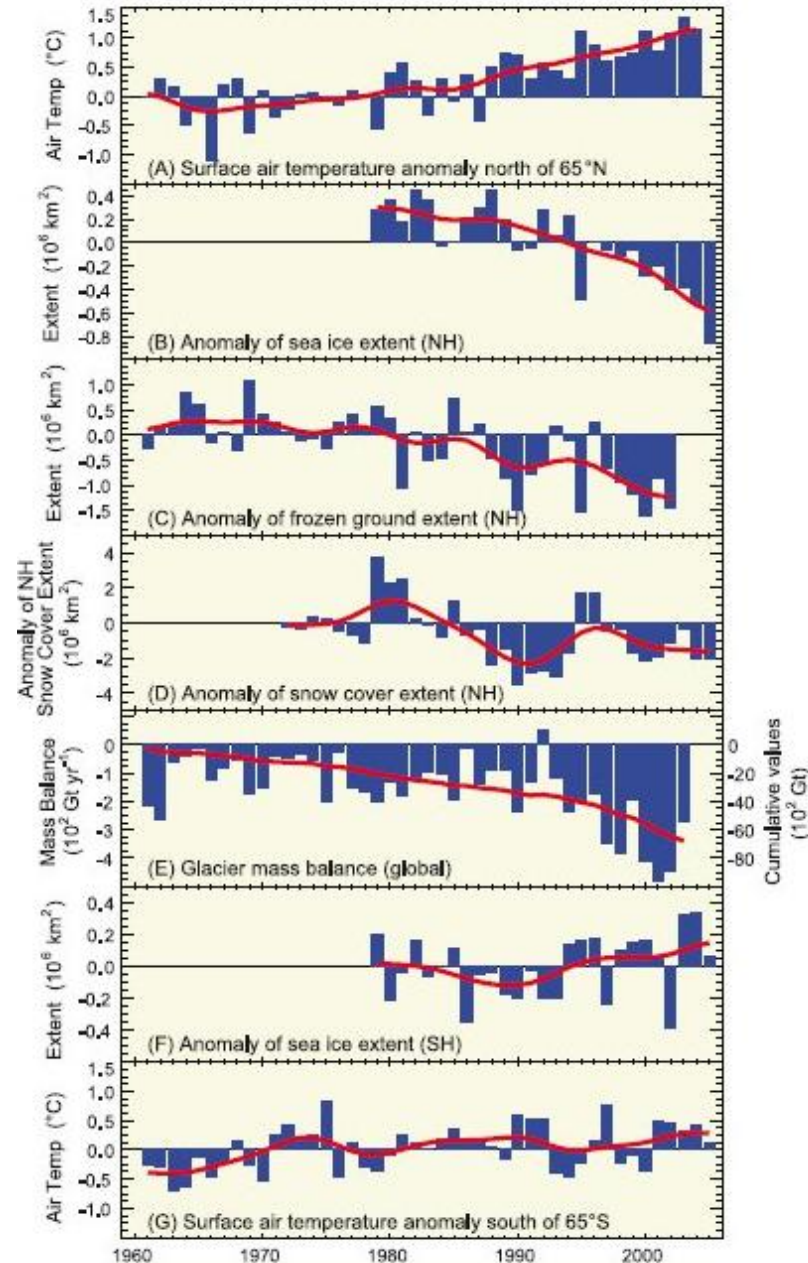


Изменения масс вследствие климатических и других факторов

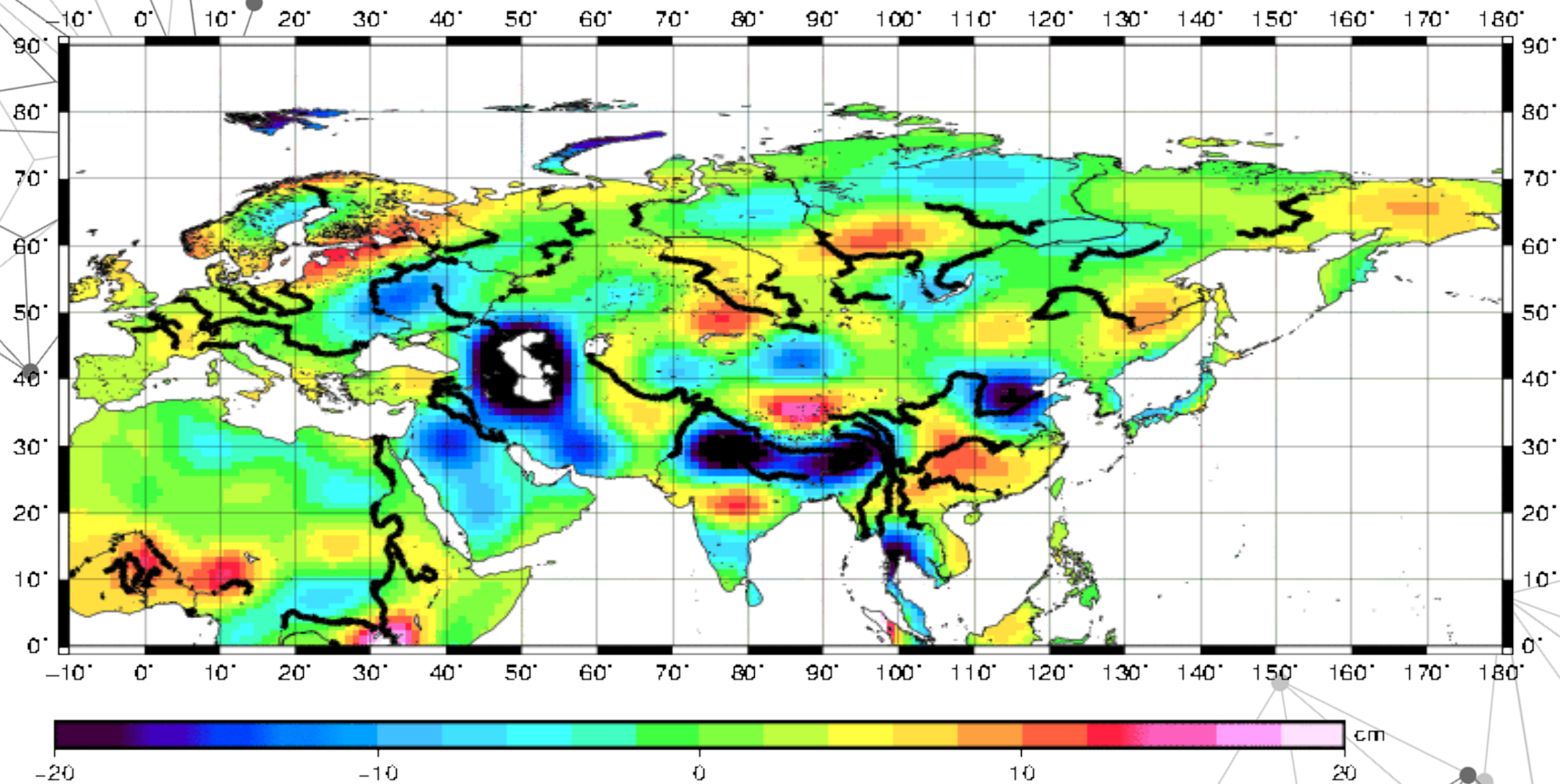
Гренландия 1979-2017



Ледники



2017-2003 RL 06



processed by L. Zotov

Тренды изменения масс с 2003 по 2017 год по данным GRACE

Отчет Межправительственной группы экспертов по изменению климата МГЭИК

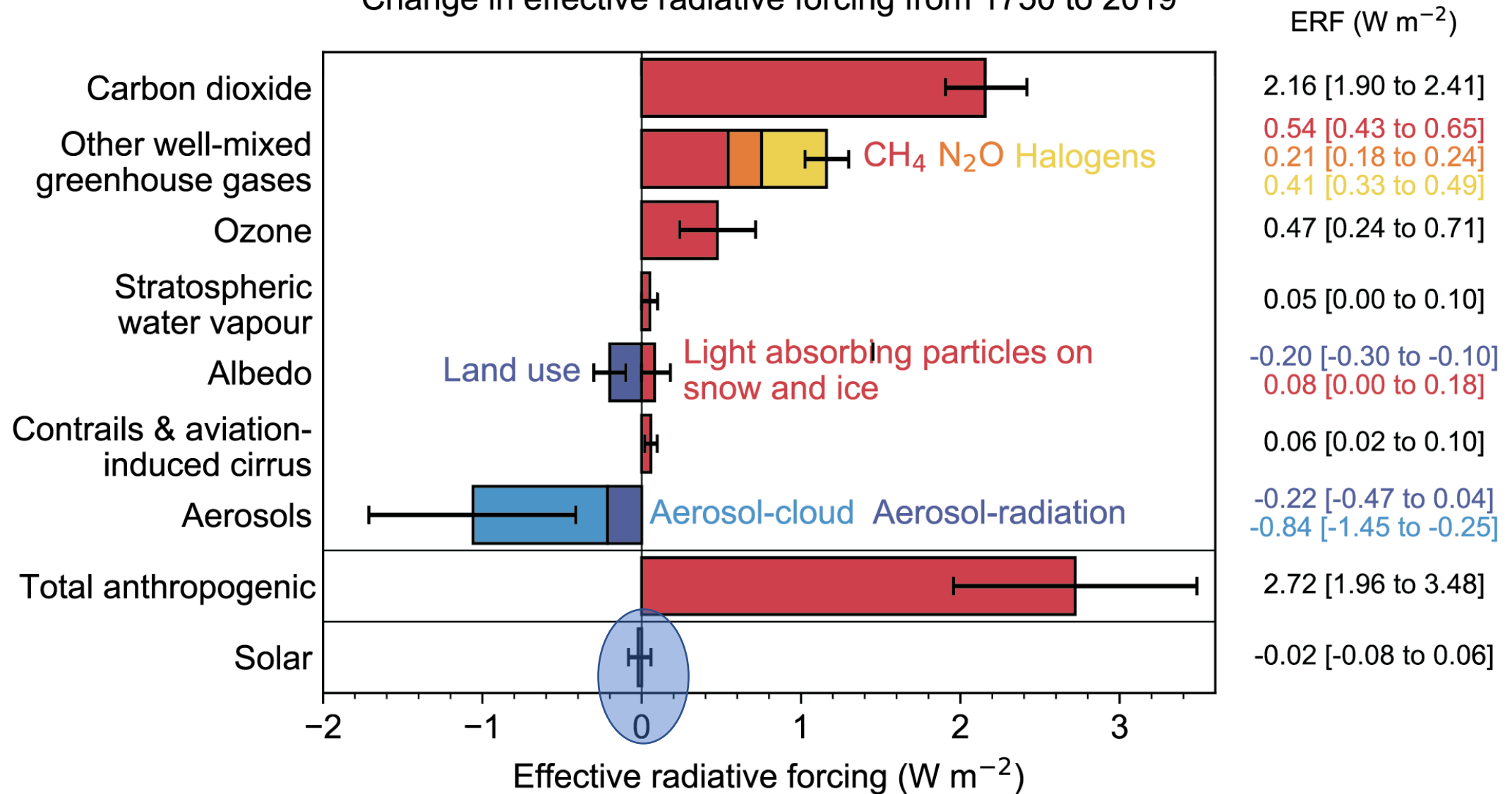
[REPORTS](#)[SYNTHESIS REPORT](#)[WORKING GROUPS](#)[ACTIVITIES](#)[NEWS](#)[FOLLOW](#)[SHARE](#)[CALENDAR](#)

Sixth Assessment Report

The Working Group I contribution was released on 9 August 2021. The Working Group II and III contributions were released on 28 February and 4 April 2022 respectively. The Synthesis Report was released on 20 March 2023.

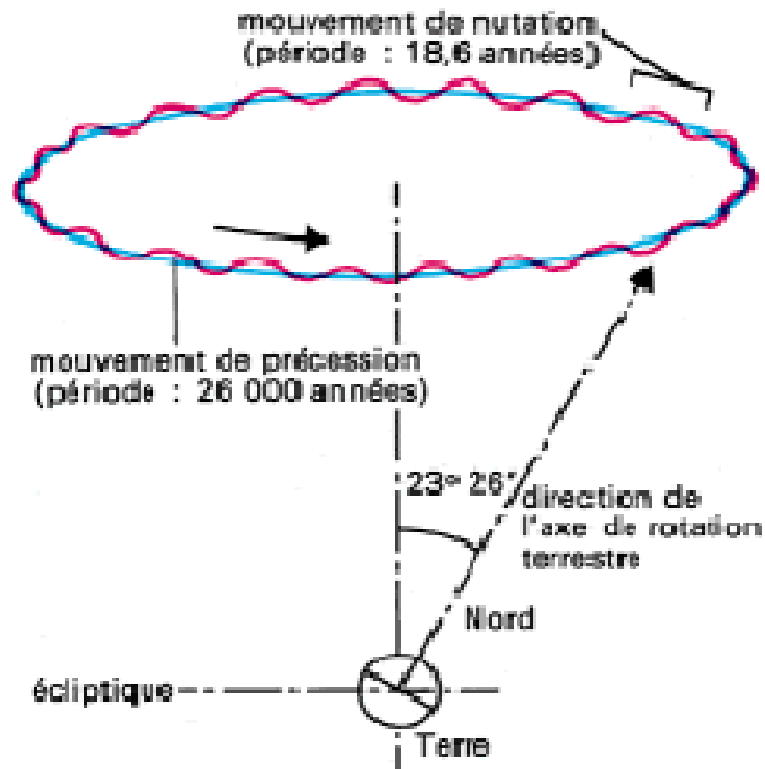
Вклад в потепление различных компонент радиационного баланса

