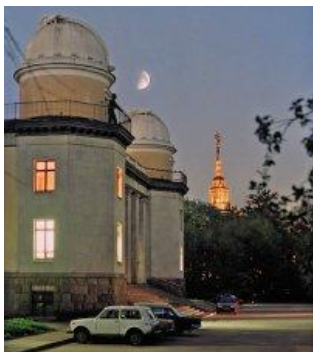


Особенности вращения Земли и Эль-Ниньо Южного колебания в 2020-е годы

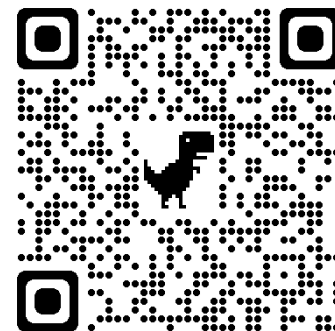
Зотов Леонид Валентинович^{1,4}
Марчукова Олеся Владимировна²
Сидоренков Николай Сергеевич³
Чуйкова Надежда Алексеевна¹
Максимова Татьяна Геннадьевна¹

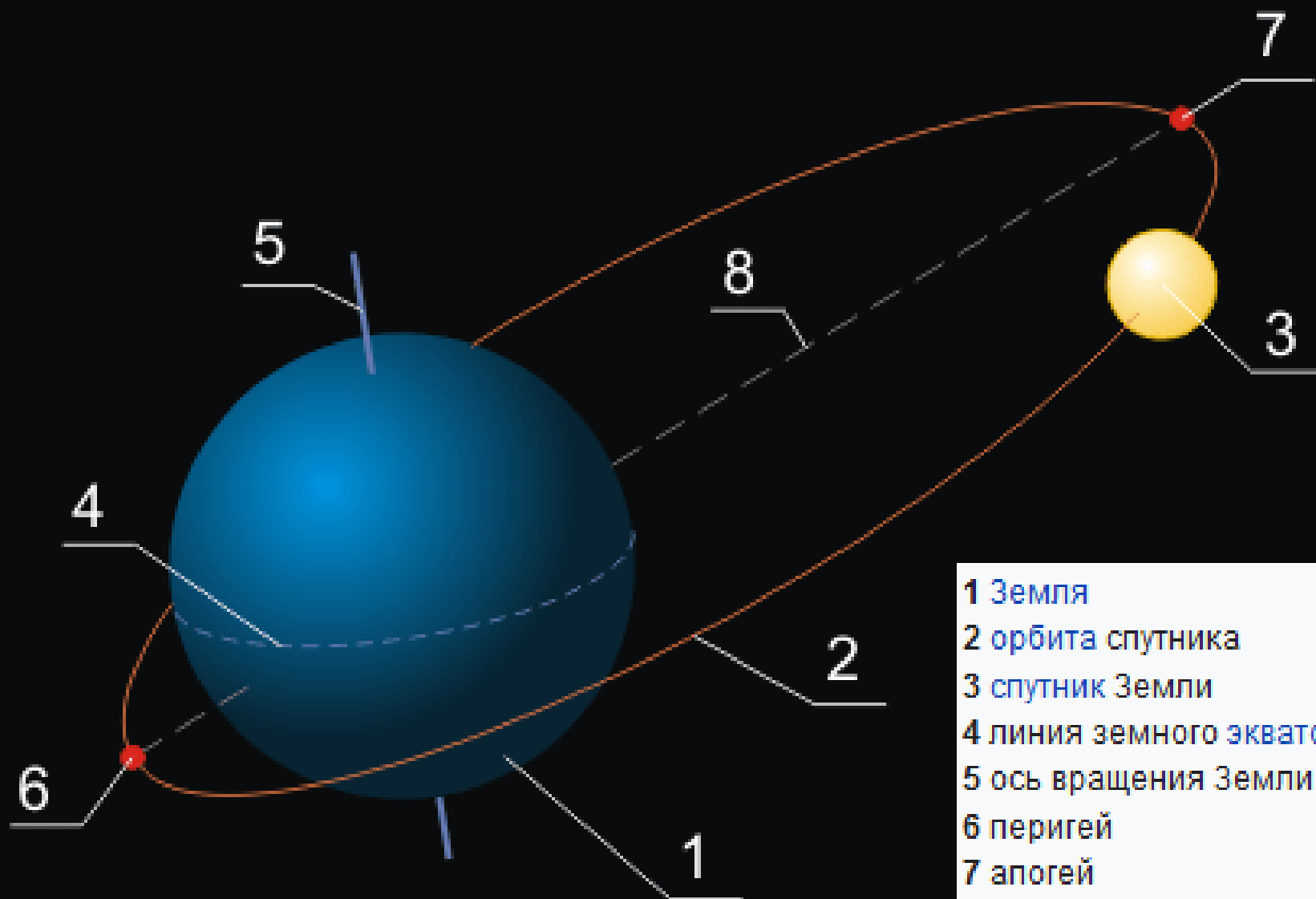
¹ГАИШ МГУ ²ТюмГУ ³Гидрометцентр РФ ⁴МИЭМ НИУ ВШЭ



Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Институт физики Земли им.
О. Ю. Шмидта Российской
академии наук (ИФЗ РАН) —

Москва
31 января 2024 г.





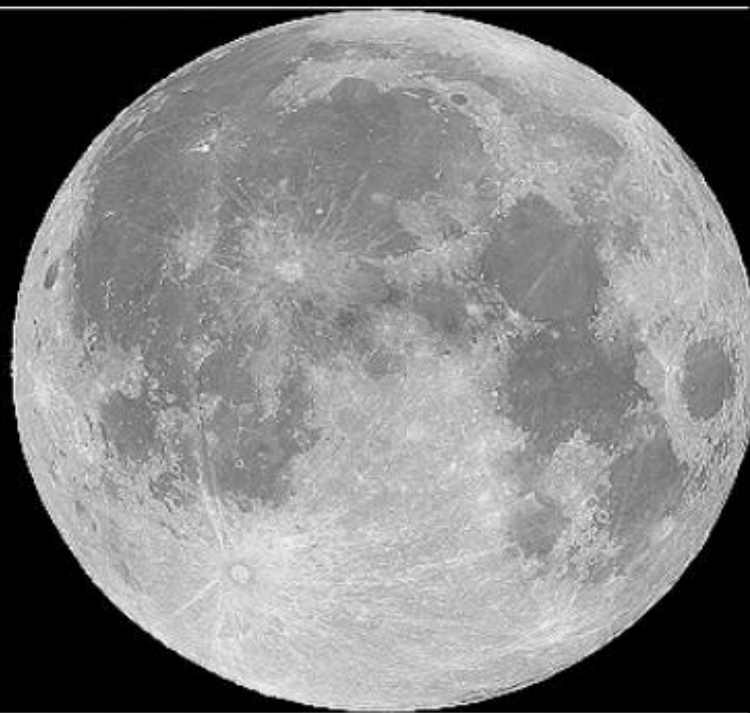
- 1 Земля
- 2 орбита спутника
- 3 спутник Земли
- 4 линия земного экватора
- 5 ось вращения Земли
- 6 перигей
- 7 апогей
- 8 линия апсид

Апогей



24 марта 2024 г
406252 км

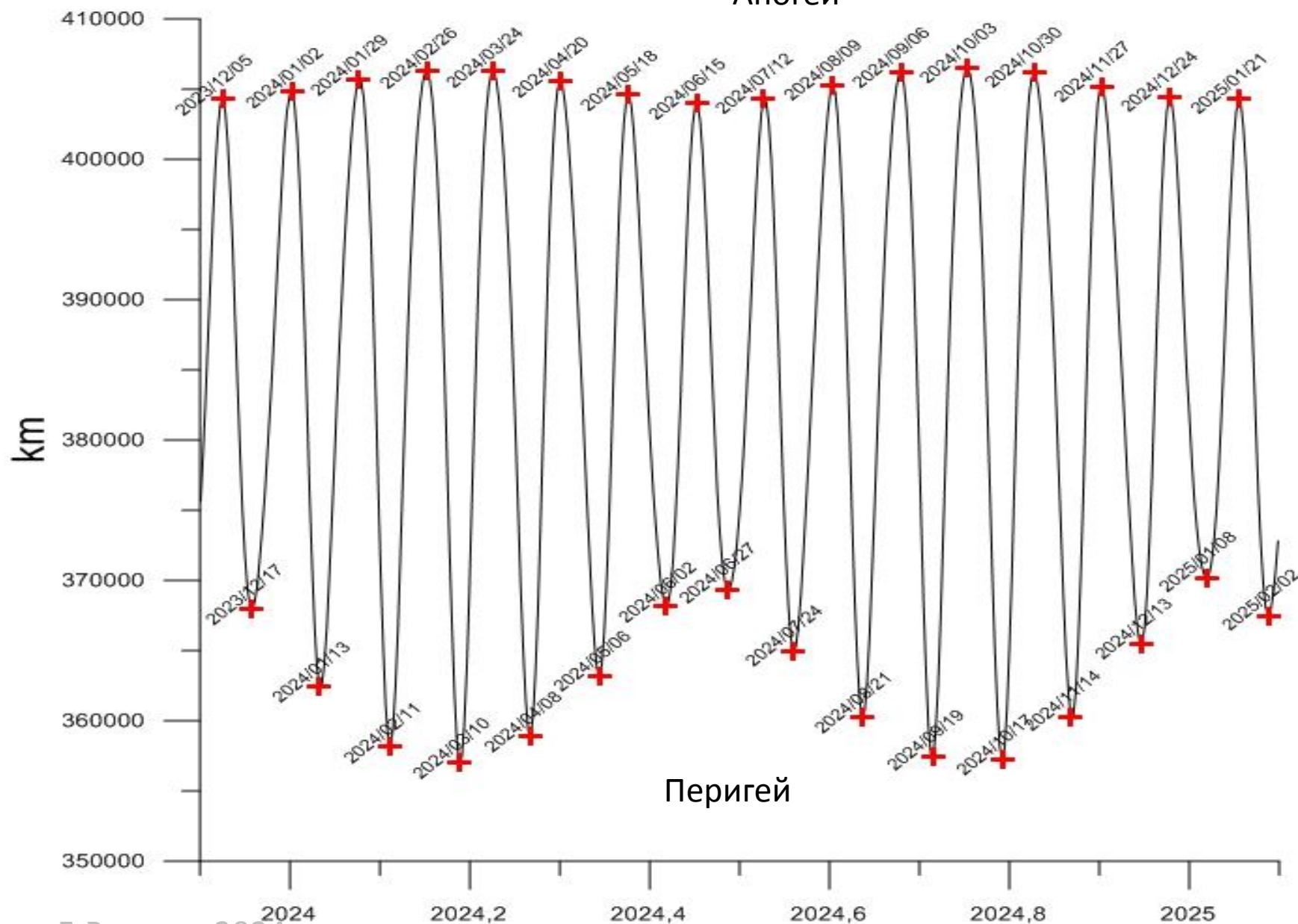
Перигей



8 апреля 2024 г
358910 тыс км

Расстояние до Луны

Апогей



Обстоятельства землетрясений в Турции 6 февраля 2023 года

Сизигийный прилив
(луна в полнолунии,
хотя и почти в апогее).