Change in effective radiative forcing from 1750 to 2019

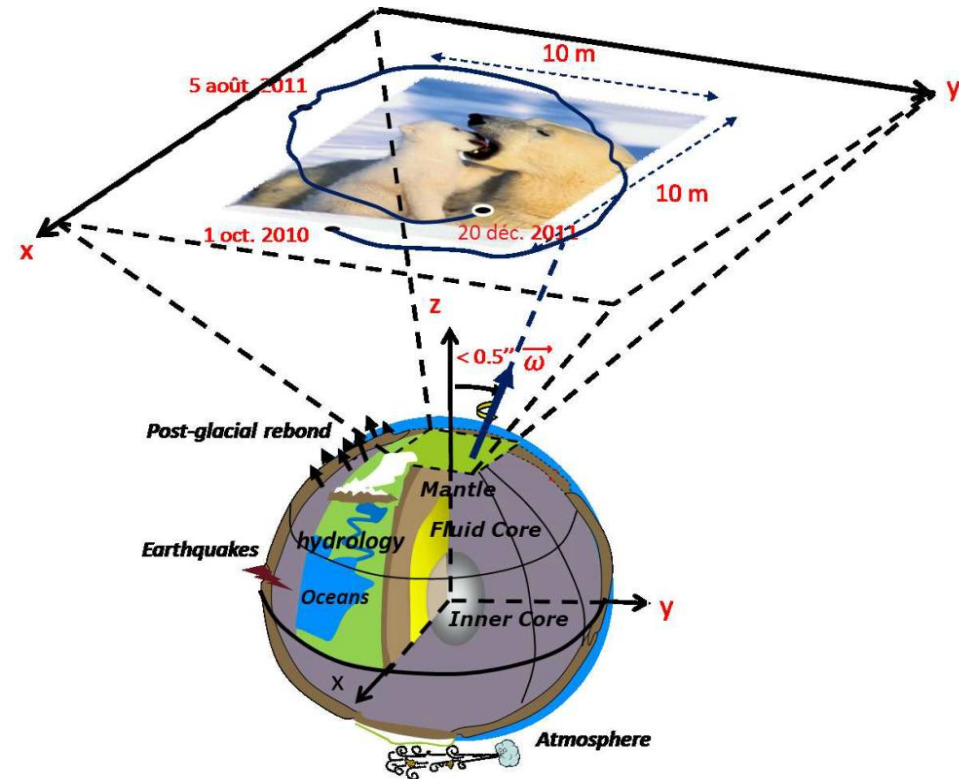


Нутация и движение полюса

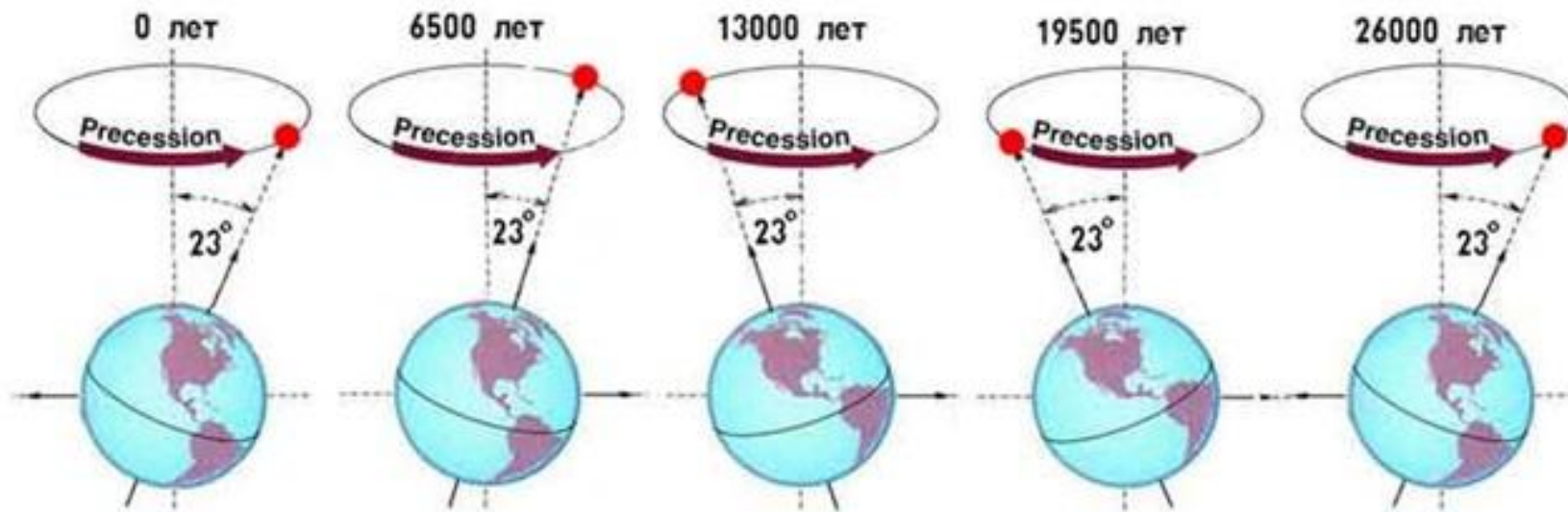
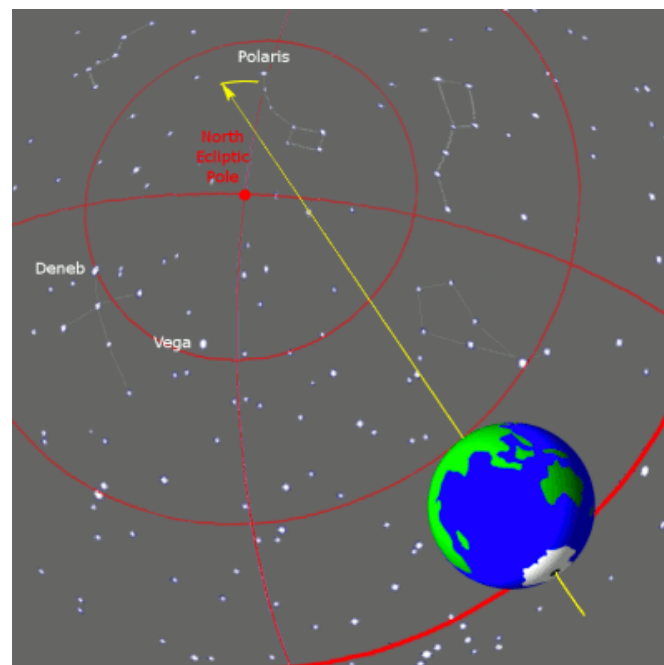
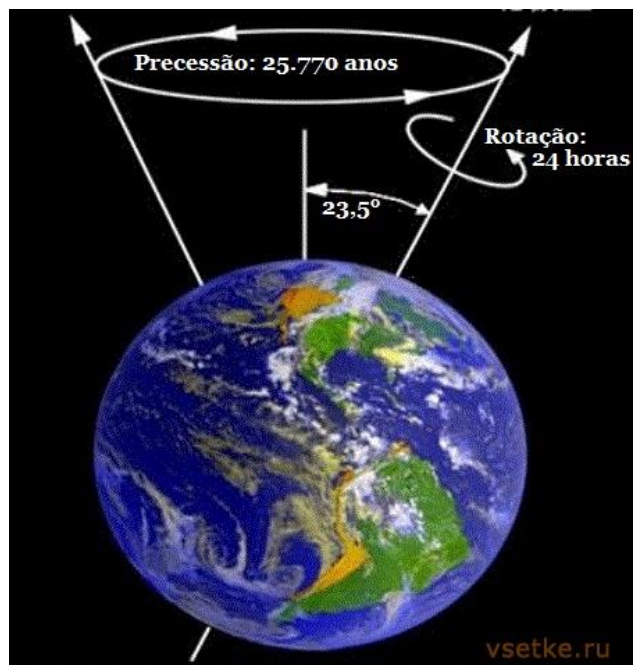
Прецессия (вековая) и нутация (периодическая) земной оси с периодами 25 700, 18.6, 1, 0.5 лет, обусловленные внешним моментом сил от Луны и Солнца



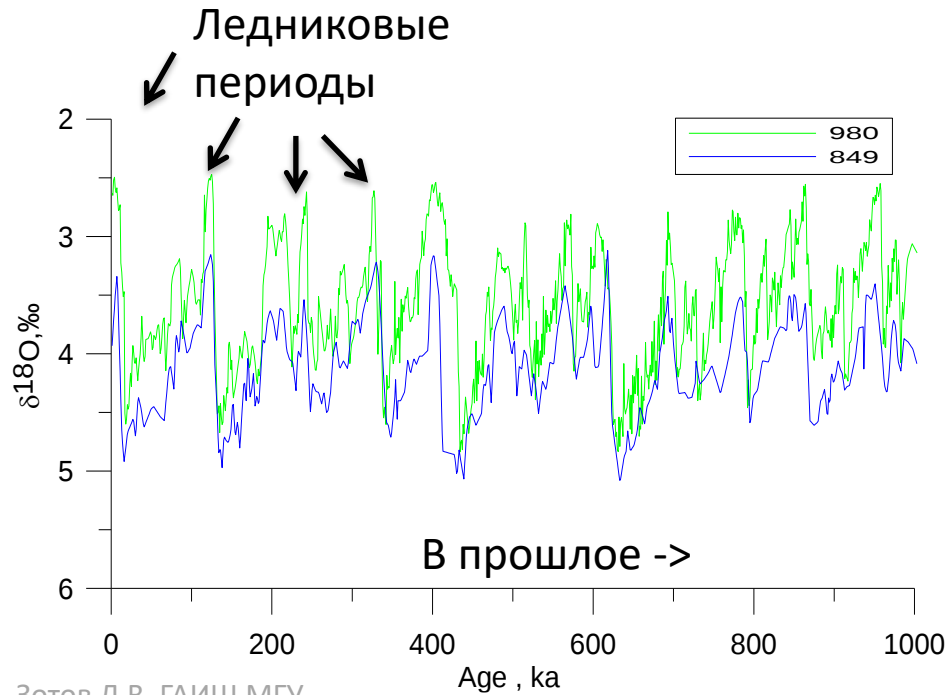
Движение полюса амплитудой до 10 метров обусловленное геофизическими процессами – обменом угловым моментом между океаном, атмосферой и твердой землей



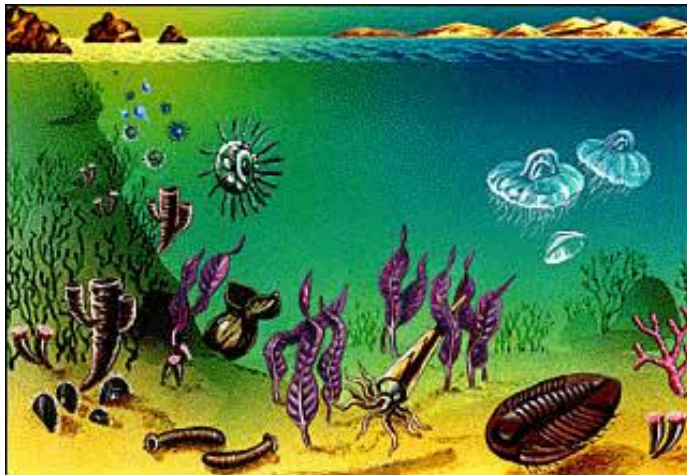
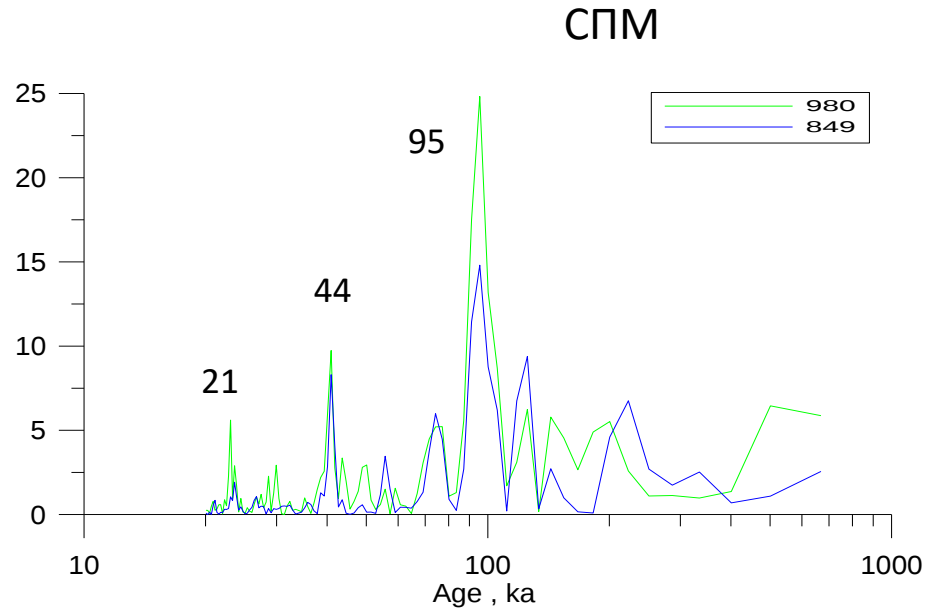
Прецессия и нутация происходят под действием Луны и Солнца



Палеоклимат – шкала порядка 1 млн лет



Зотов Л.В. ГАИШ МГУ



Геофизические процессы, влияющие на вращение Земли

от 1 до 1 000 000 лет



credit: C. Bizouard

Параметры ориентации Земли

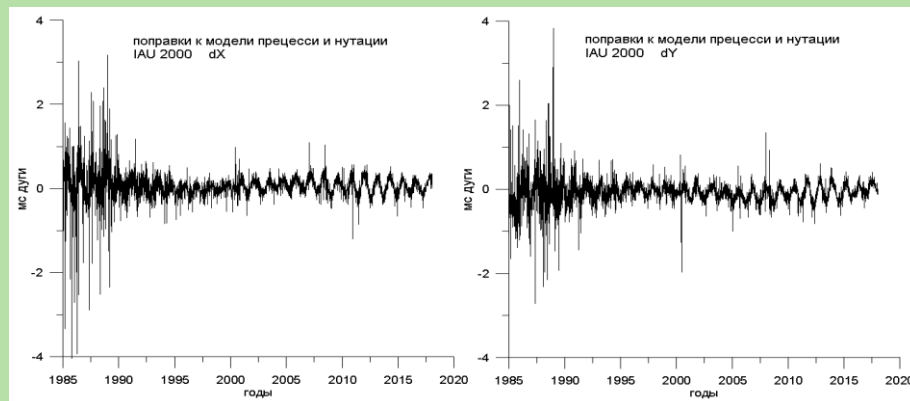
x, y координаты полюса

UT1-UTC

dX, dY

$$\theta(t) - \theta(t_0) = \Omega UT1 - \Omega t_0.$$

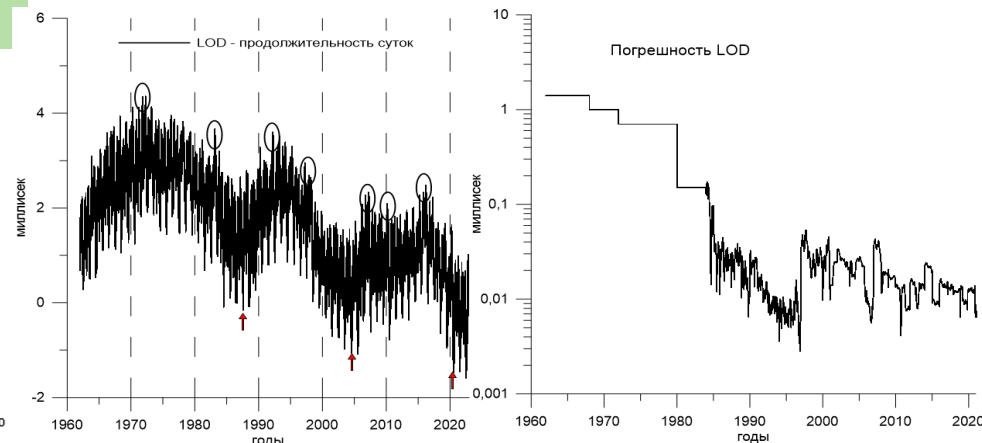
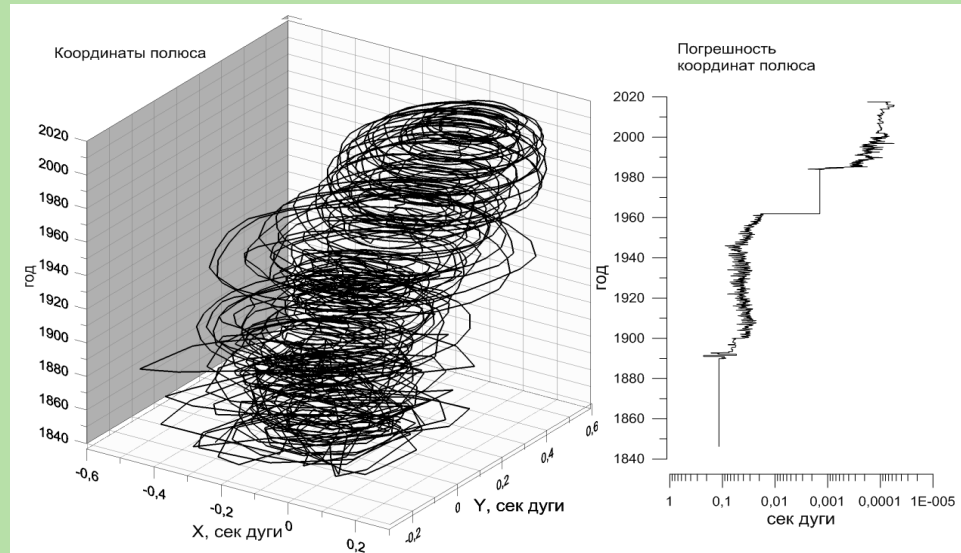
$$\Delta LOD = \frac{2\pi \cdot k}{\Omega(1 + m_3)} - \frac{2\pi \cdot k}{\Omega} \approx -\overline{LOD}m_3,$$



Поправки к углам прецессии и нутации

x, y координаты полюса

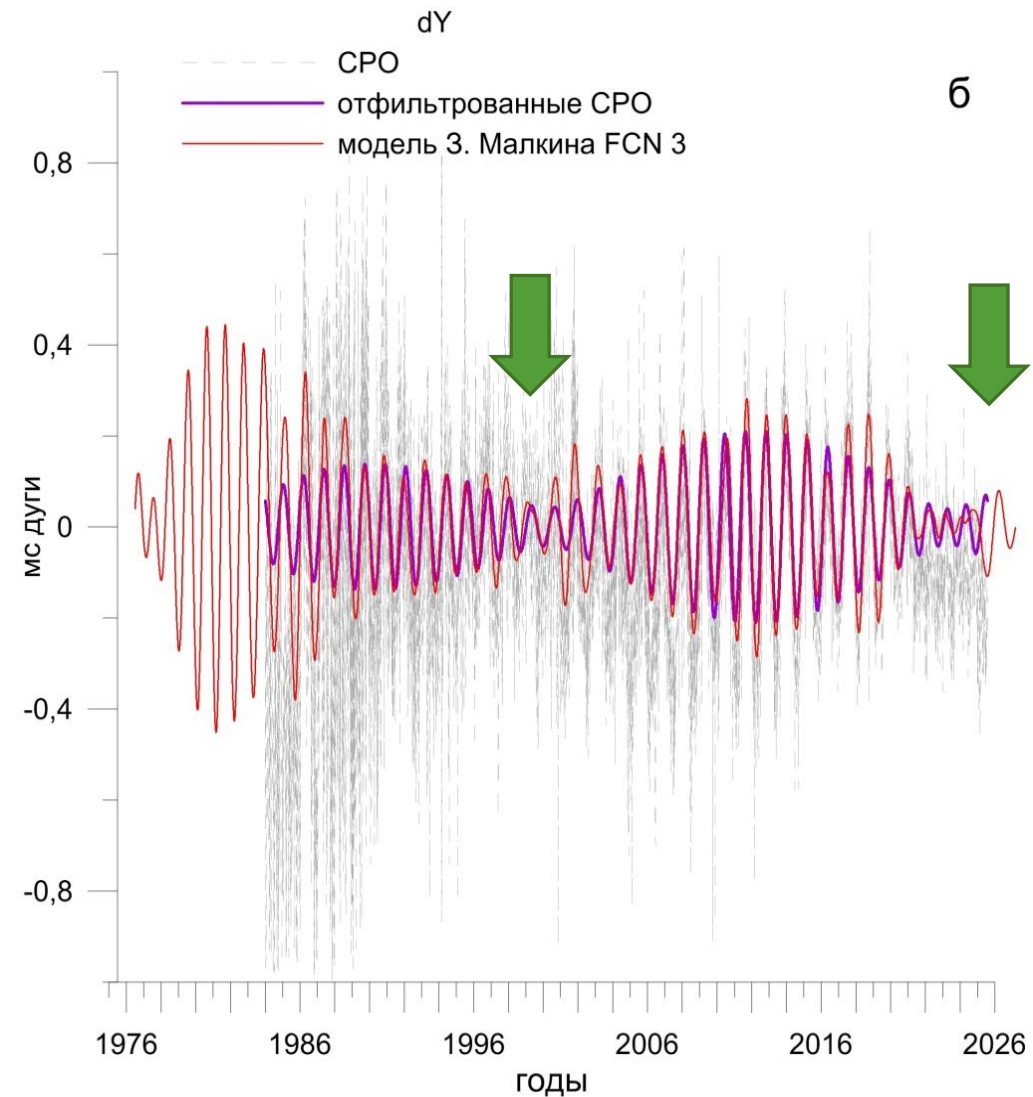
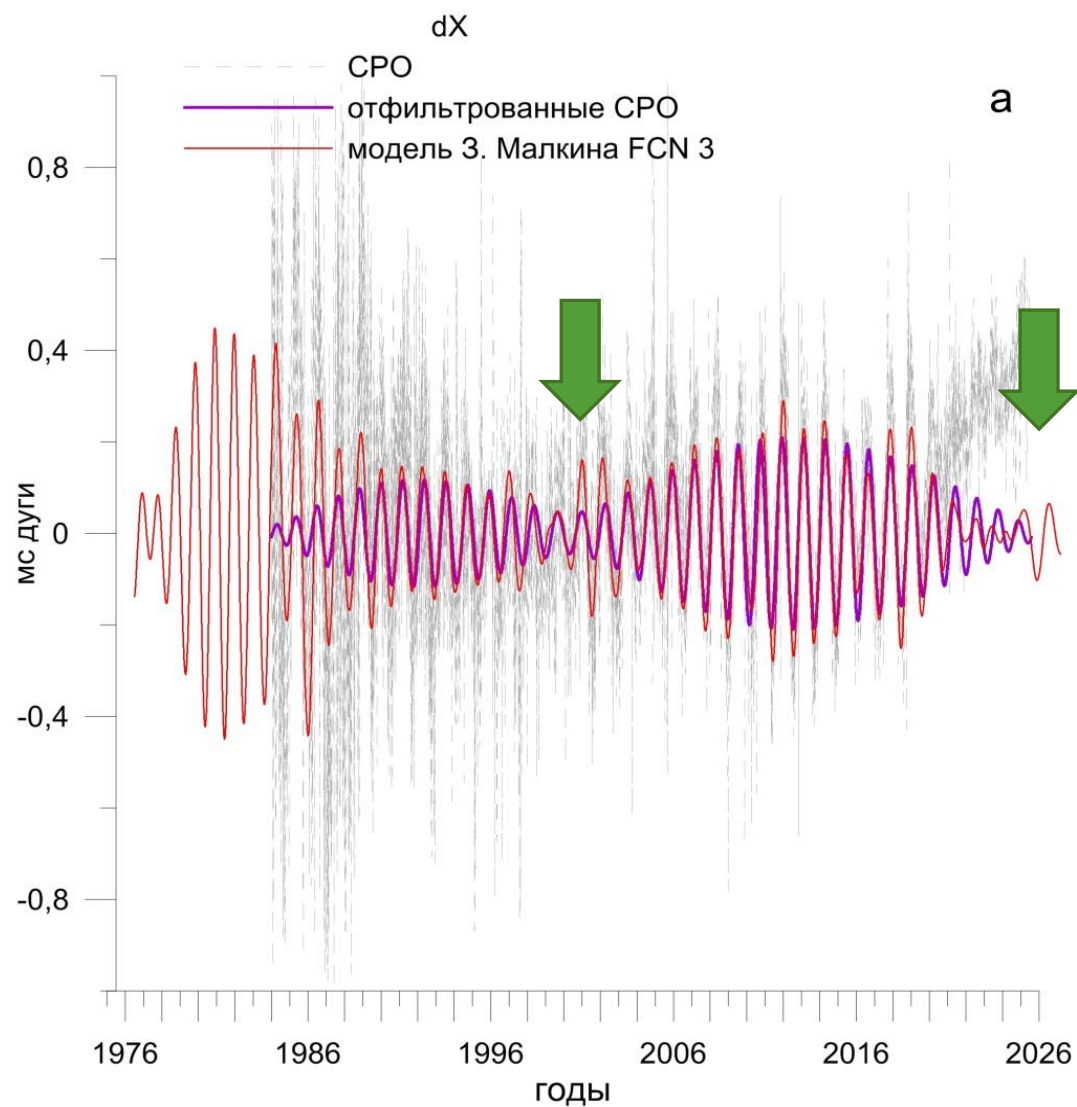
возрастание точности