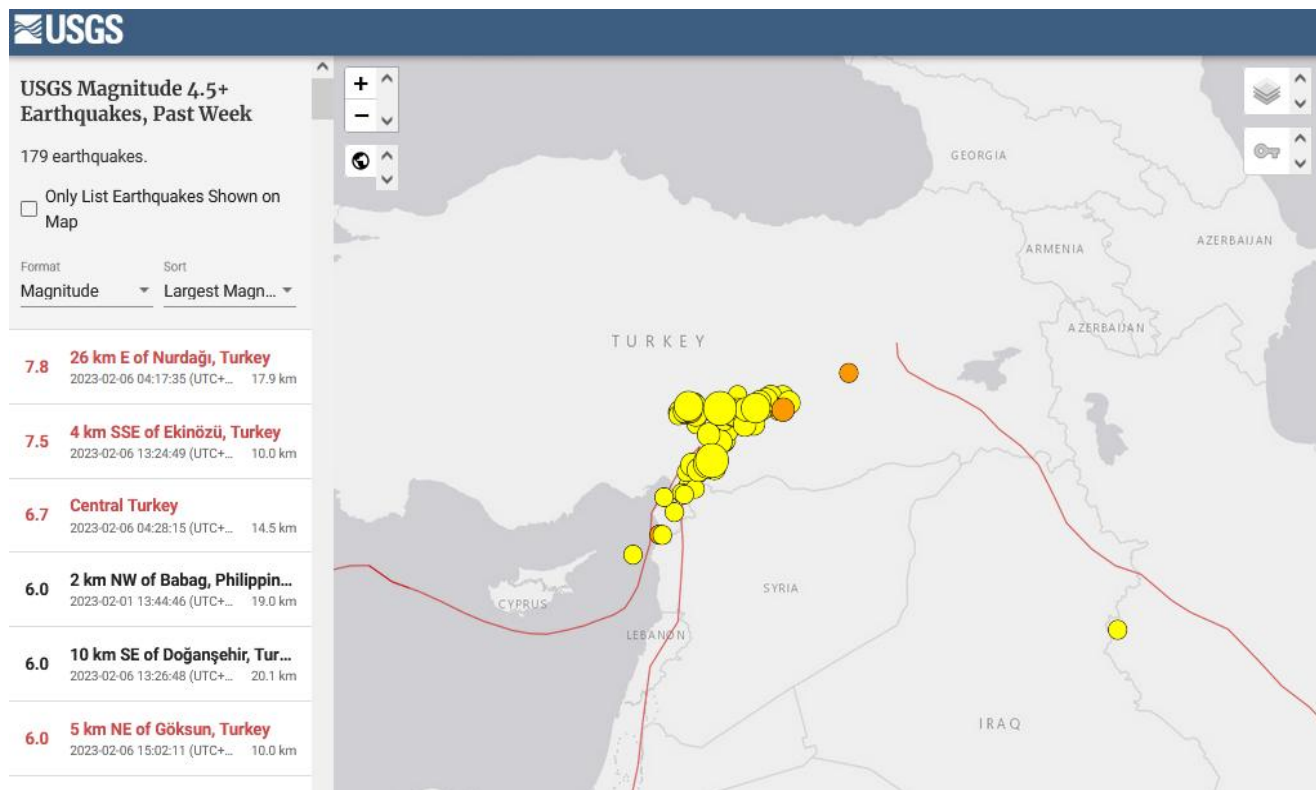
Кульминация Луны
(прохождение через меридиан
на максимальной высоте
в 1:00 ночи)

Нижняя кульминация с севера
под горизонтом в 13:20
Солнце пересекало меридиан
на 15 мин раньше.

Долгота 37° В.Д.
г. Газиантеп, UTC+3 .



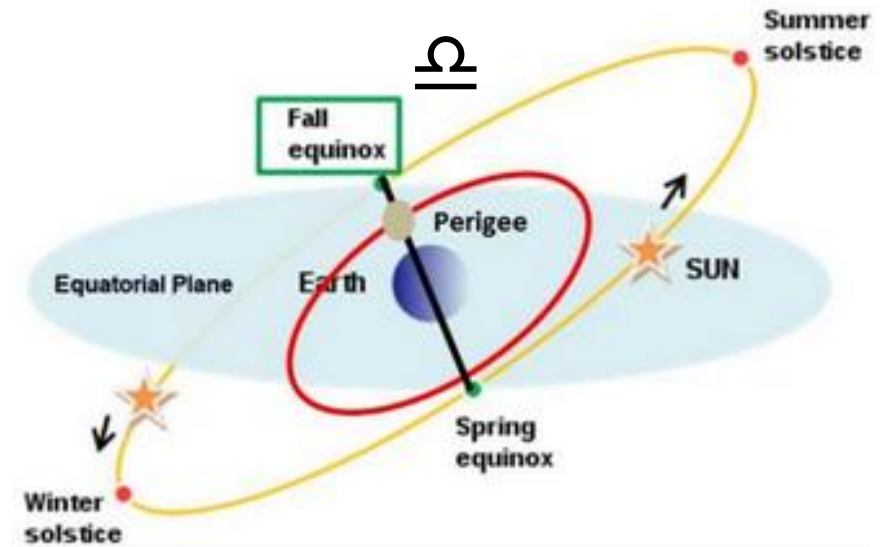
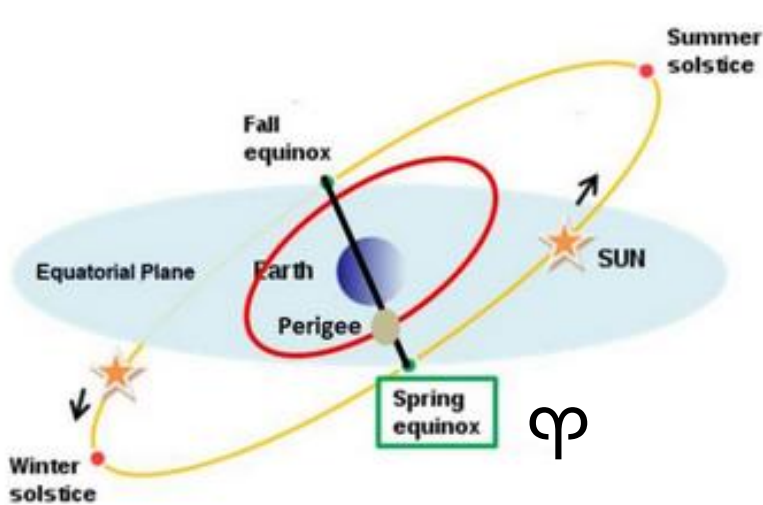
Время основных толчков
4:17 магнитуда 7.8 глубина 17.9 км
13:24 магнитуда 7.5 глубина 10 км



A Luni-Solar Connection to Weather and Climate

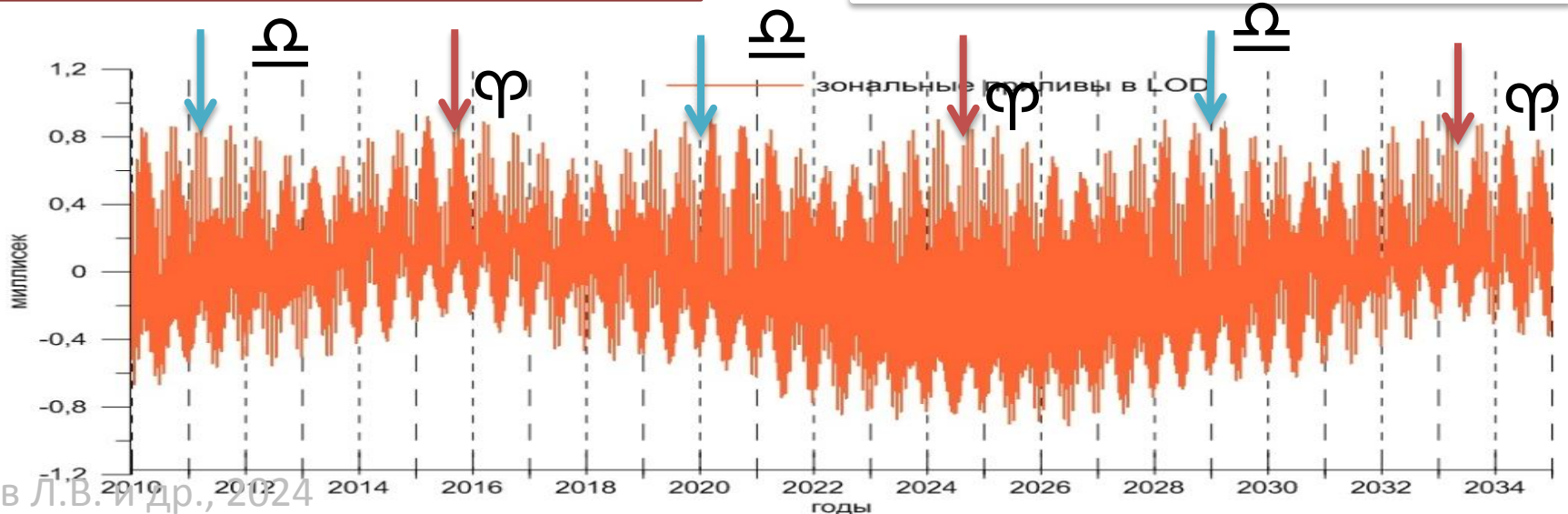
II: Extreme Perigean New/Full Moons and El Niño Events

Ian R.G. Wilson*¹ and Nikolay S. Sidorenkov²



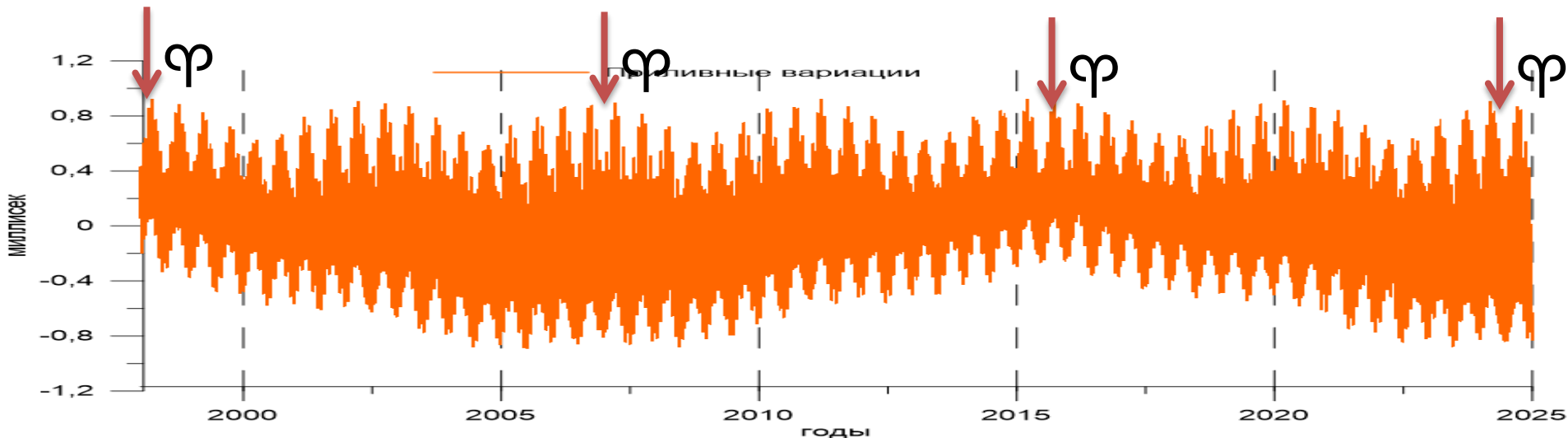
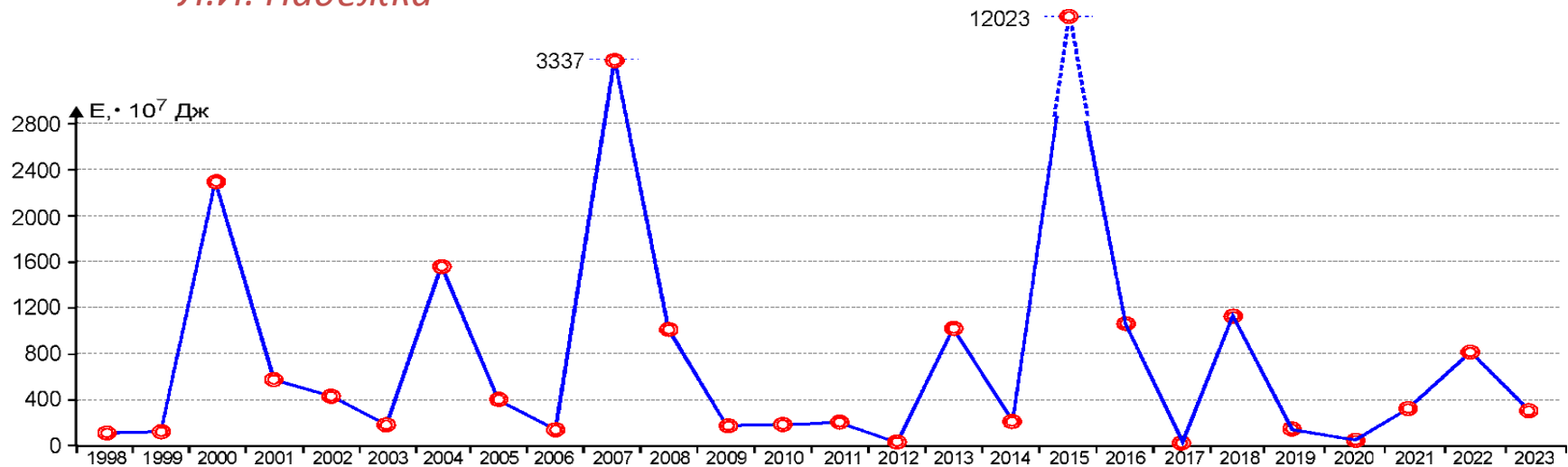
Перигей в весеннем равноденствии