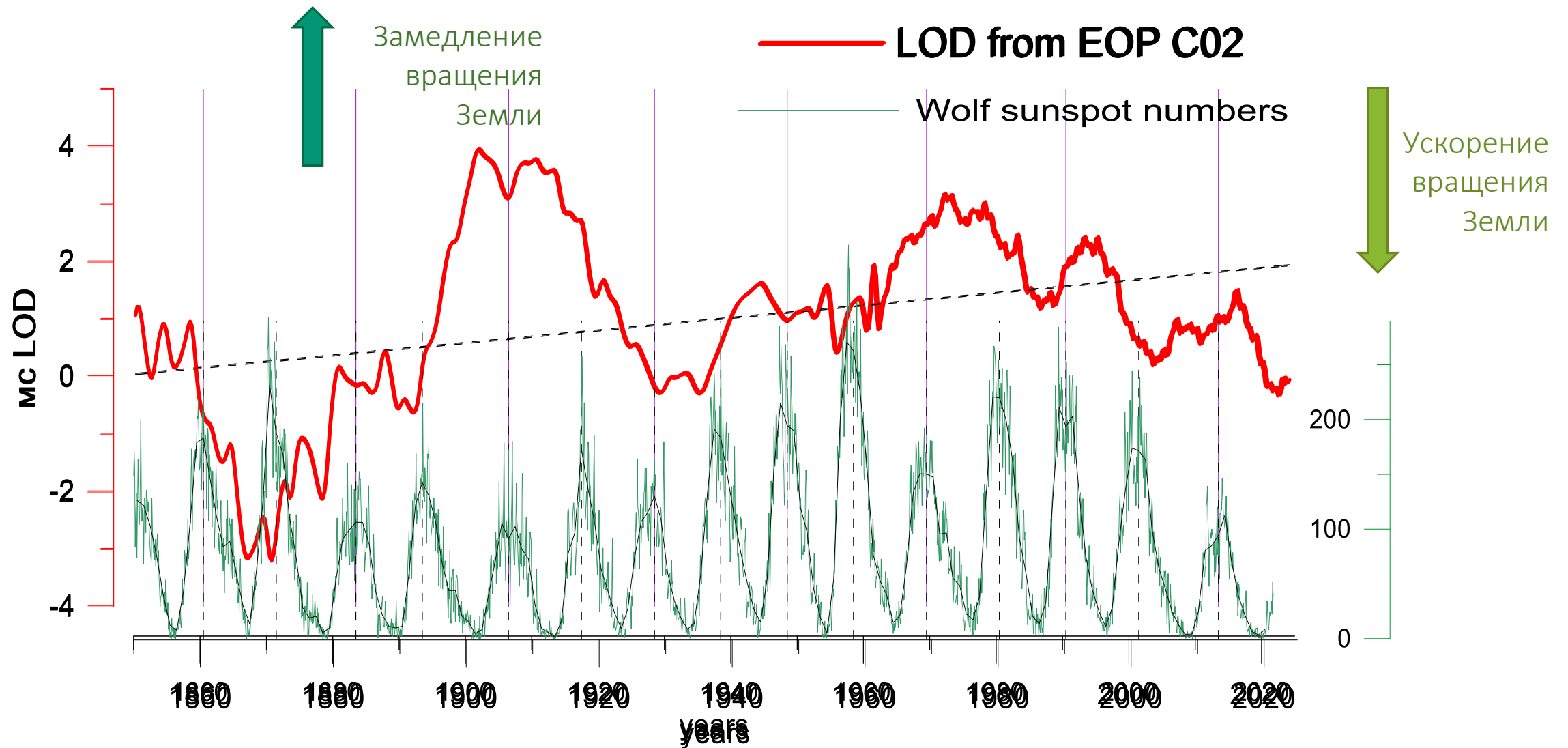
длительность суток
LOD

точность
наблюдений

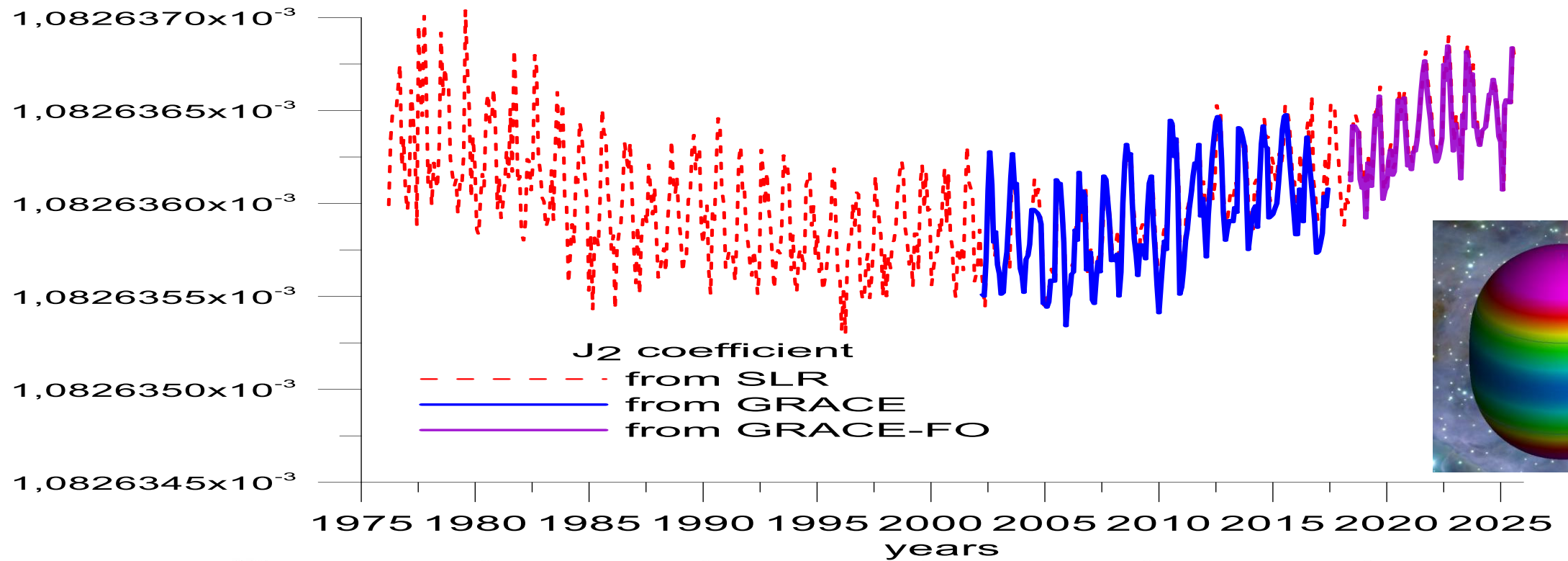
Ослабление сигнала свободной нутации ядра FCN



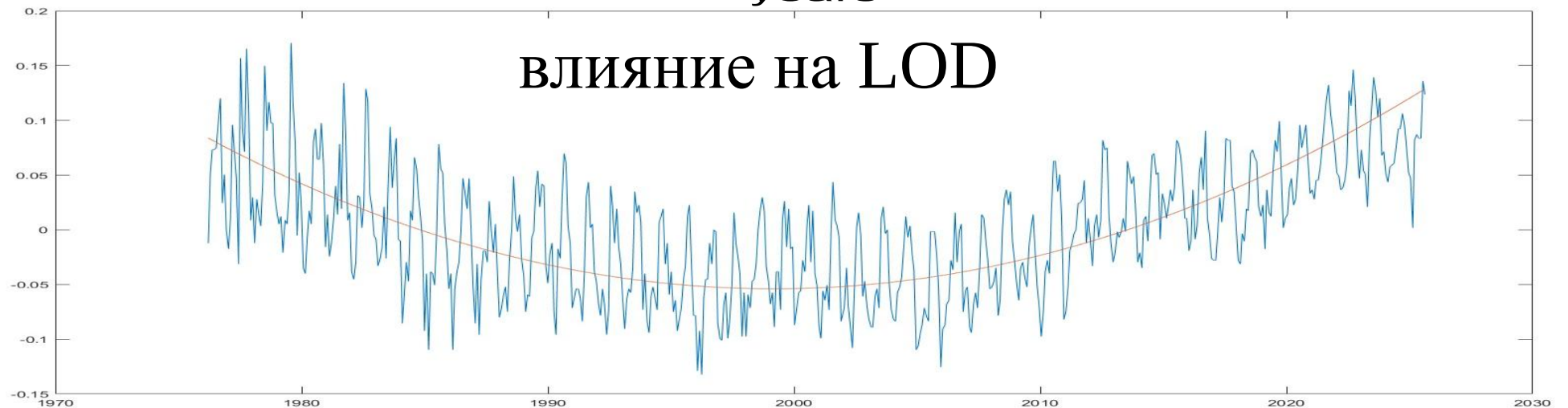
Долговременные изменения длительности суток Length of Day LOD



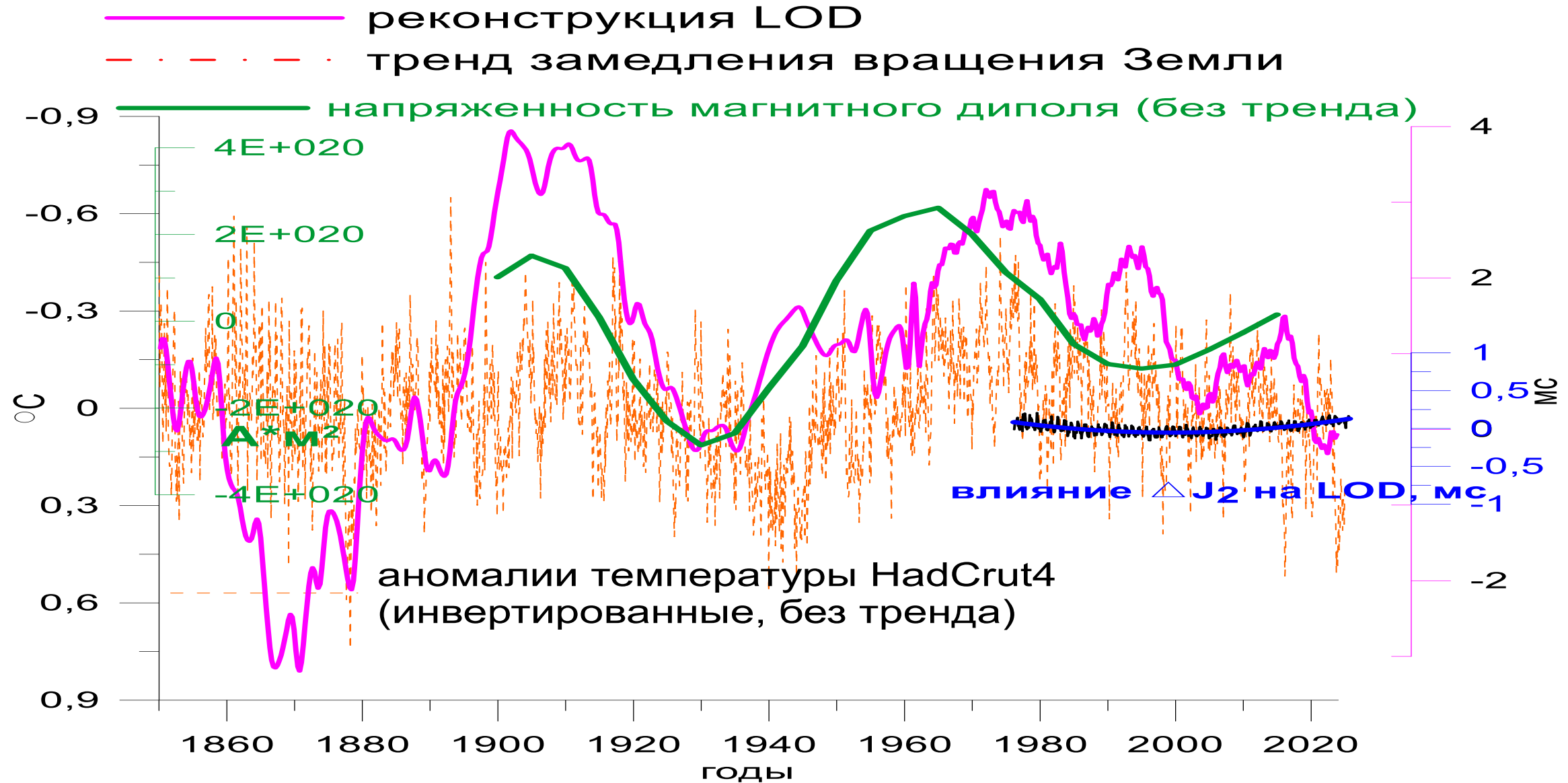
Форм-фактор $J_2 = -\sqrt{5}C_{20}$ по SLR, GRACE, GFO



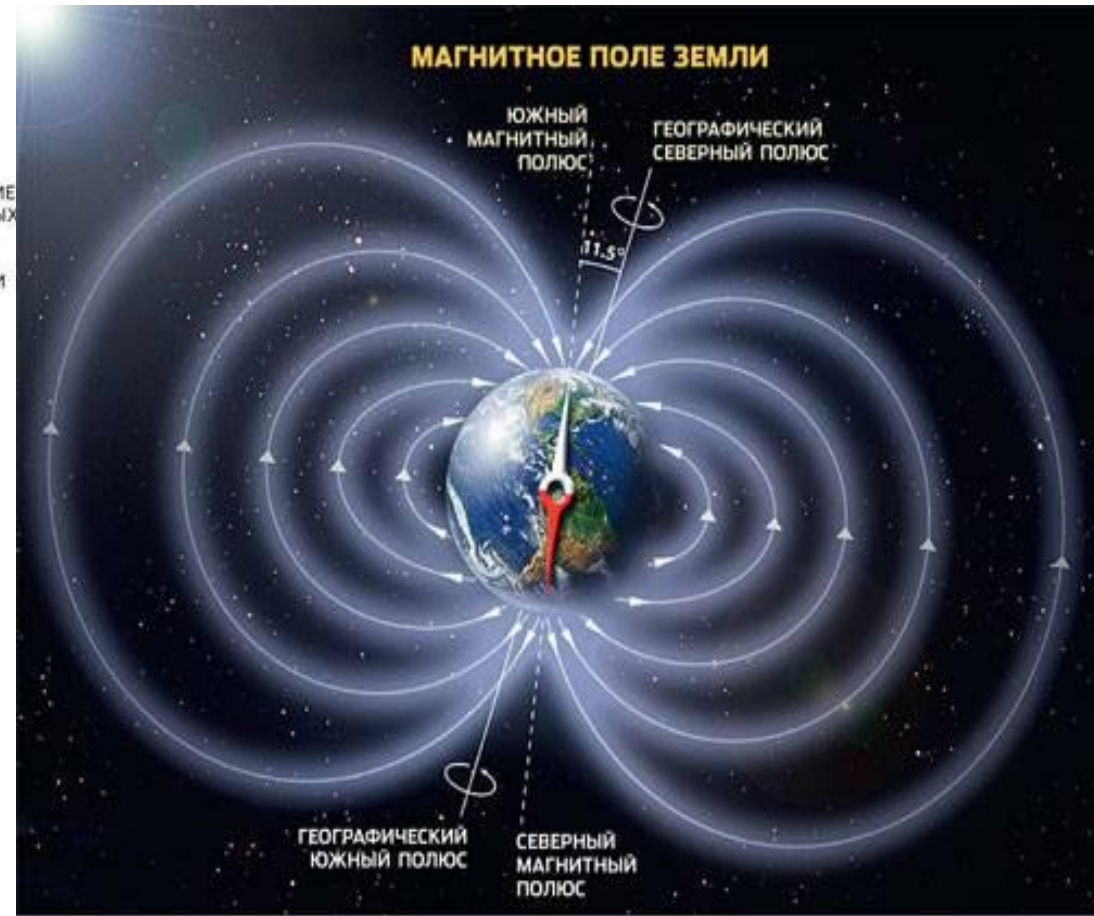
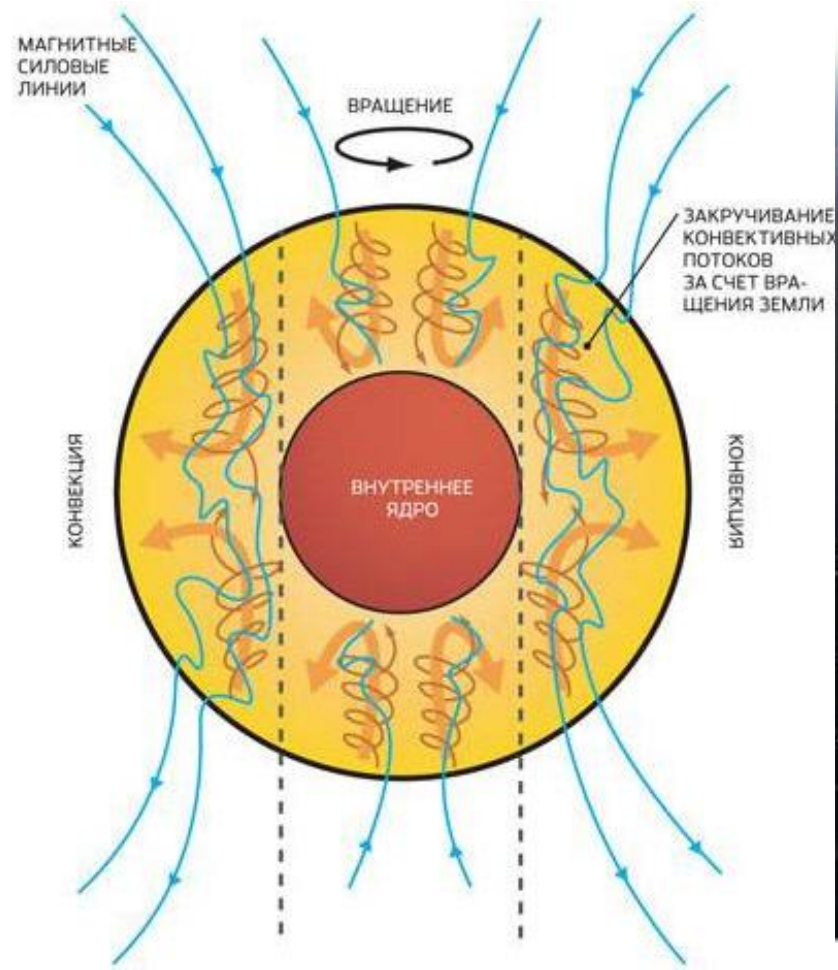
Порядка
 ~ 0.1
миллисекунды



LOD, напряженность магнитного диполя (IGRF 14), аномалия температуры АМО и J_2



Влияние ядра?