Перигей в осеннем равноденствии

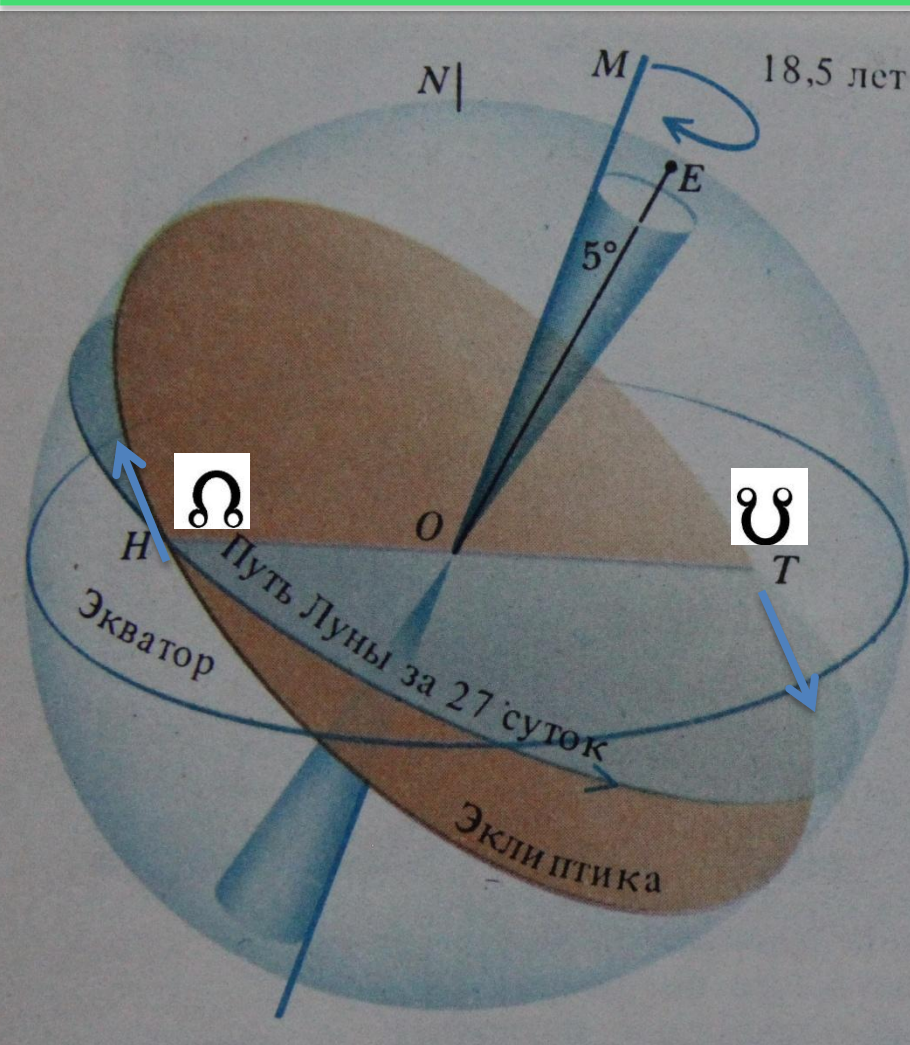


*Временное распределение сейсмической энергии,
выделившейся при землетрясениях,
произошедших на территории ВКМ (1998 – 2023 гг.)*

*Материалы
Л.И. Надежка*



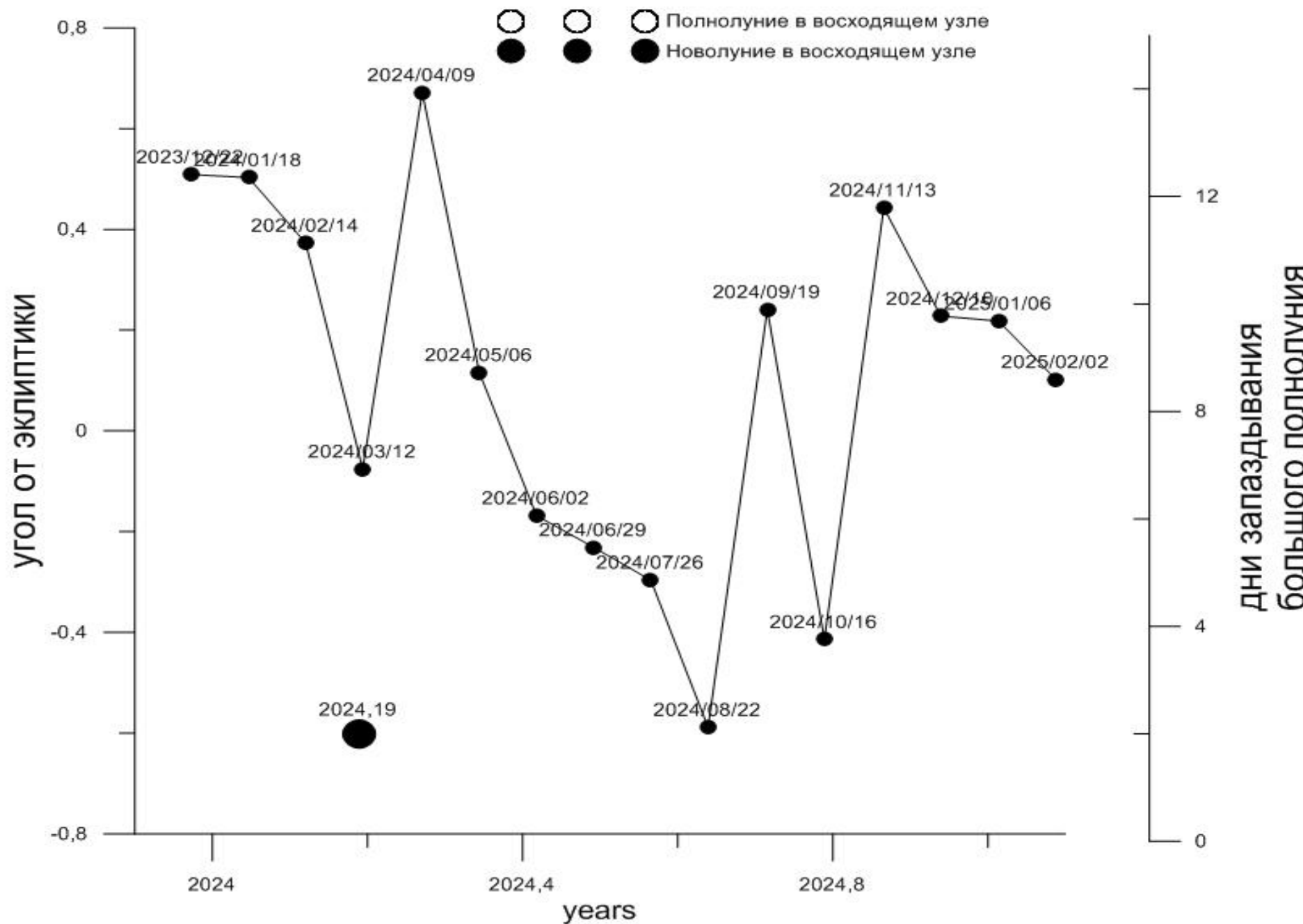
Узлы Лунной орбиты и 18-6-летняя прецессия



Траектория Луны на небесной сфере представляет собой большой круг, наклоненный под углом 5° к траектории Солнца (эклиптике). Полярная ось OM , перпендикулярная плоскости лунной орбиты, описывает конус вокруг (почти) неподвижной оси OE , перпендикулярной плоскости эклиптики; в результате линия HT , вдоль которой пересекаются плоскости орбит Солнца и Луны, поворачивается с востока на запад, совершая полный оборот за 18,6 лет.

- точки пересечения лунной орбиты с эклиптикой

Прохождение восходящего узла



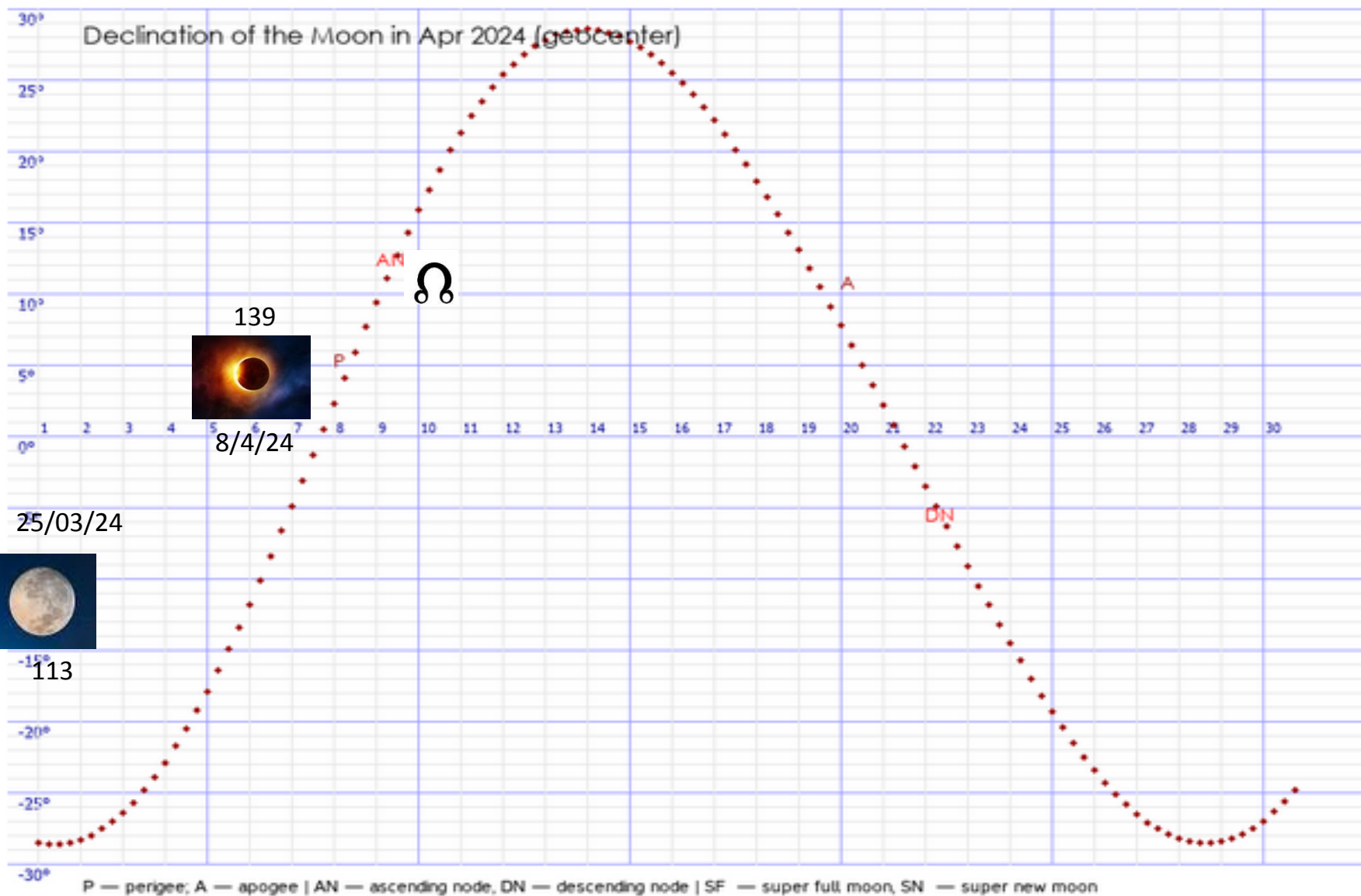
АПРЕЛЬ



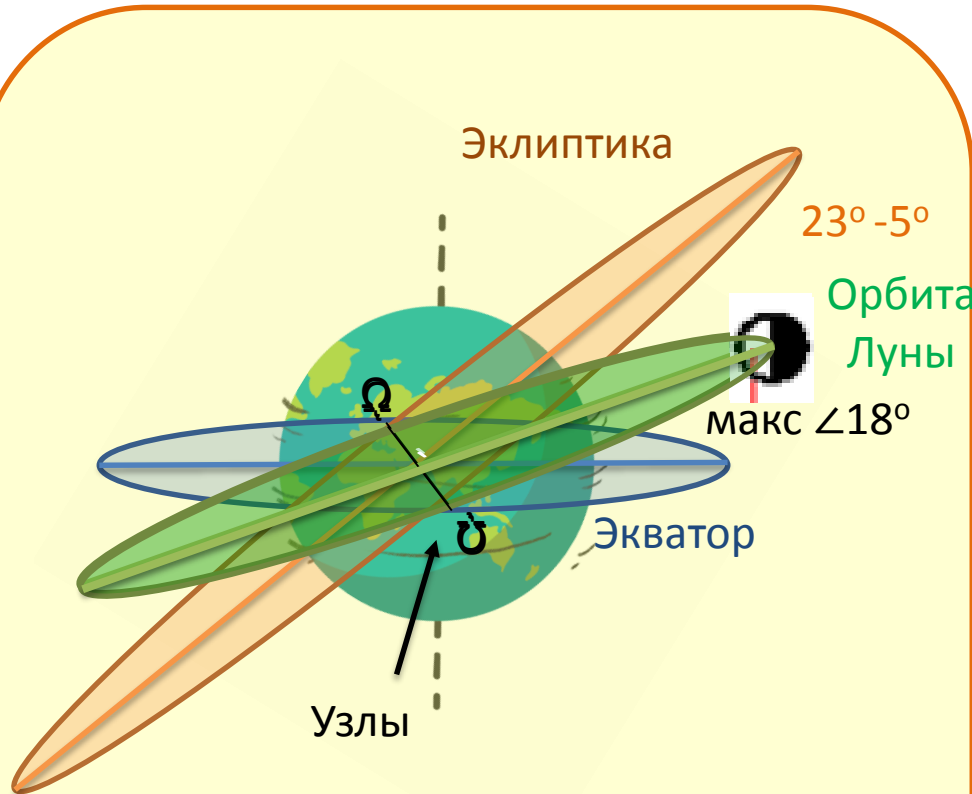
2024



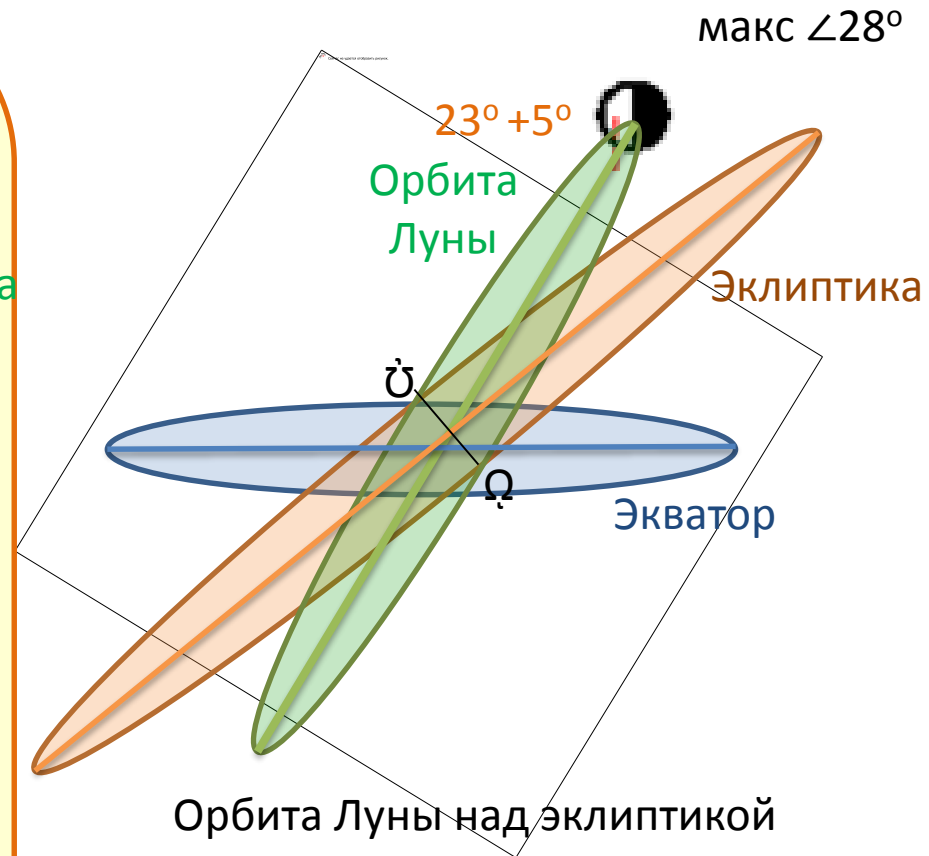
Вывести



18.6—летняя прецессия орбиты Луны

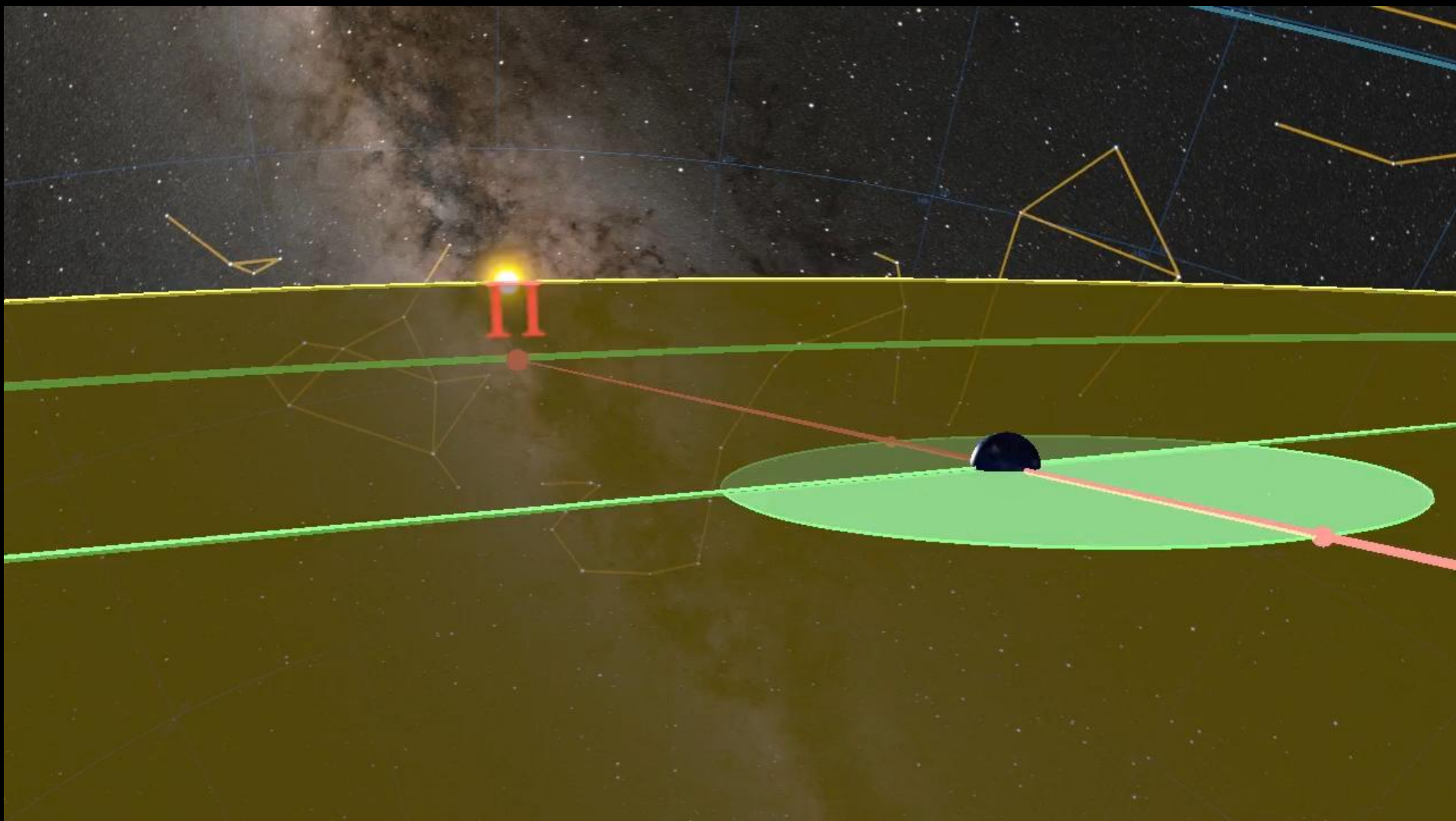


1997,
2015

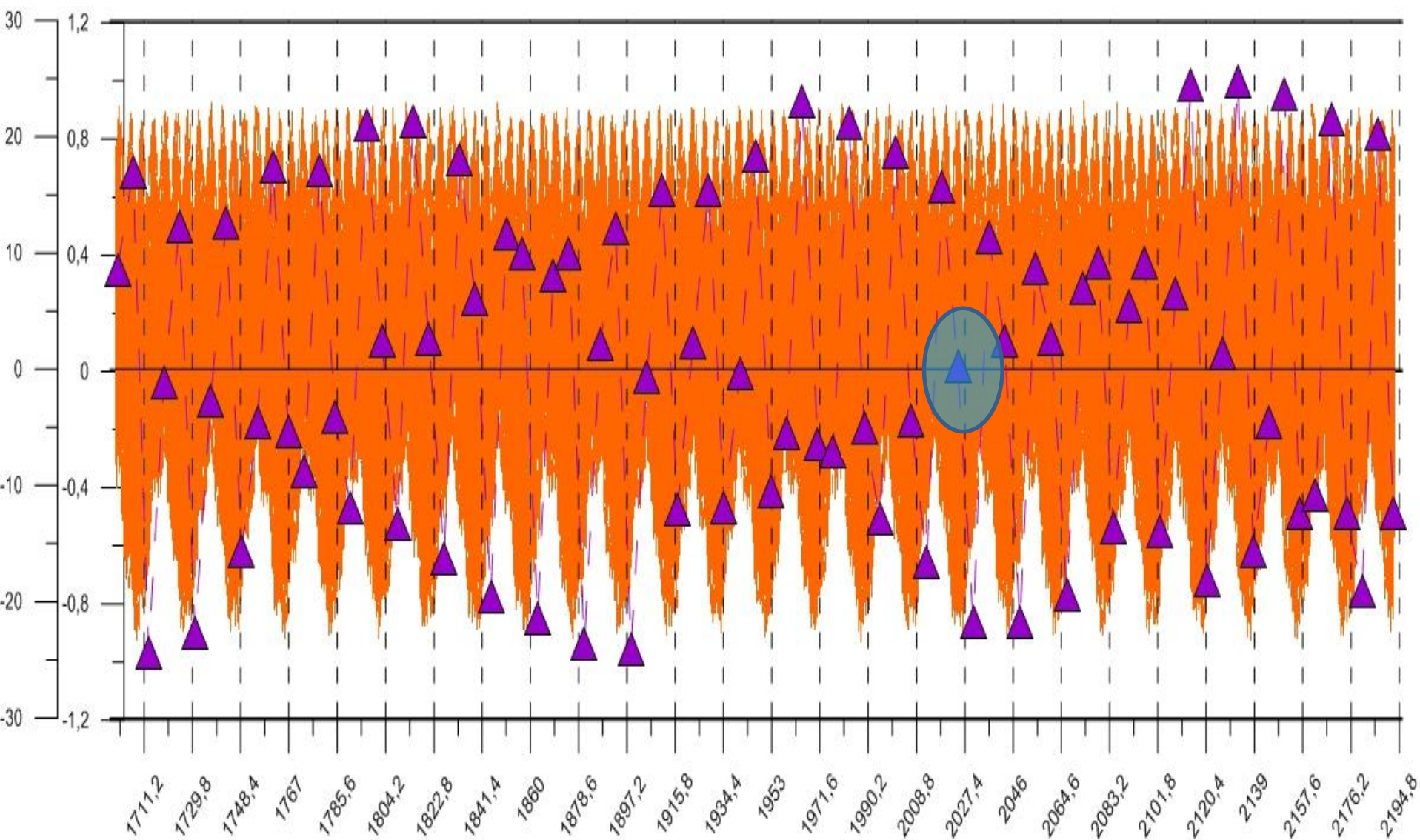


1988,
2007,
2024

Движение перигея и узлов навстречу друг другу



Встречи перигея и узла каждые 6 лет и их склонения



Выберите месяц и год:

ИЮЛЬ

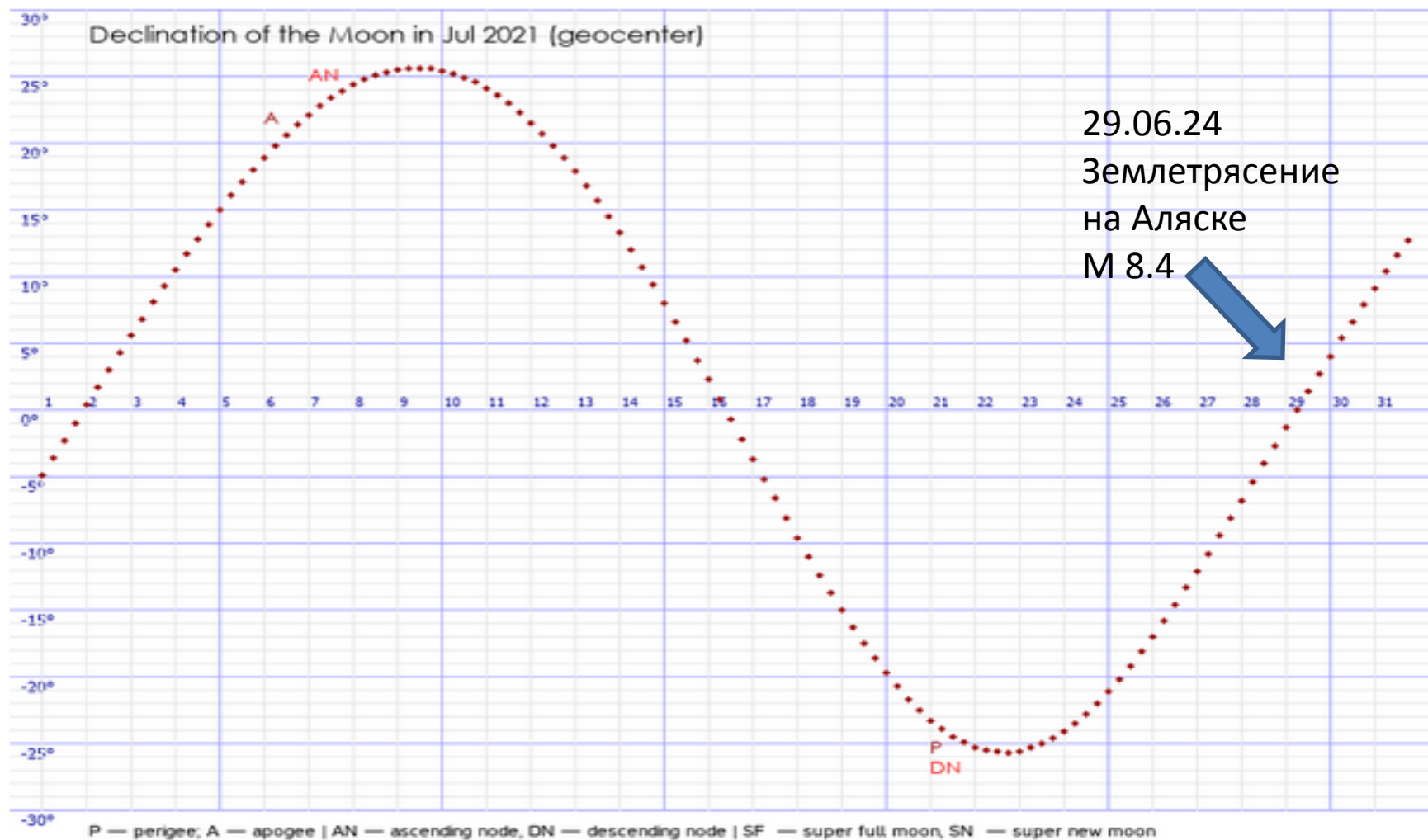


2021



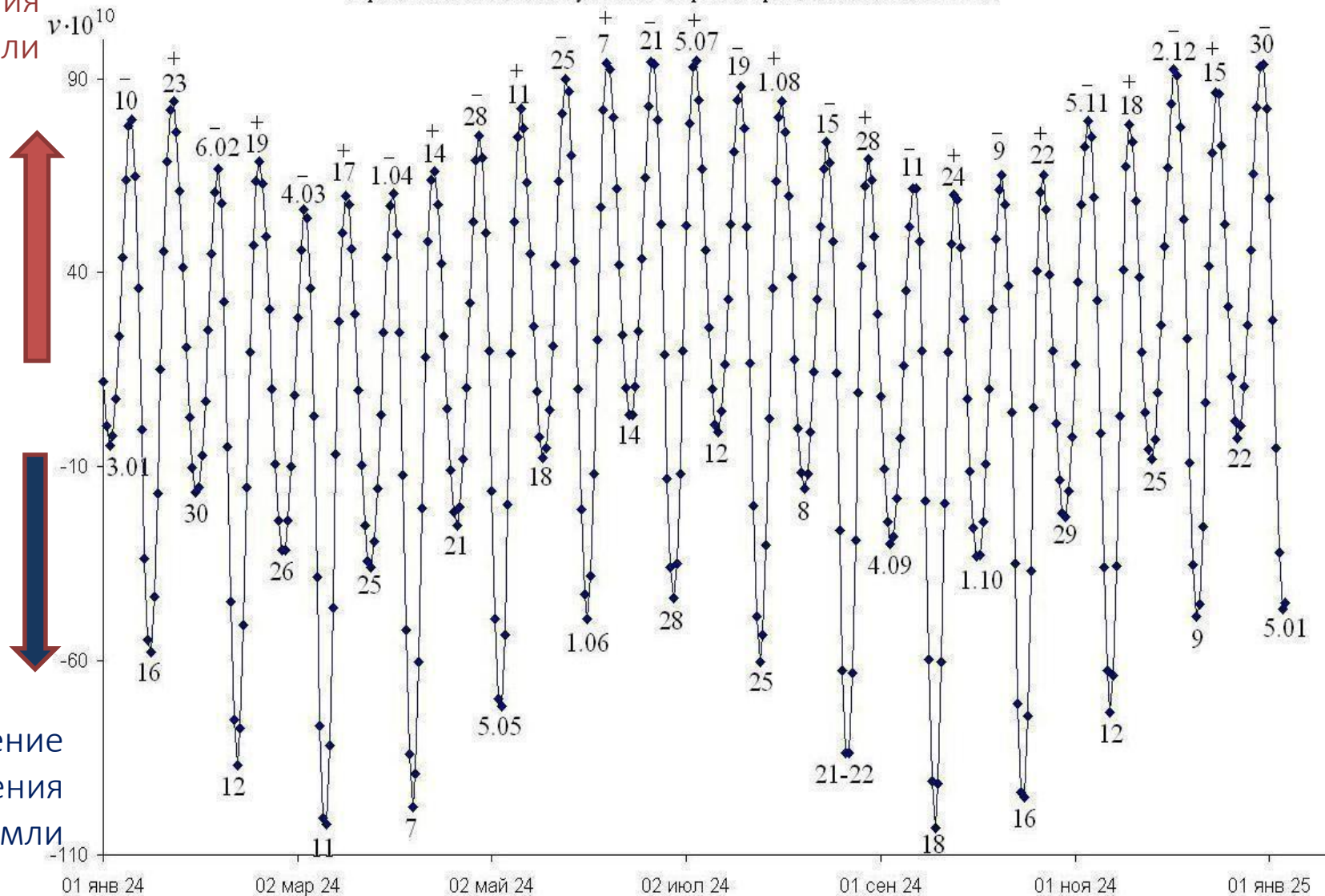
Вывести

<https://astropage.ru/guide/moon/decl/>



Ускорение
вращения
Земли

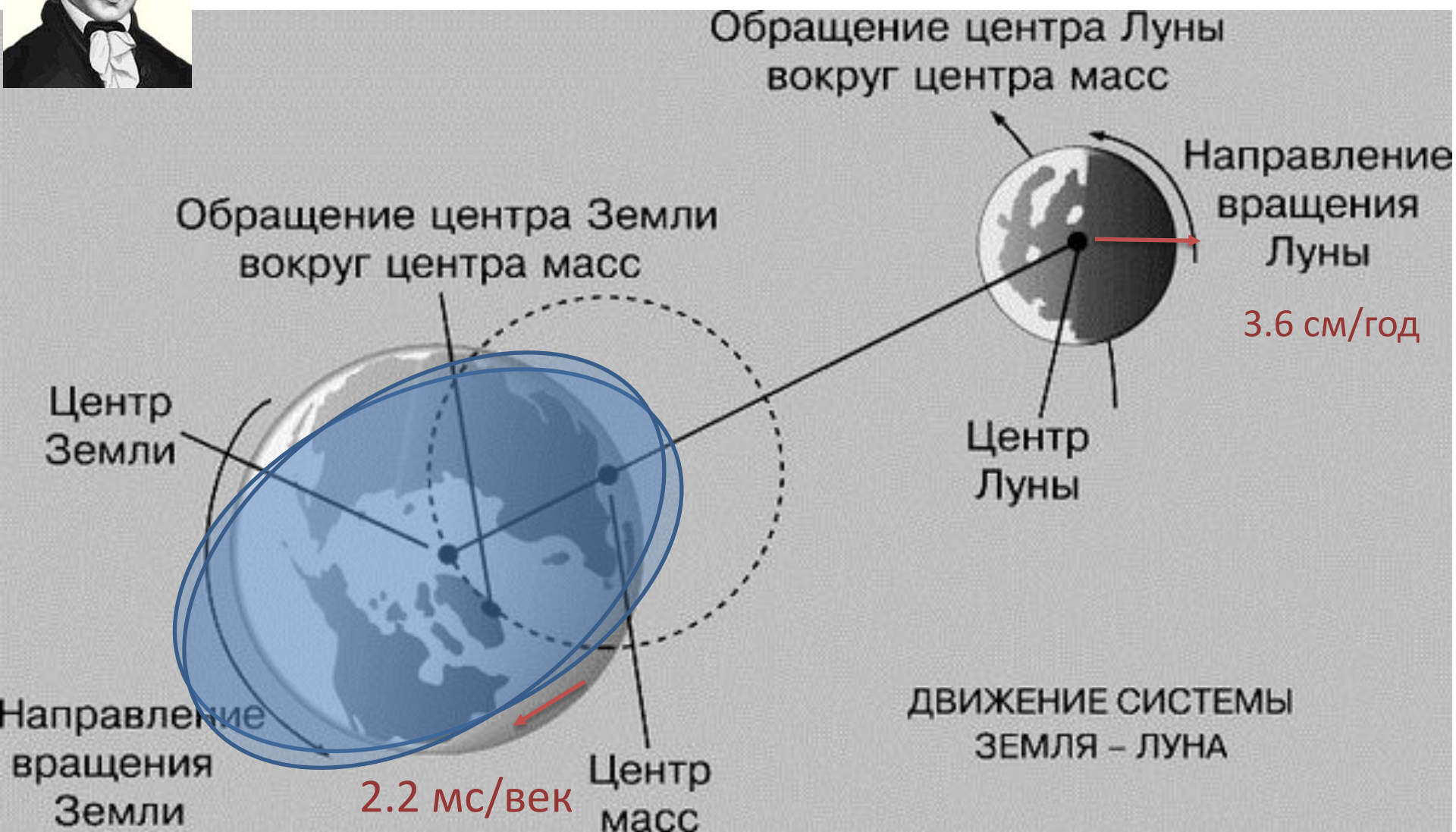
Приливные колебания угловой скорости вращения Земли в 2024 г.