Essential Information

Research Interests

Focus on seismology and studies of the Earth's deep interior, including studies of structure and dynamics of the Earth's core and lower most mantle, and lithosphere structure and tectonics of China and east Asia. The research relies primarily on seismic data analyses and seismic imaging with both forward modeling and tomographic inversion approaches with inter-disciplinary and multi-disciplinary collaborations.

nature geoscience

[Explore content](#) ▾ [About the journal](#) ▾ [Publish with us](#) ▾ [Subscribe](#)

[nature](#) > [nature geoscience](#) > [research briefing](#) > article

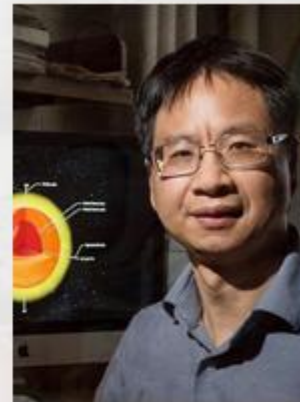
Research Briefing | Published: 23 January 2023

Differential rotation of the Earth's inner core changes over decades and has come to near-halt

[Nature Geoscience](#) **16**, 113–114 (2023) | [Cite this article](#)

3447 Accesses | **3** Citations | **141** Altmetric | [Metrics](#)

i This article has been [updated](#)



Xiaodong Song

SCHOOL OF EARTH AND SPACE
SCIENCES, PEKING UNIVERSITY •

Chair Professor

Office Address :

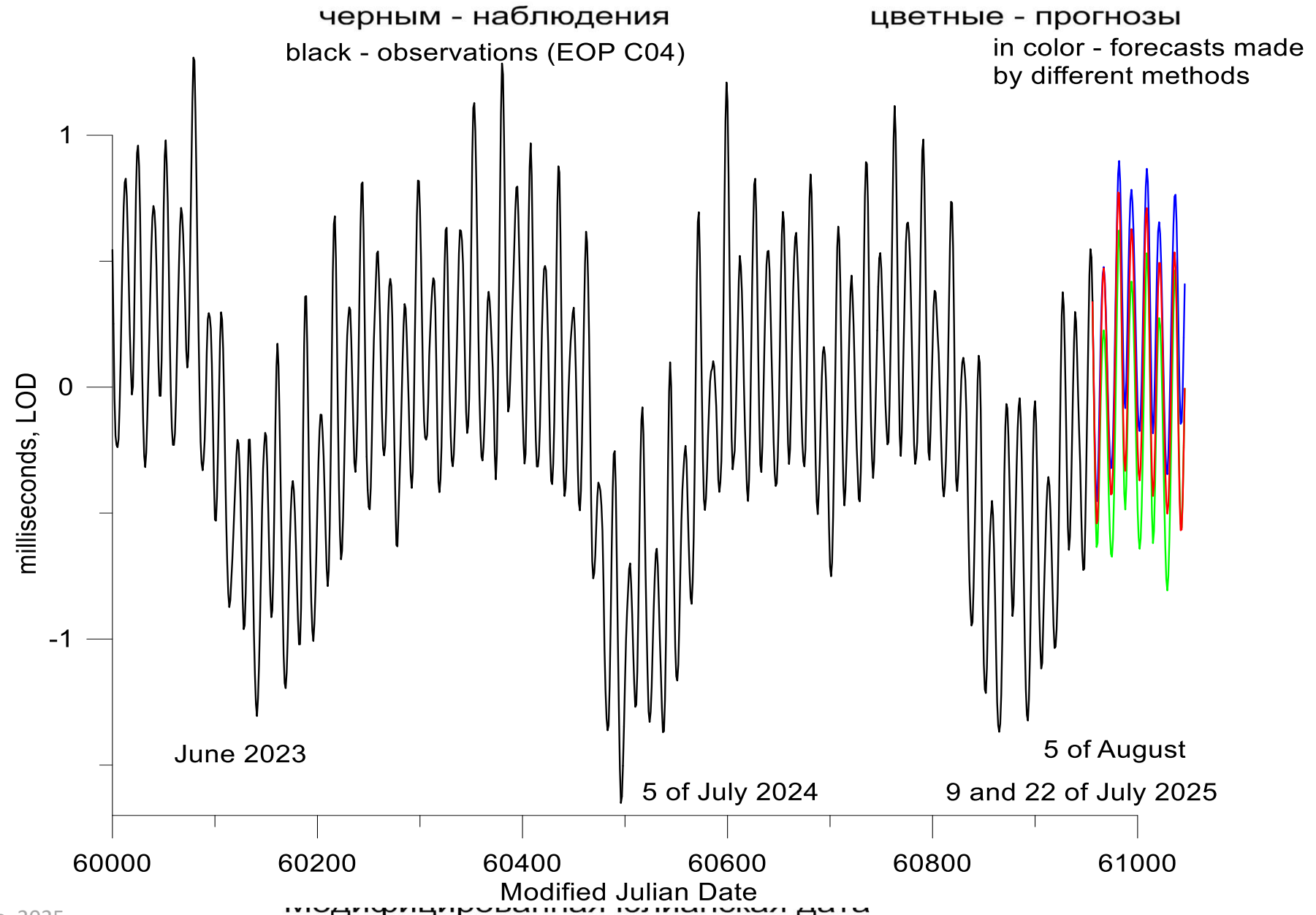
Science Building 2

E-mail :

xdsong@pku.edu.cn



Вращение Земли летом 2025 года



Earth Will Spin Unusually Quickly

Since 2020, Earth has notched up unprecedentedly short days again in 2025 around July 9, July 22, and August 5.



By Graham Jones

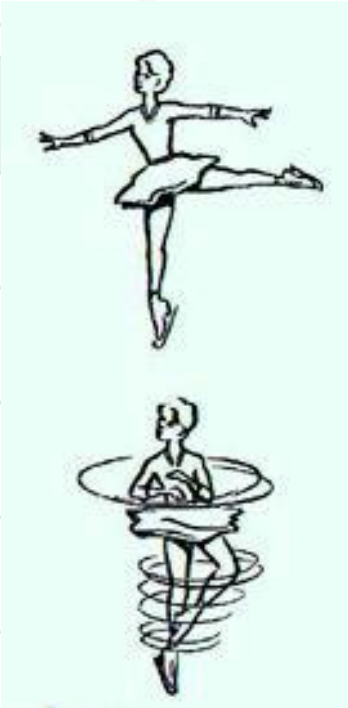
Published 16-Jun-2025. Changed 11-Jul-2025



Latest estimates from mid-August confirm that **the shortest days of 2025** fell around July 9, July 22, and August 5—but were not quite as short as the shortest day of 2024. “It seems Earth has started to decelerate and the most extreme lengths of day have been left in 2024,” notes Leonid Zotov.

Year	Date	Length of Day (LOD)
2025	July 9	-1.34 ms (to be confirmed)
2025	July 10	-1.37 ms (to be confirmed)
2025	July 22	-0.88 ms (to be confirmed)
2025	August 5	-1.31 ms (to be confirmed)
2025	August 6	-1.32 ms (to be confirmed)

Sources: [timeanddate.com](#), [IERS](#), [USNO](#). Estimates are based on observations and models, and include systematic corrections and smoothing. **Date: August 13, 2025.**



BREAKING | INNOVATION > SCIENCE

Get Ready For Began As Ear

By Jamie Carter, Senior Contributor. (

Published Jun 20, 2025, 05:00am EDT, Update

[Share](#) [Save](#) [Comment 1](#)

TOPLINE

Earth could be about to record its 1
faster than at any point since recor
shortest day. Last year, the shortes
close to this again on or close to Ju



The New York Times

Earth Is Spinning Faster and Getting Shorter, for Now

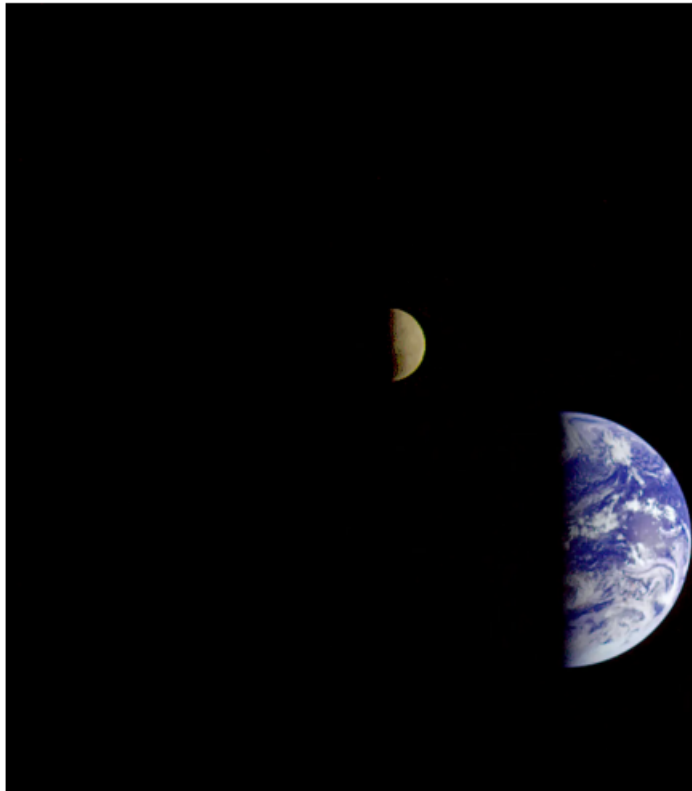
The planet's rotation fluctuates as it travels arou
measurements suggest we're losing more than a
during the long days of summer.



Listen to this article · 4:56 min [Learn more](#)