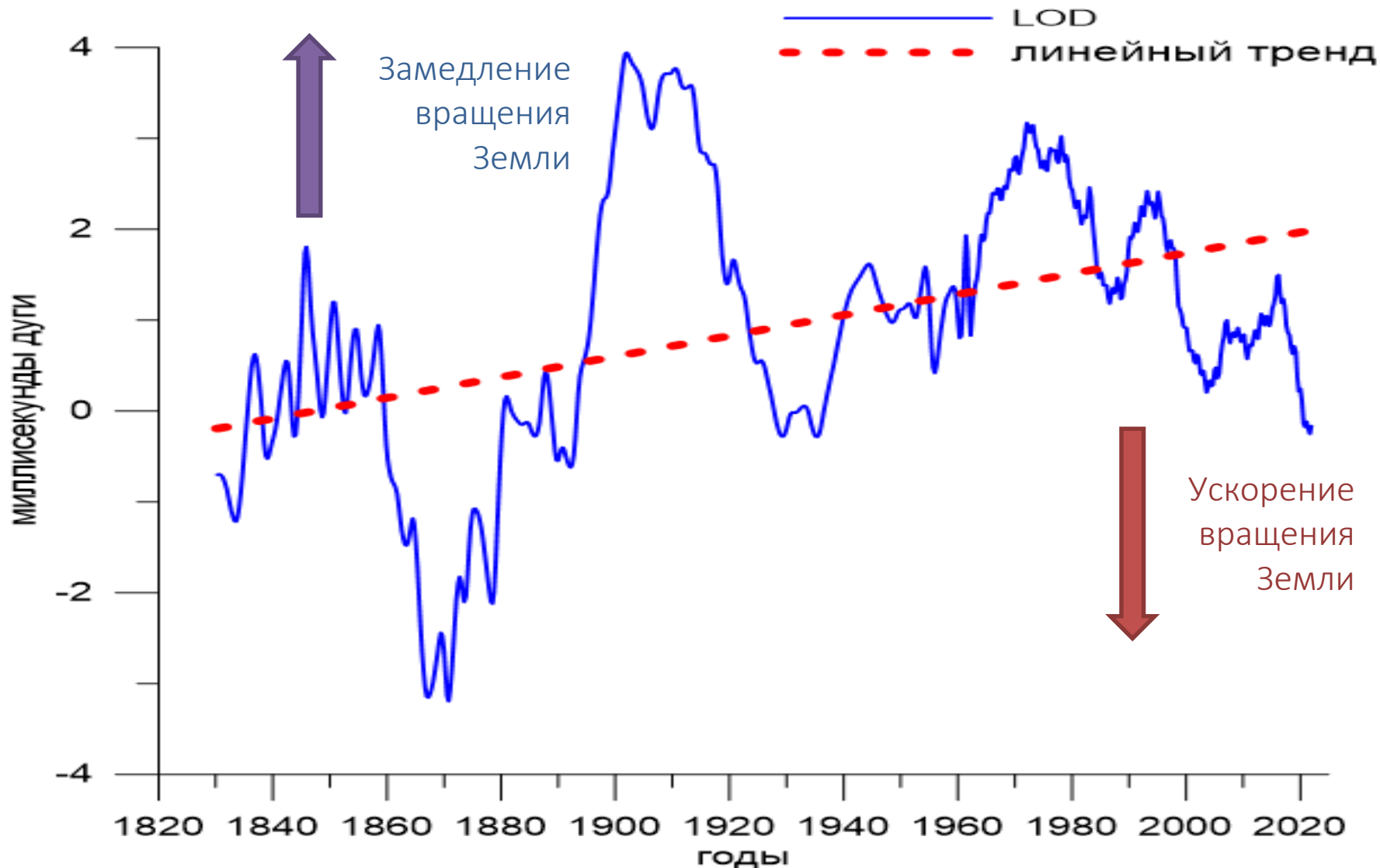
замедление
вращения
Земли



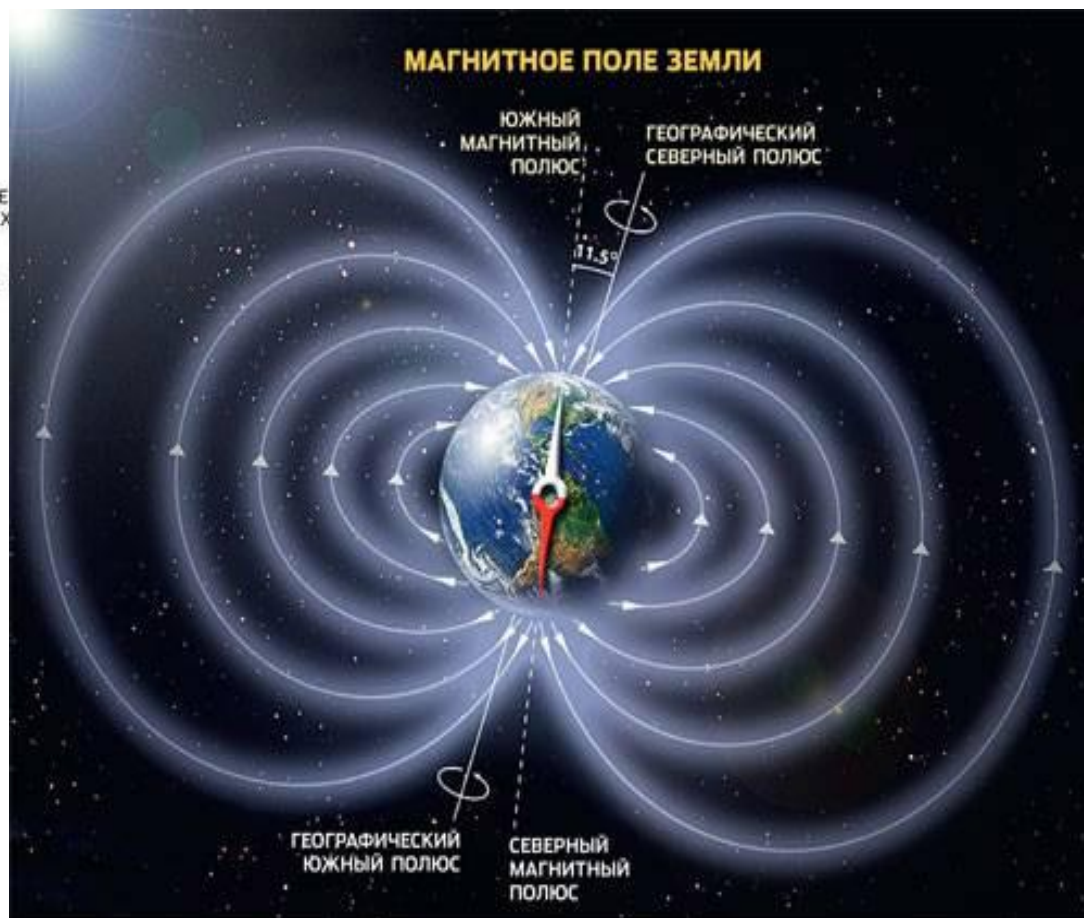
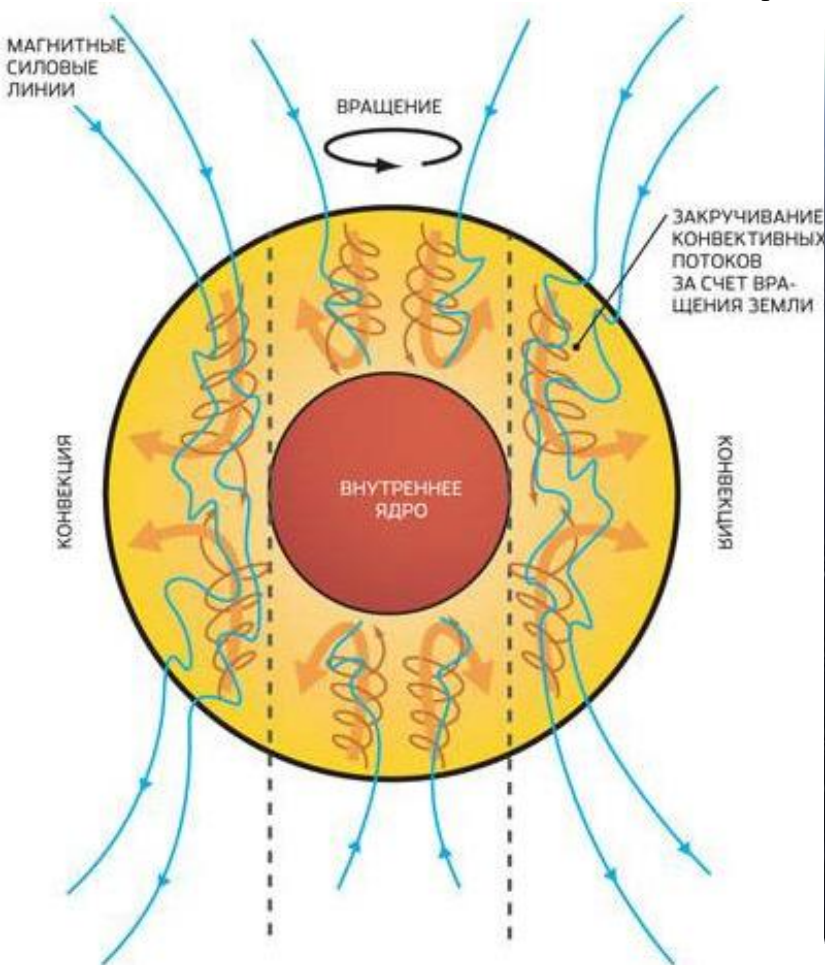
Иммануил Кант предсказал
торможение Земли в 1754 г



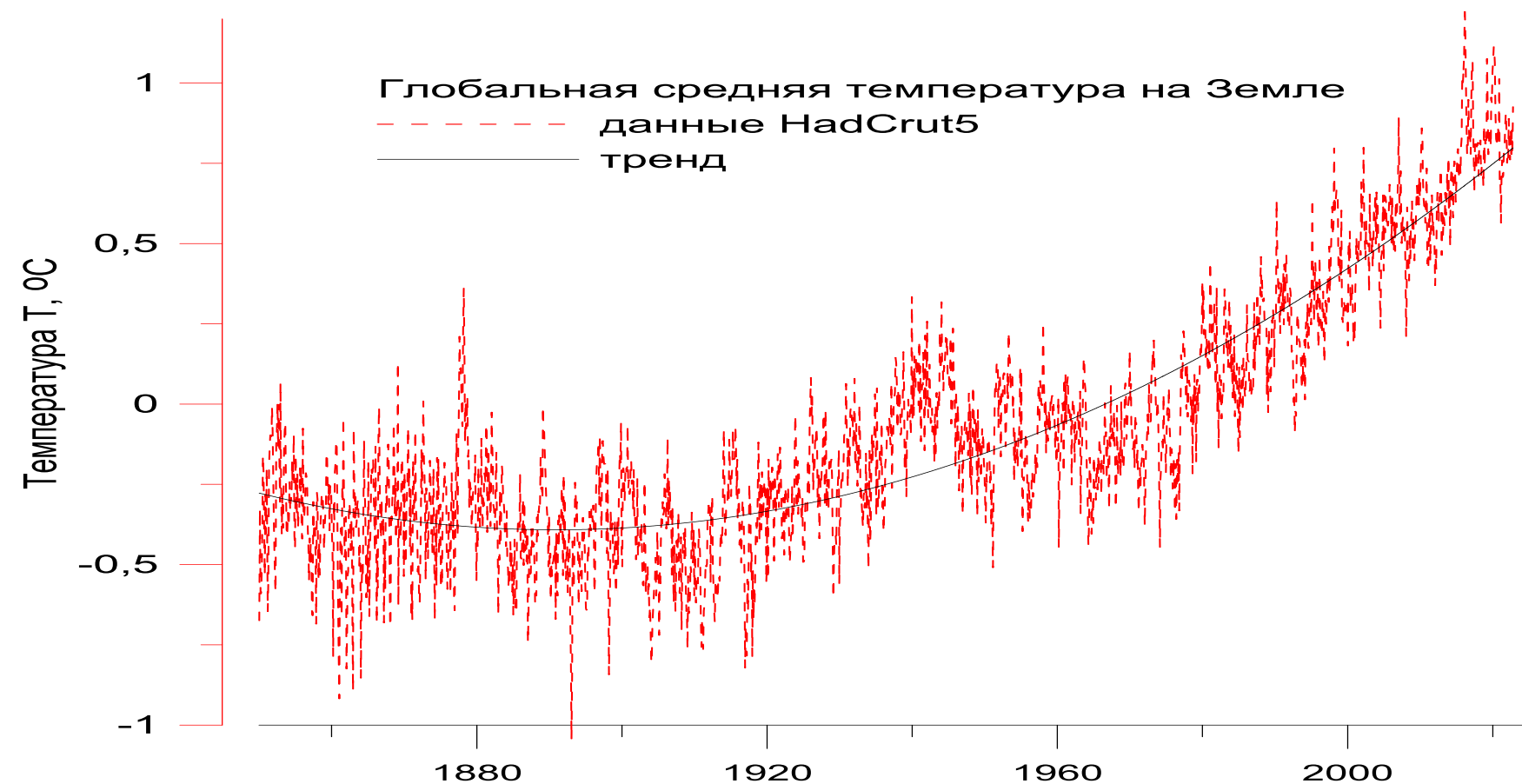
Долговременные изменения длительности суток LOD обратной к скорости вращения Земли



Обмен моментом на границе ядро-мантия?