Share full article



ELLE

Home > Culture > Culture News

JULY 14, 2025

Earth Just Had One Of The Shortest Days Ever And More Are Coming

We're in a spin



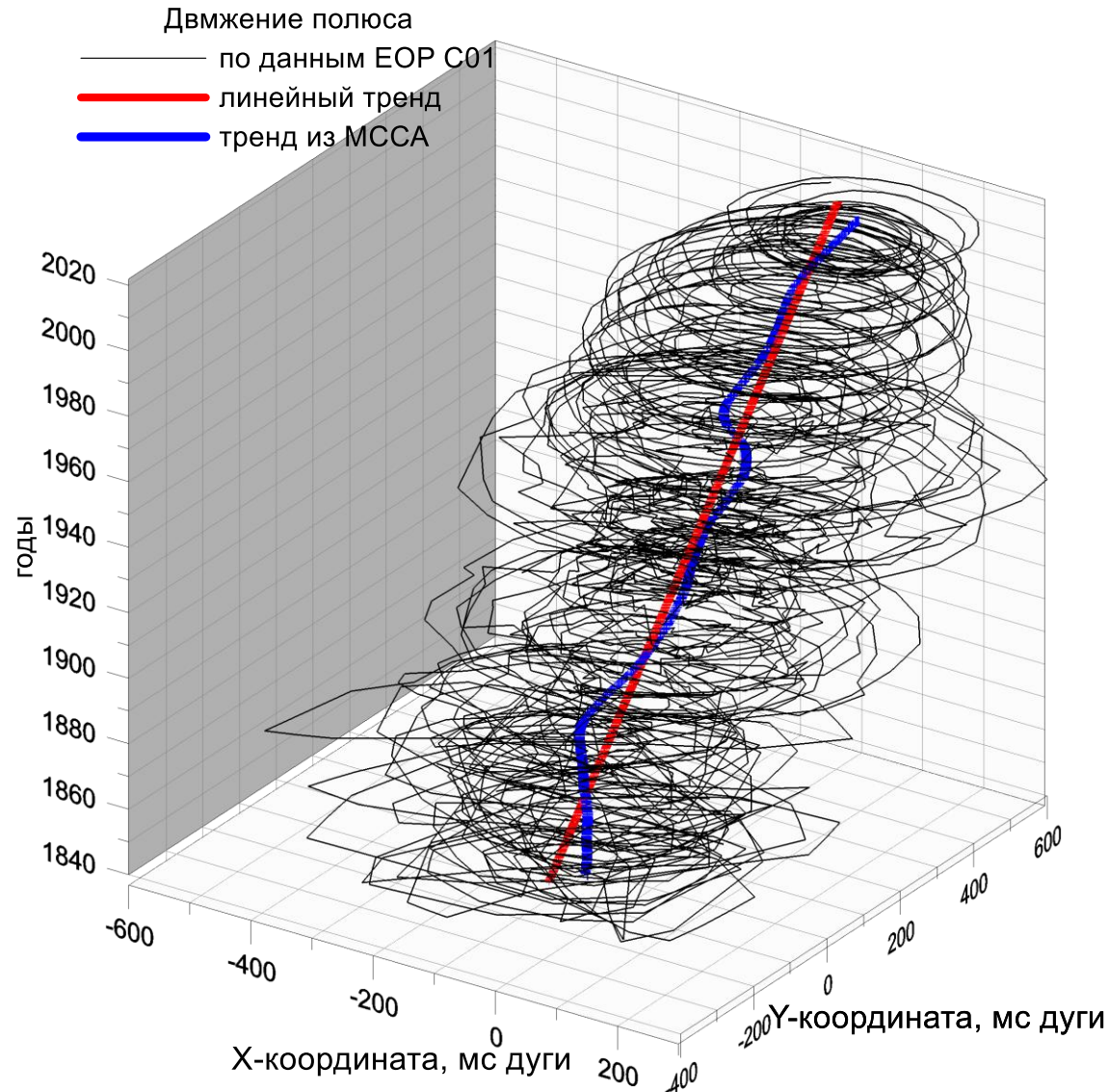
Ruby Feneley

 PRINT

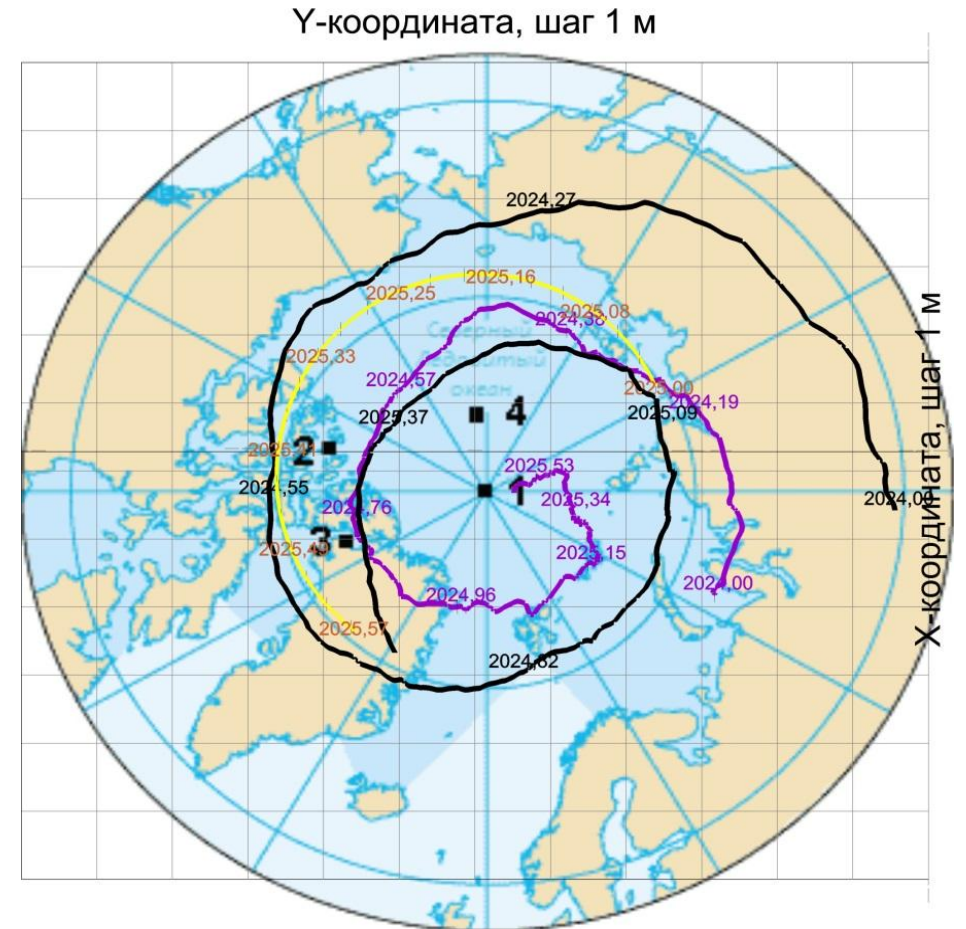


Image: Getty

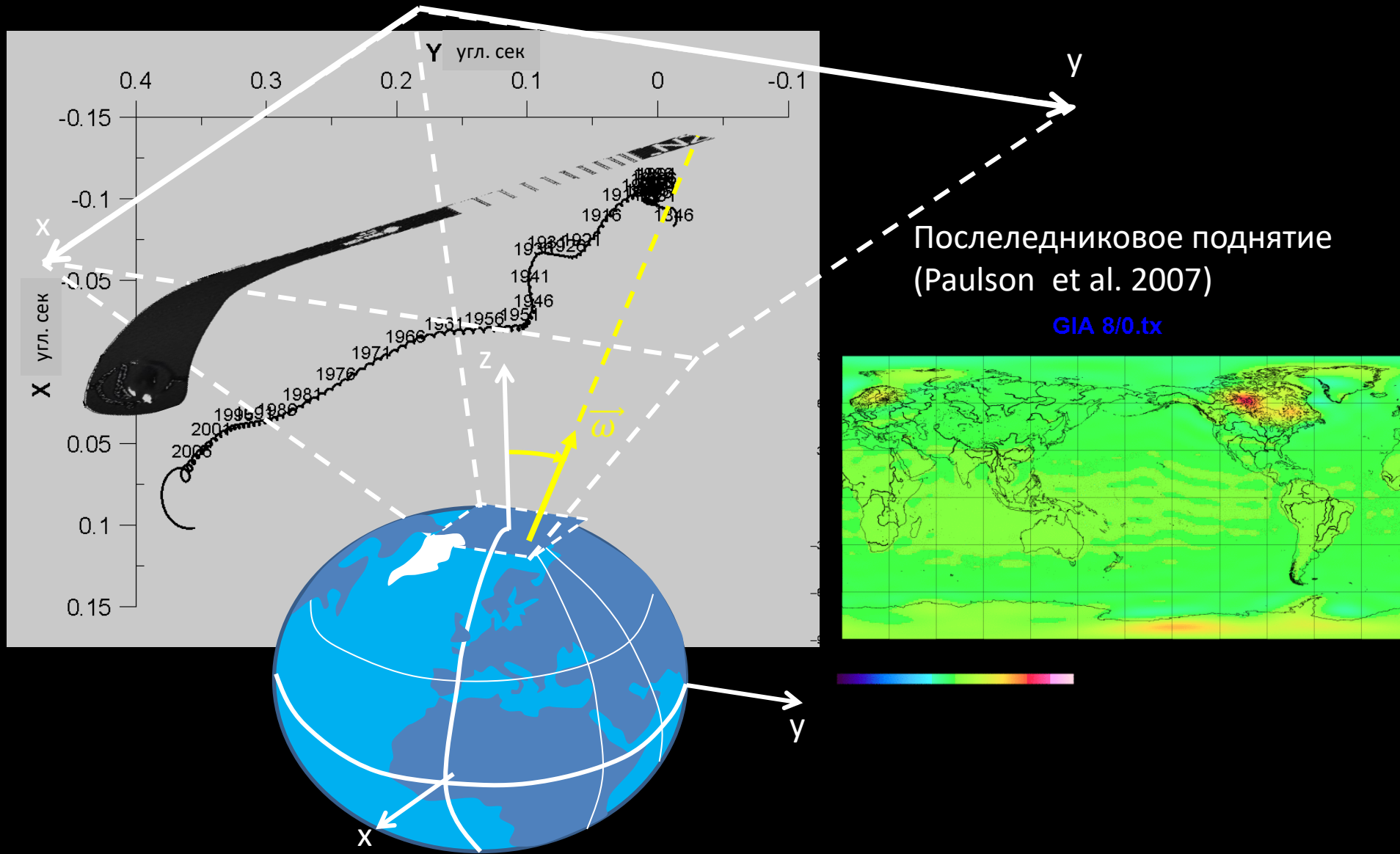
Движение полюса с 1846 по 2025 из бюллетеня EOP C01



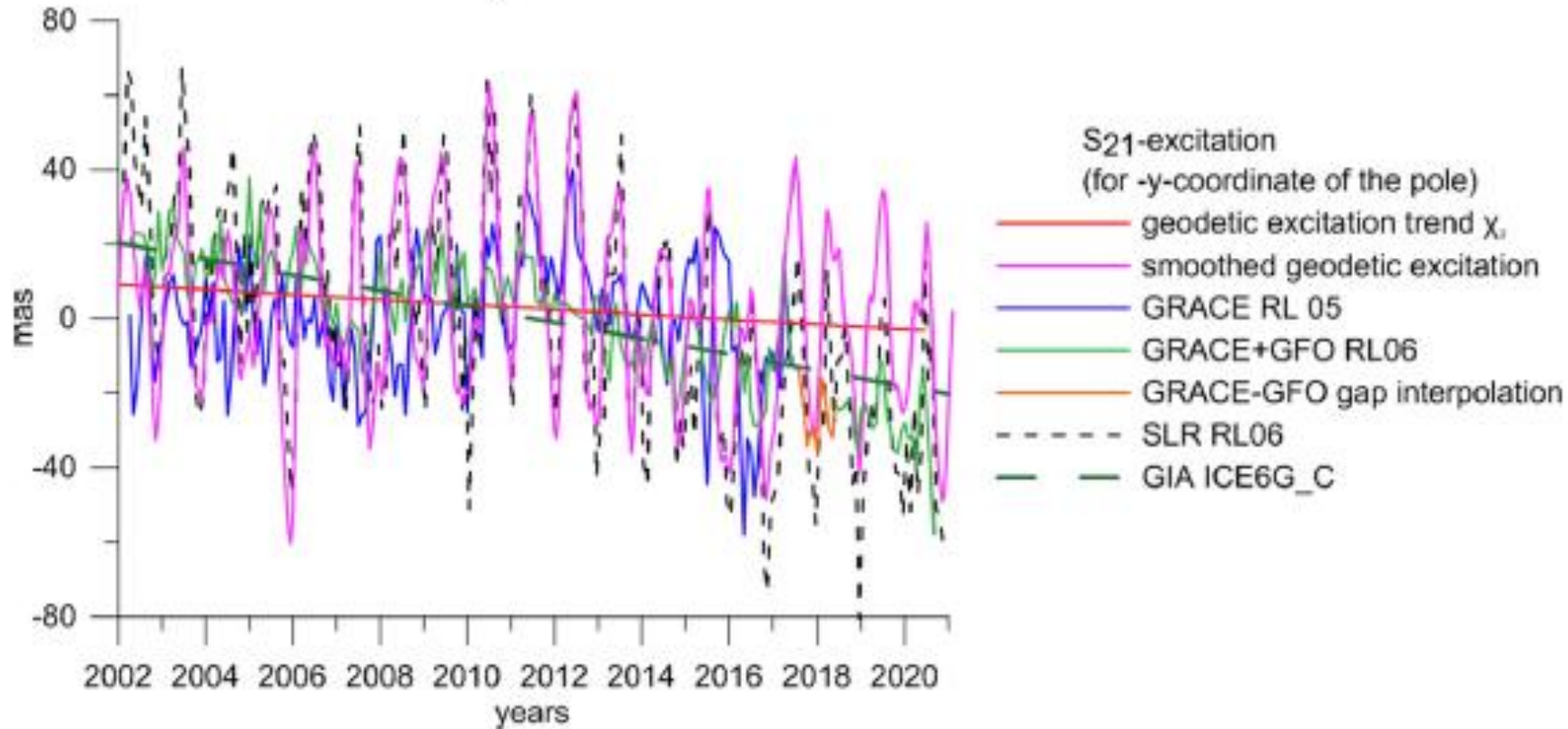
- Движение полюса
- по данным EOP C01
 - Чандлеровское колебание
 - + ДП за вычетом годового колебания
 - + годовое колебание



Тренд движения полюса и последледниковое поднятие



Согласие коэффициентов S_{21} по SLR и GRACE с трендами движения полюса



Климатологическое перераспределение масс ответственно за дрейф полюса.

Leonid Zotov, Christian Bizouard, C.K. Shum, Vera Zinovieva, Analysis of the Second Degree Stokes Coefficients of Geopotential and Earth Rotation Trends, AIP proceedings & EGU-2018

Авторам ▼

Рецензентам ▼

Редакторам

Поиск

Статья

Аномалии чандлеровского колебания полюса в 2010-е годы

Л. В. Зотов, Н. С. Сидоренков², К. Ж. Бизуар³

Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон. 2022. № 3. С. 64

Balasis, 2023

The First-time Absence of the Chandler Wobble since 2015 and its Implications for Excitation Processes

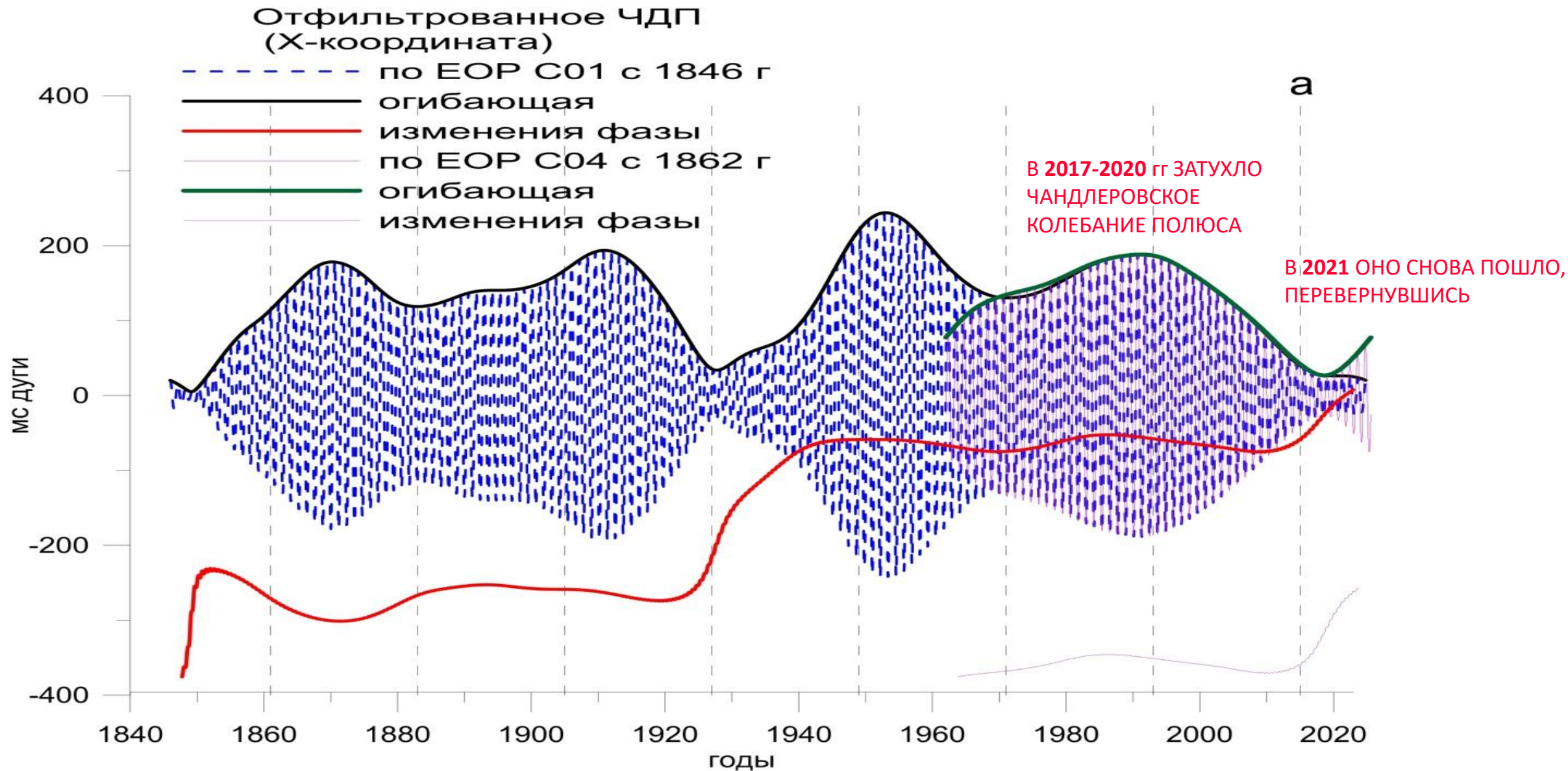
Ryuji Yamaguchi (✉ jiktm@eis.hokudai.ac.jp)

Hokkaido University: Hokkaido Daigaku <https://orcid.org/0000-0001-5210-9428>

Masato Furuya

Hokkaido University: Hokkaido Daigaku

Чандлеровское колебание с 1846 по 2025 и его фаза



Динамическая модель вращения Земли

$$\frac{i}{\sigma_c} \frac{dp(t)}{dt} + p(t) = \chi(t)$$

$$p = p_1 + ip_2$$

$$\chi = \chi_{mass} + \chi_{motion}$$

$$\sigma_c = 2\pi f_c(1 + i/2Q)$$

$$f_c = \frac{1}{433} \text{ с}^{-1} \quad Q = 100$$

Во временной области

$$\frac{-\omega \hat{p}(\omega)}{\sigma_c} + \hat{p}(\omega) = \hat{\chi}(\omega)$$

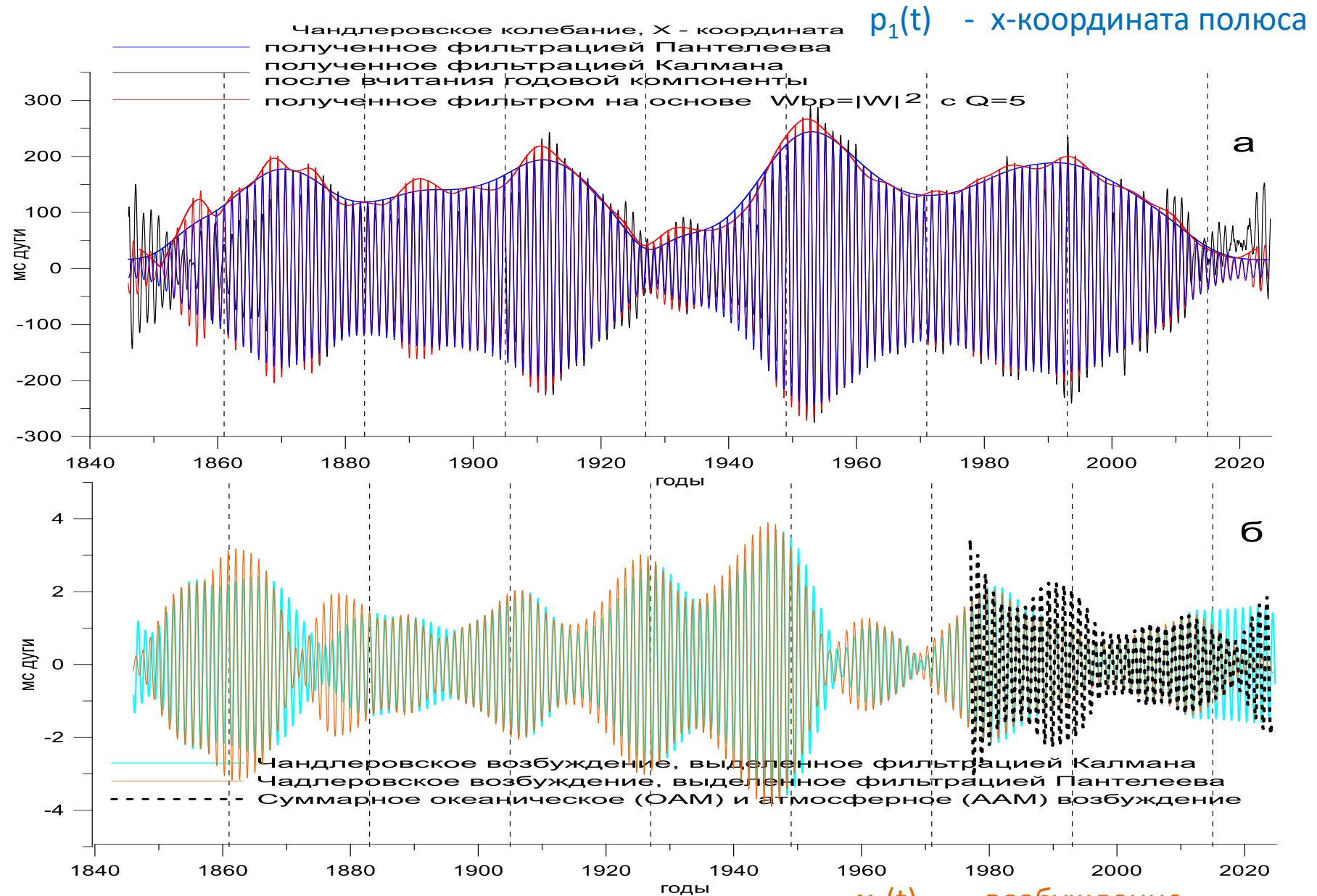
$$\frac{\sigma_c - \omega}{\sigma_c} \hat{p}(\omega) = \hat{\chi}(\omega)$$

$$\hat{p}(\omega) = W(\omega) \hat{\chi}(\omega)$$

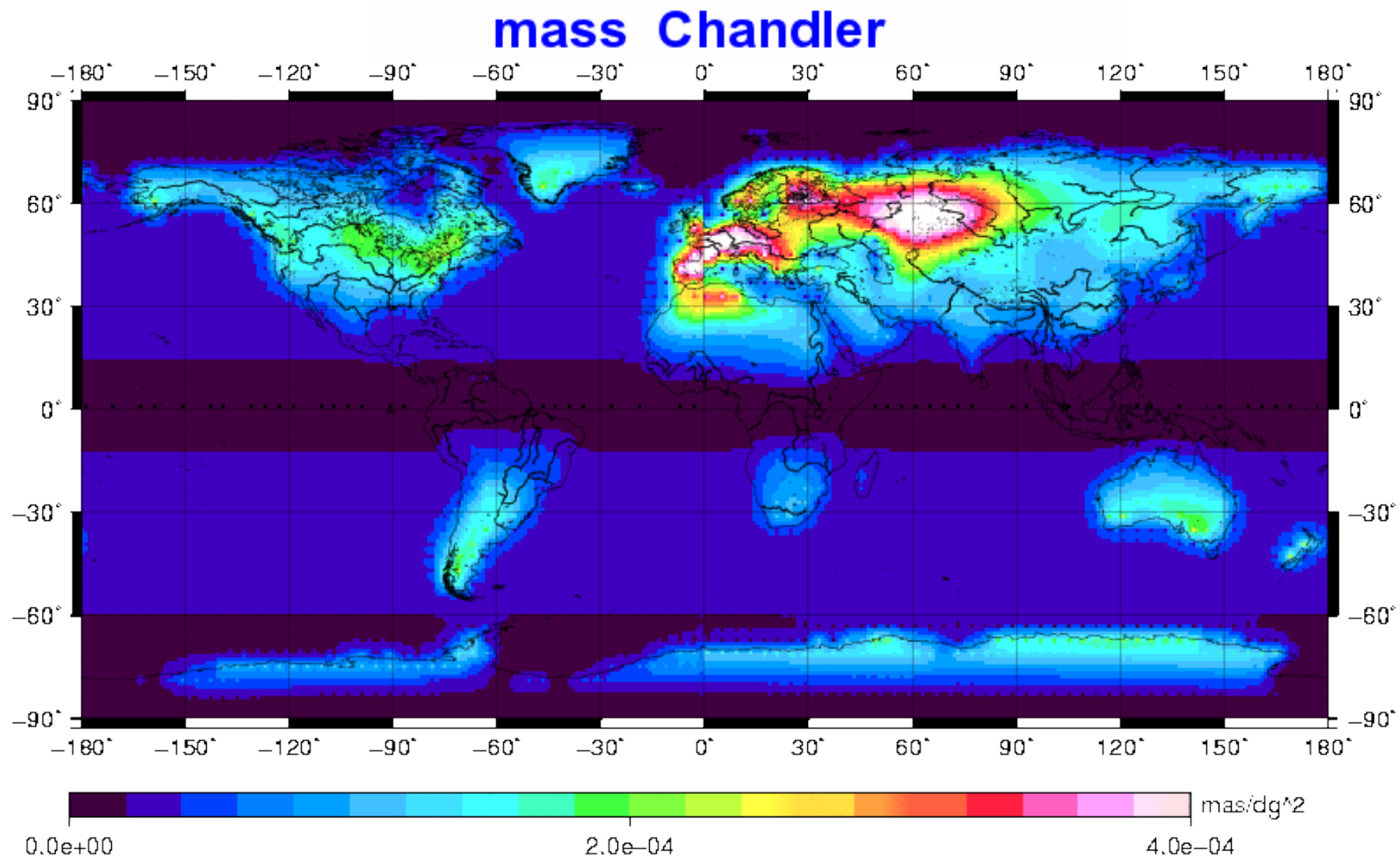
$$W(\omega) = \frac{\sigma_c}{\sigma_c - \omega}$$