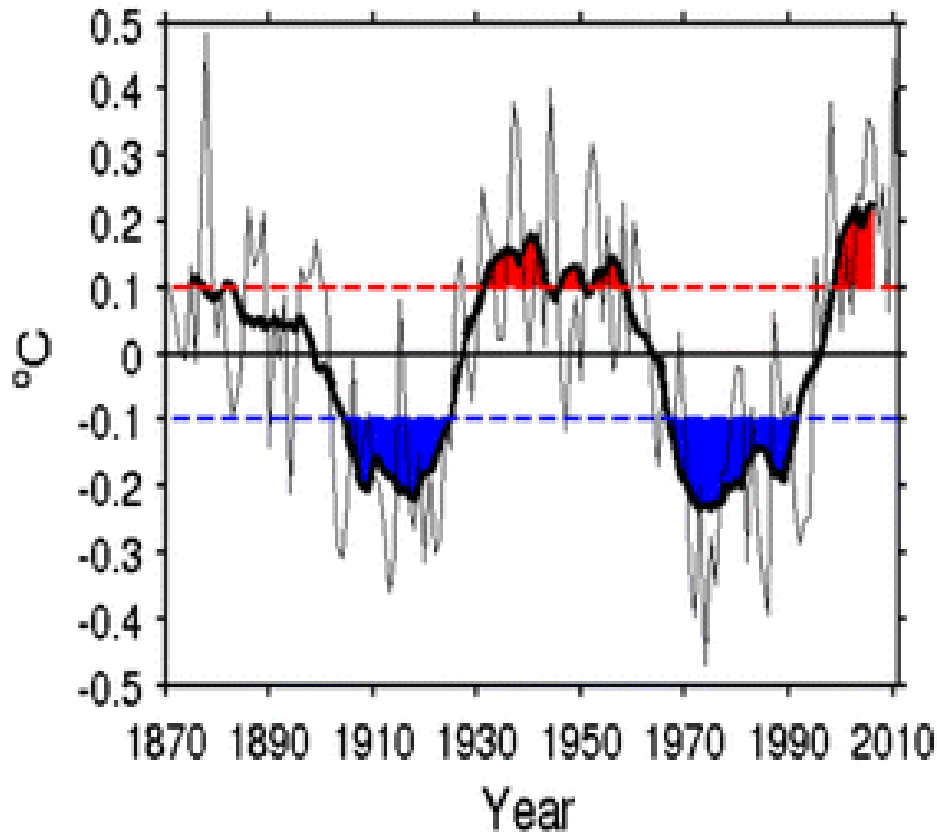


Аномалии температуры на Земле

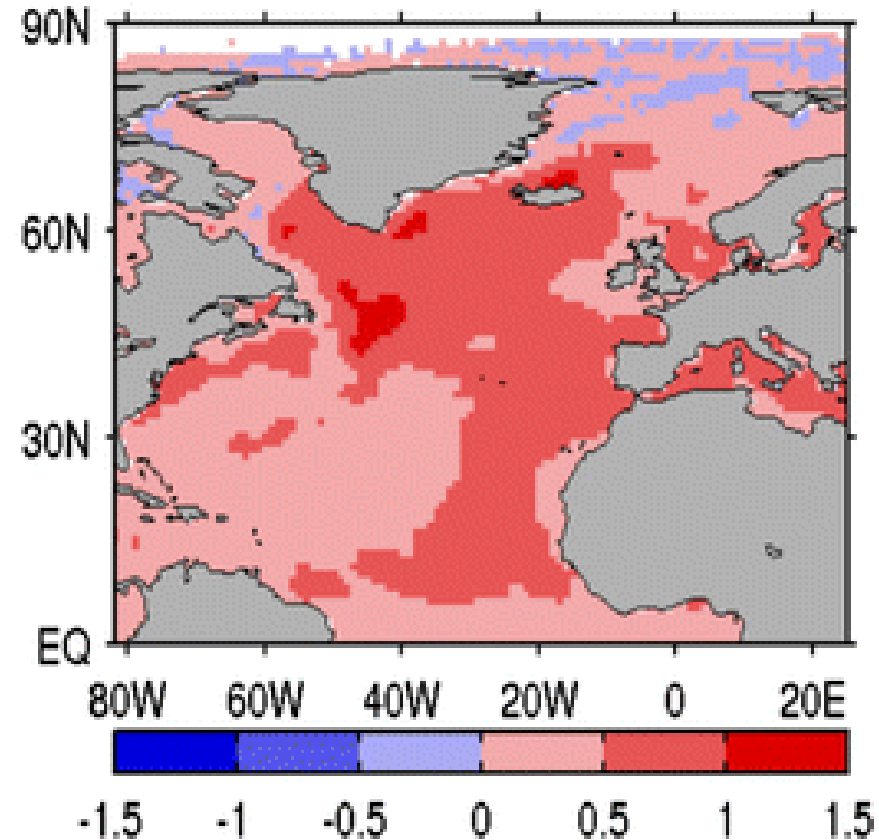


Атлантическая многолетняя осцилляция АМО

(a) Atlantic Multidecadal Variability (AMV) Index



(b) Regression between AMV Index and SST



МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОНИКИ
И МАТЕМАТИКИ
имени А.Н. Тихонова
Национальный исследовательский университет
Высшая школа экономики

Зотов Леонид Валентинович

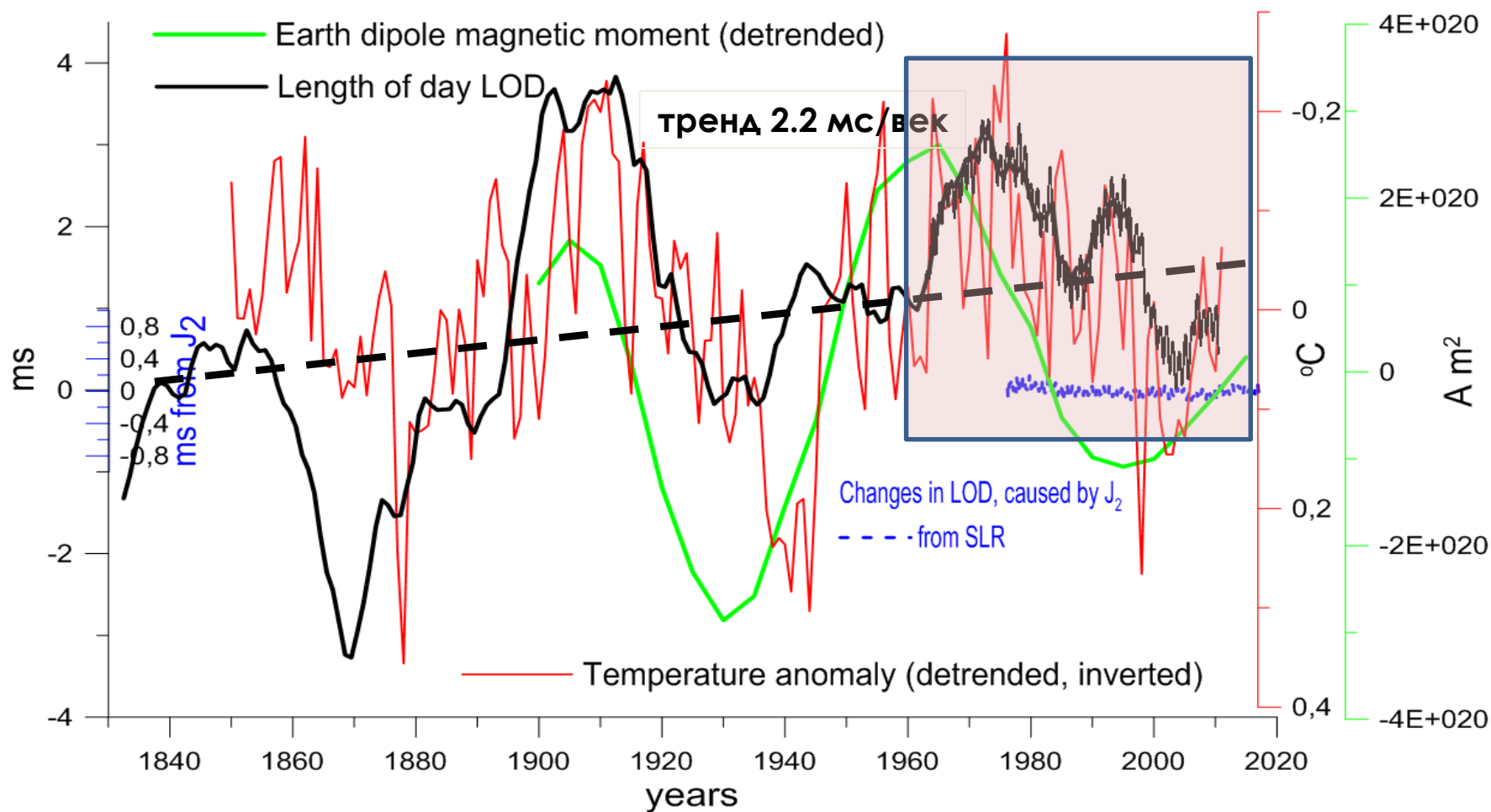
ВРАЩЕНИЕ ЗЕМЛИ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Монография

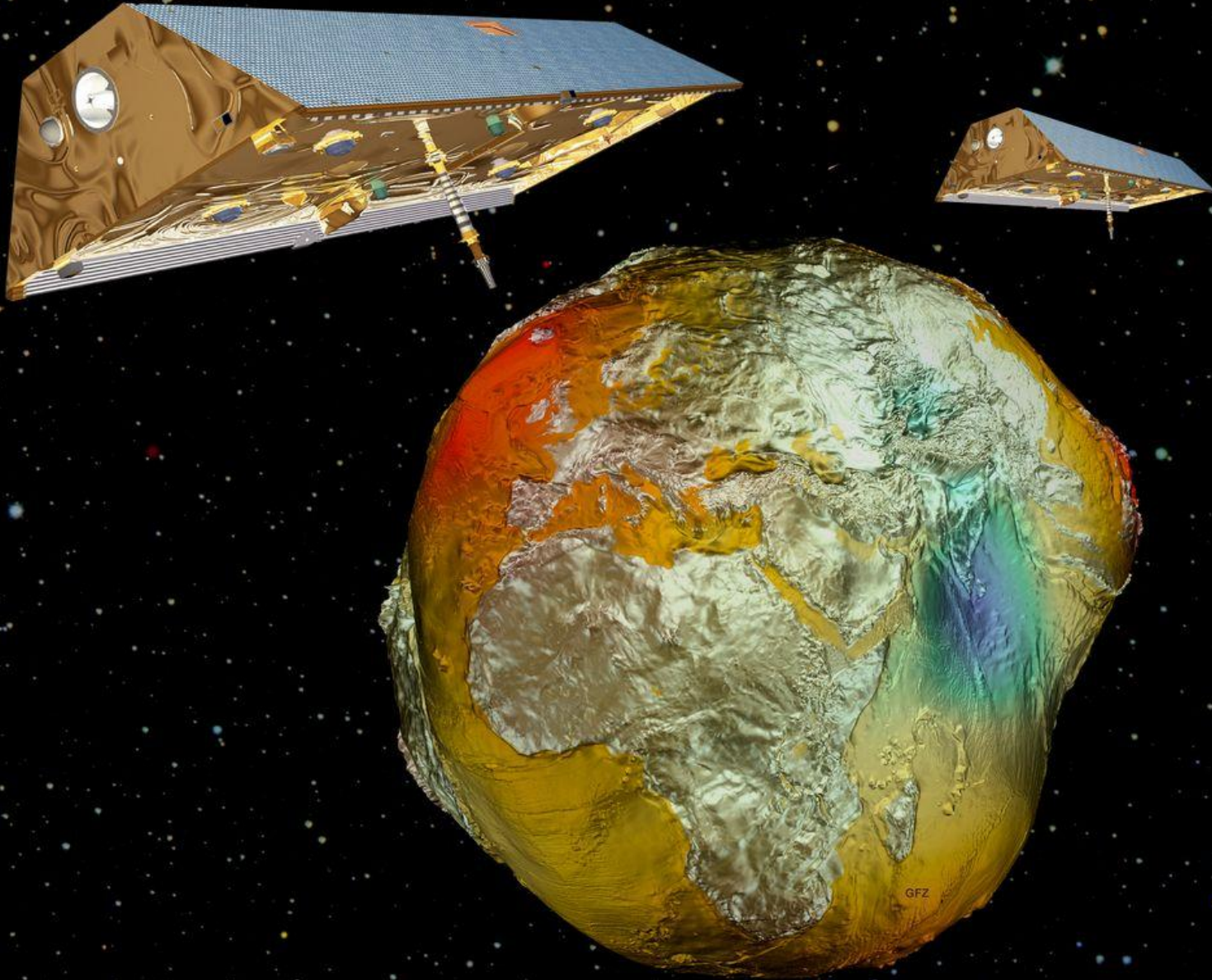
Зотов Л.В. ВРАЩЕНИЕ ЗЕМЛИ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
Zotov L.V. EARTH ROTATION AND CLIMATE PROCESSES 列奥尼德·瓦伦蒂诺维奇·索托夫 地球自转与气候变化过程