В частотной области

Чандлеровское колебание p и его возбуждение χ

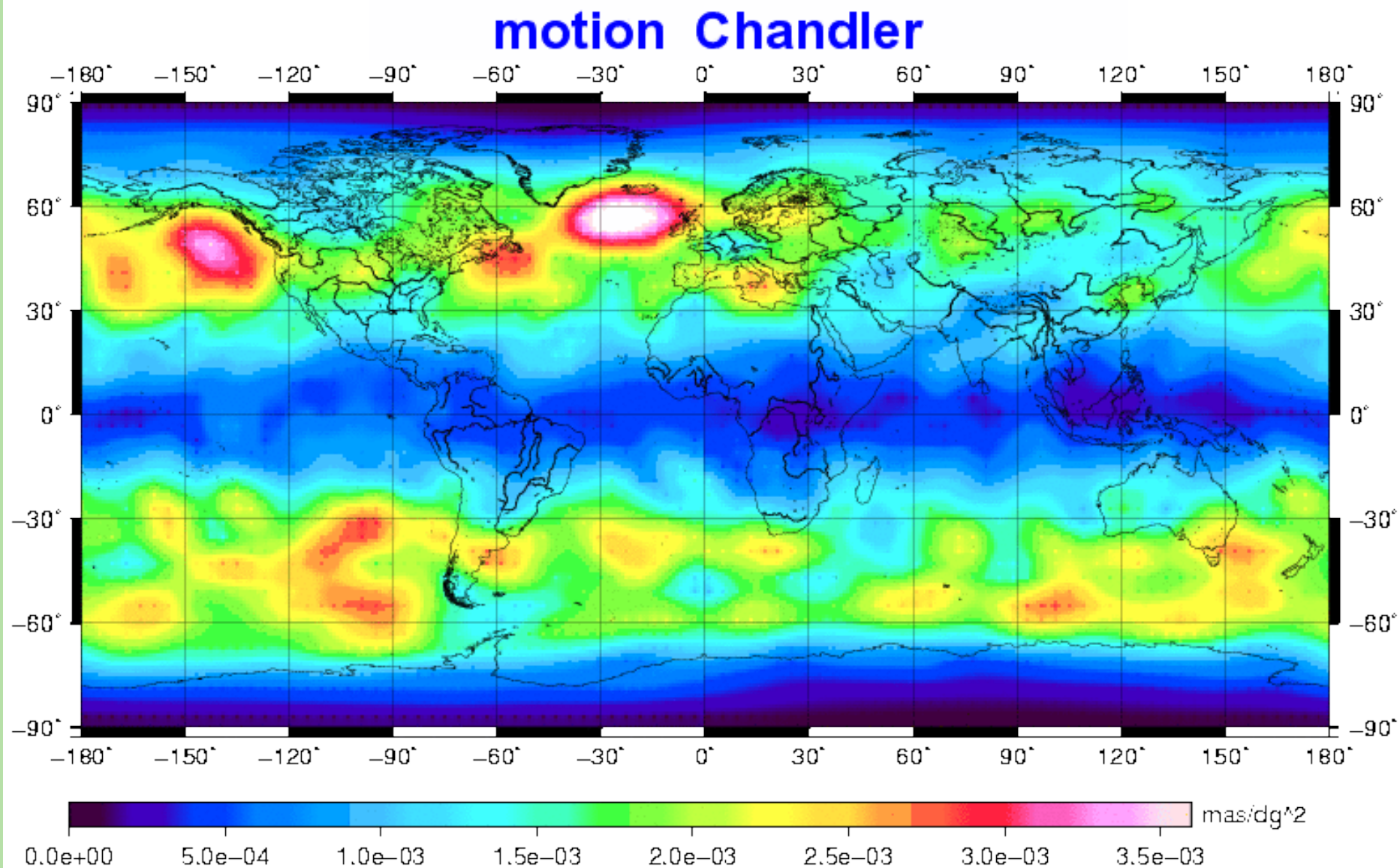


МОДУЛЬ МЕРИДИОНАЛЬНОГО МОМЕНТА ИМПУЛЬСА АТМОСФЕРЫ
ААМ В ЧАНДЛЕРОВСКОМ ДИАПАЗОНЕ ЕСМWF ДАВЛЕНИЕ



processed by L. Zotov

МОДУЛЬ МЕРИДИОНАЛЬНОГО МОМЕНТА ИМПУЛЬСА АТМОСФЕРЫ ААМ В ЧАНДЛЕРОВСКОМ ДИАПАЗОНЕ ЕСМWF ВЕТЕР



Чандлеровское колебание p , его возбуждение χ и числа Вольфа

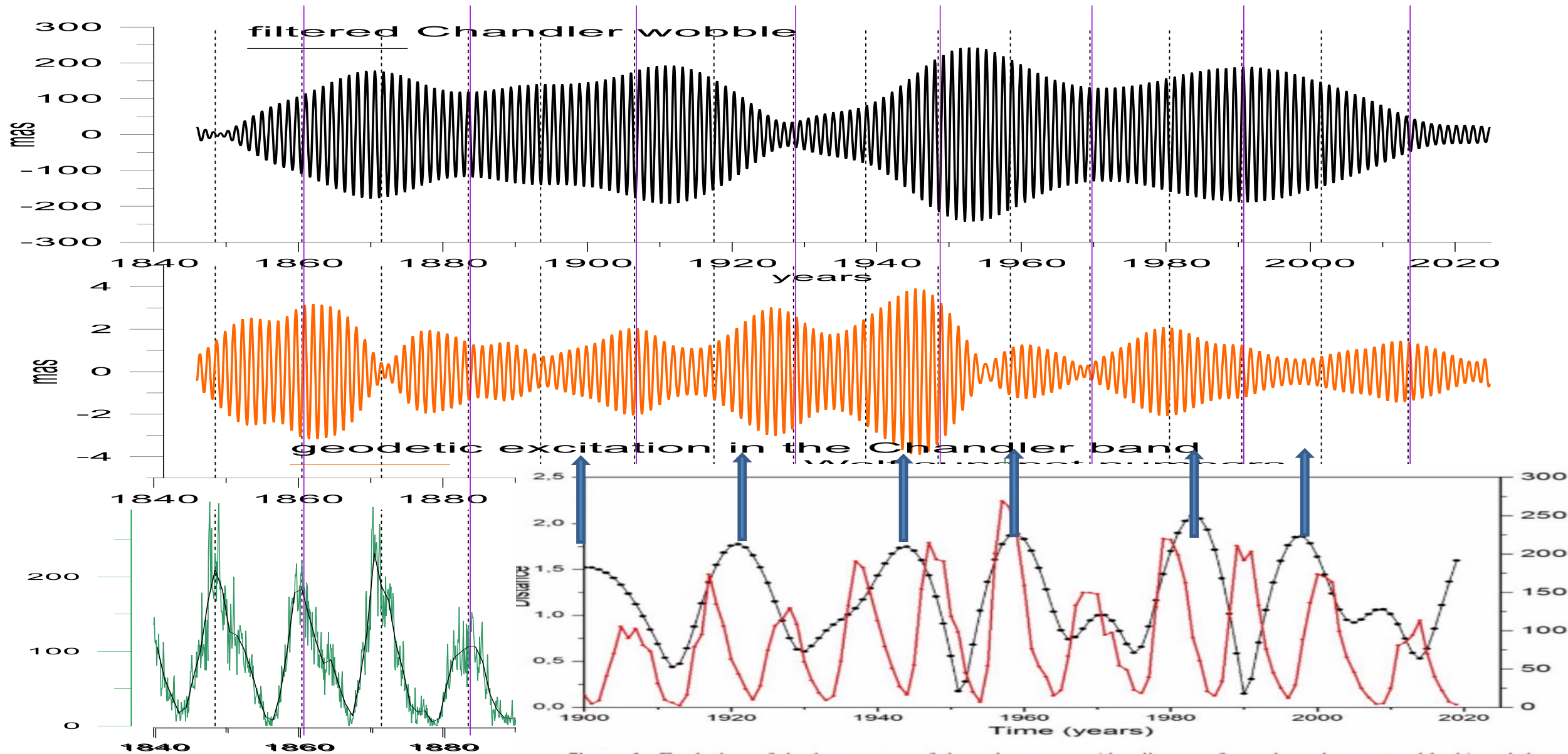
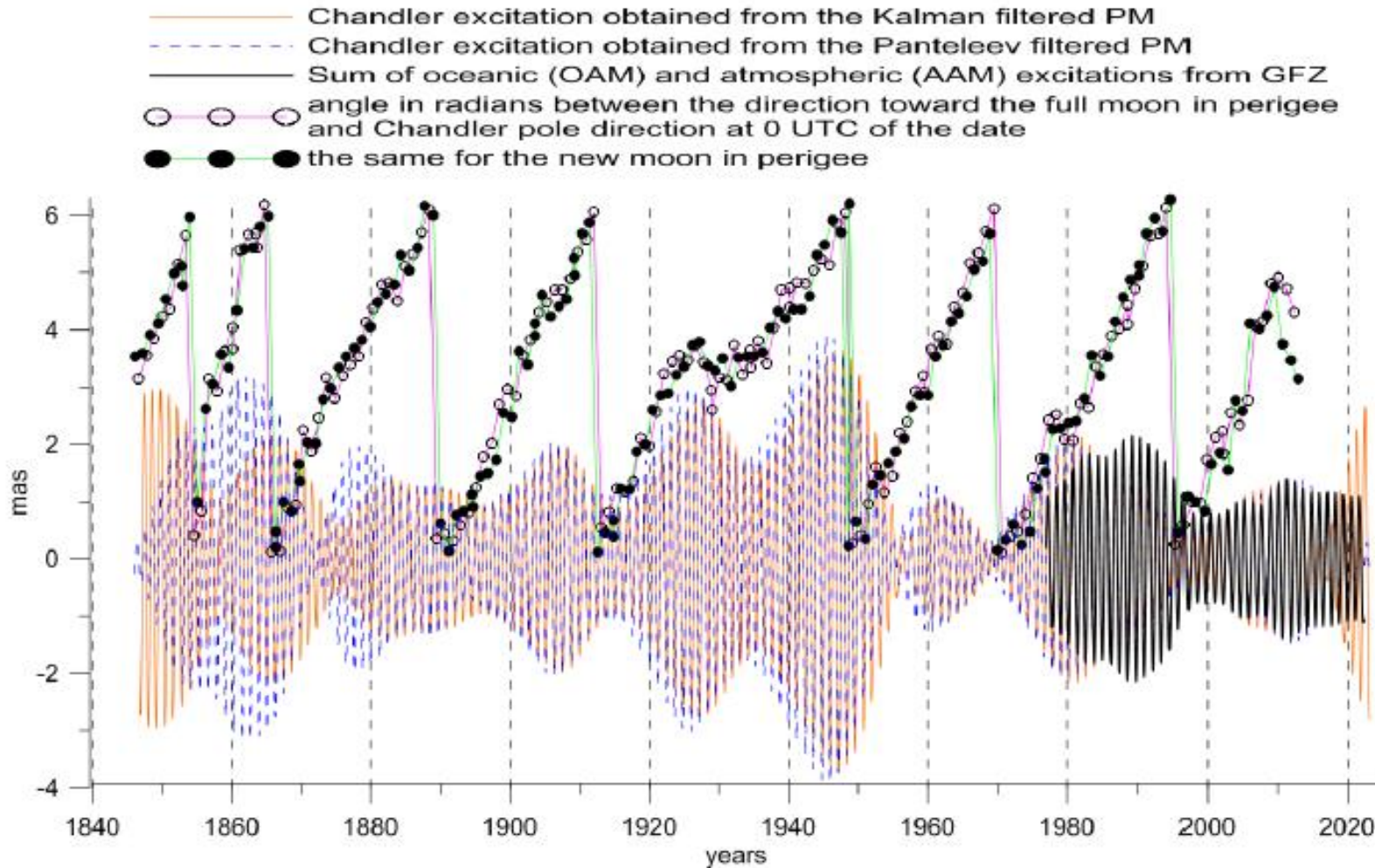


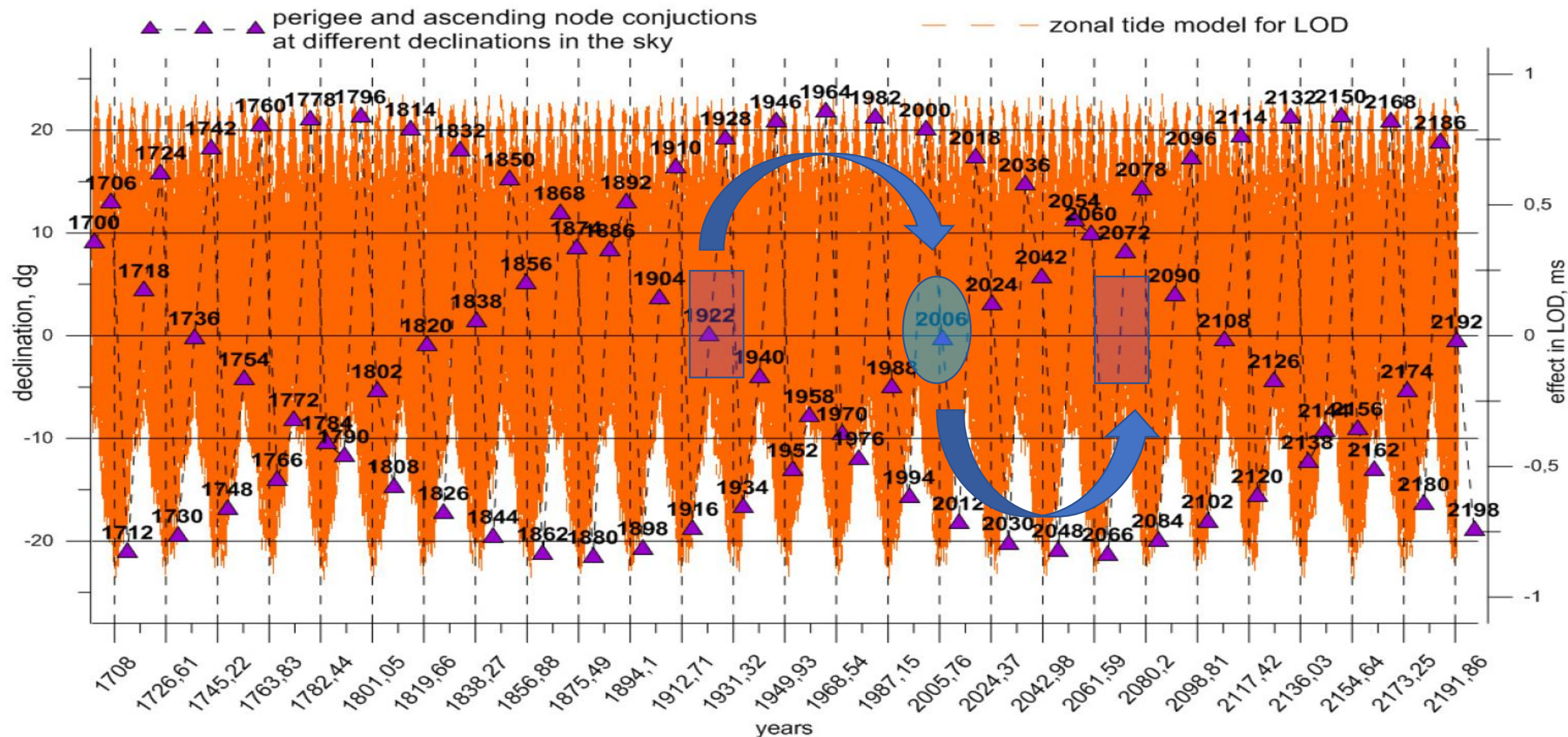
Figure 1 Evolution of the barycenter of the solar system (the distance from the solar center, black) and the sunspot number (SSN, red) from 1900. Обридо Владимир Нухимович и др, 2024

Отставание ЧДП от 412-суточного цикла больших полнолуний

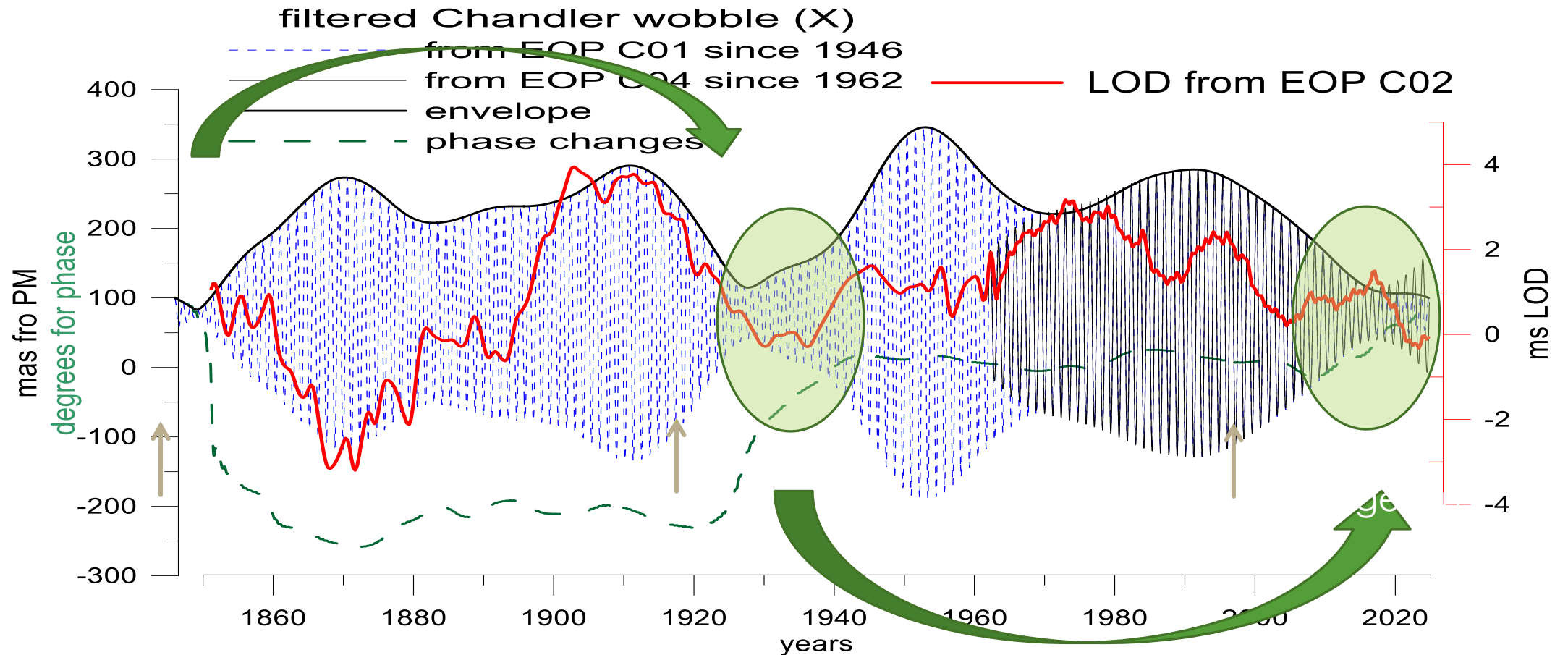
$$\frac{1}{411.7} - \frac{1}{\text{от } 431 \text{ до } 434} \approx \frac{1}{\text{от } 25 \text{ до } 21 \text{ года}}$$



Встречи перигея и узла каждые 6 лет и их склонения



Случайно ли то, что исчезновения Чандлеровского колебания и экстремумы LOD произошли синхронно?



Zotov L., N. Sidorenkov, Ch. Bizouard, Earth rotation variations and the Moon apsidal-nodal effects, A. Kostrov et al.(eds.), Problems of Geocosmos, Springer, 2025, in press, https://doi.org/10.1007/978-3-031-92928-1_21

Выводы

- в 2020-е годы ряд параметров вращения Земли проявил аномальное поведение: декадное ускорение вращения Земли совпало с затуханием Чандлеровского колебания полюса
- данные космической гравиметрии по первым коэффициентам гравитационного поля Земли – сжатию J_2 и асимметрий C_{21} , S_{21} помогают определить вклад перераспределений масс в аномалии вращении Земли
- массовая компонента по данным GRACE и GRACE-FO хорошо объясняет дрейф полюса (C_{21} , S_{21}), но не может на основе J_2 объяснить аномалии ускорения вращения Земли и исчезновение Чандлеровского колебания
- Есть климатические циклы, такие как Многолетнее атлантическое колебание и Эль Ниньо, проявляющие аномалии в эти же эпохи

Спасибо за внимание!