Москва — 2022

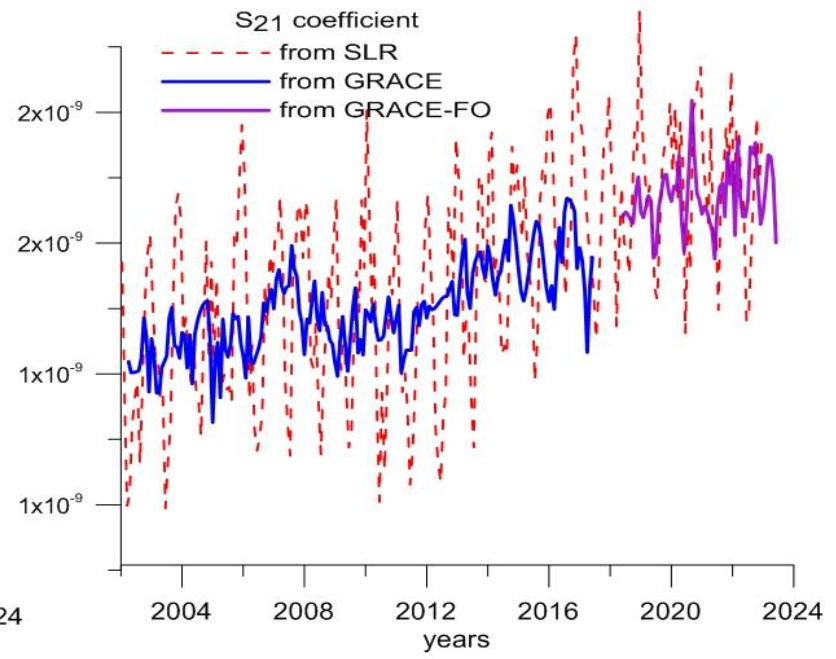
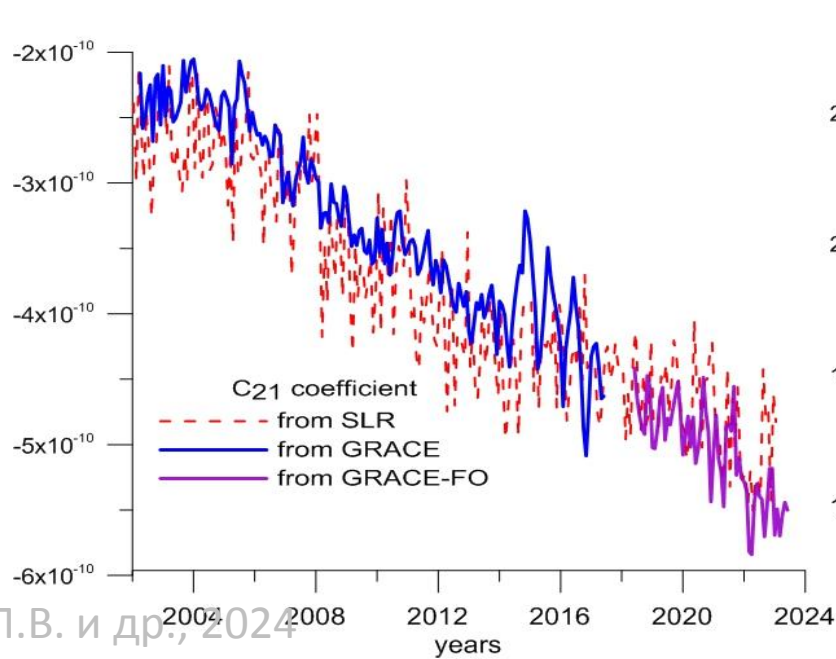
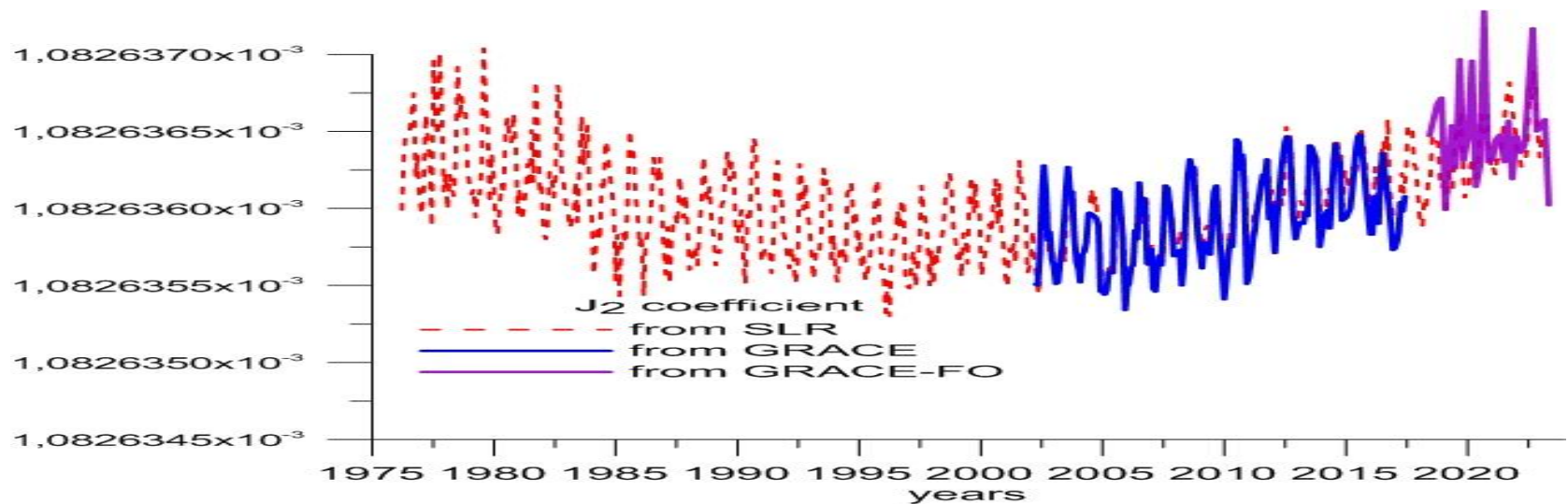
Долговременные изменения скорости вращения Земли LOD, температуры T , сжатия J_2 и магнитного диполя



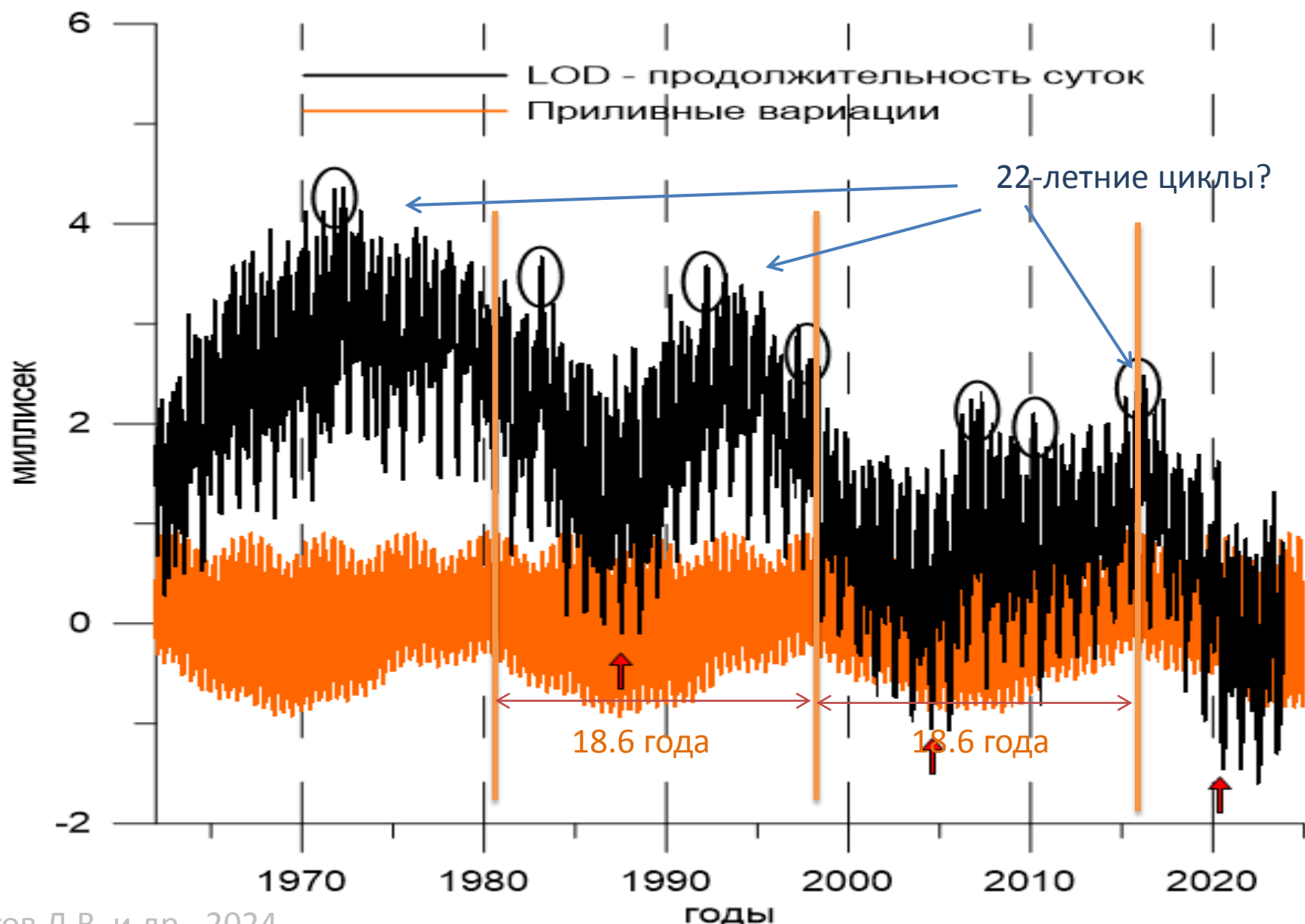
Спутники GRACE



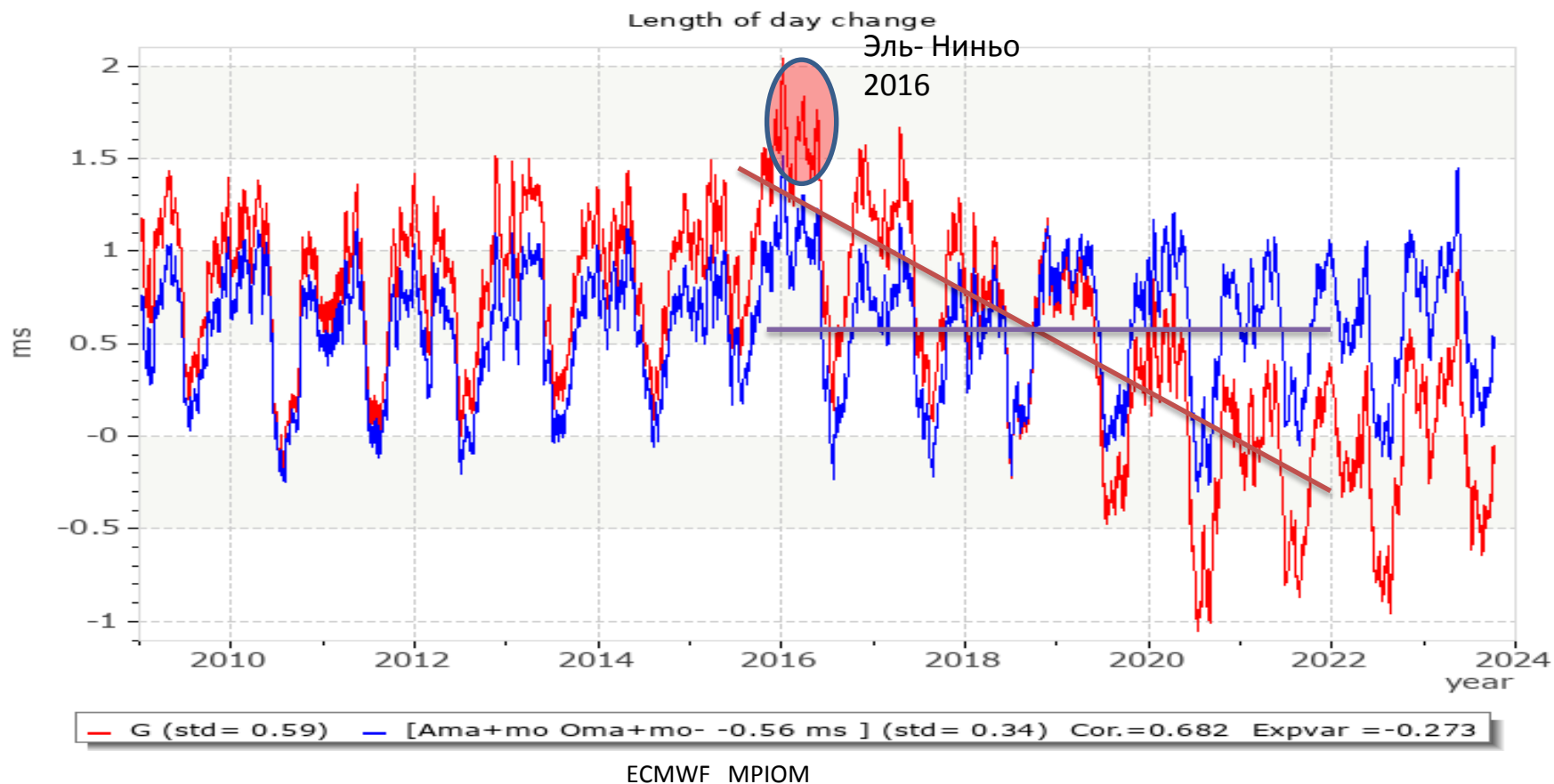
Тренды в коэффициентах грав. поля



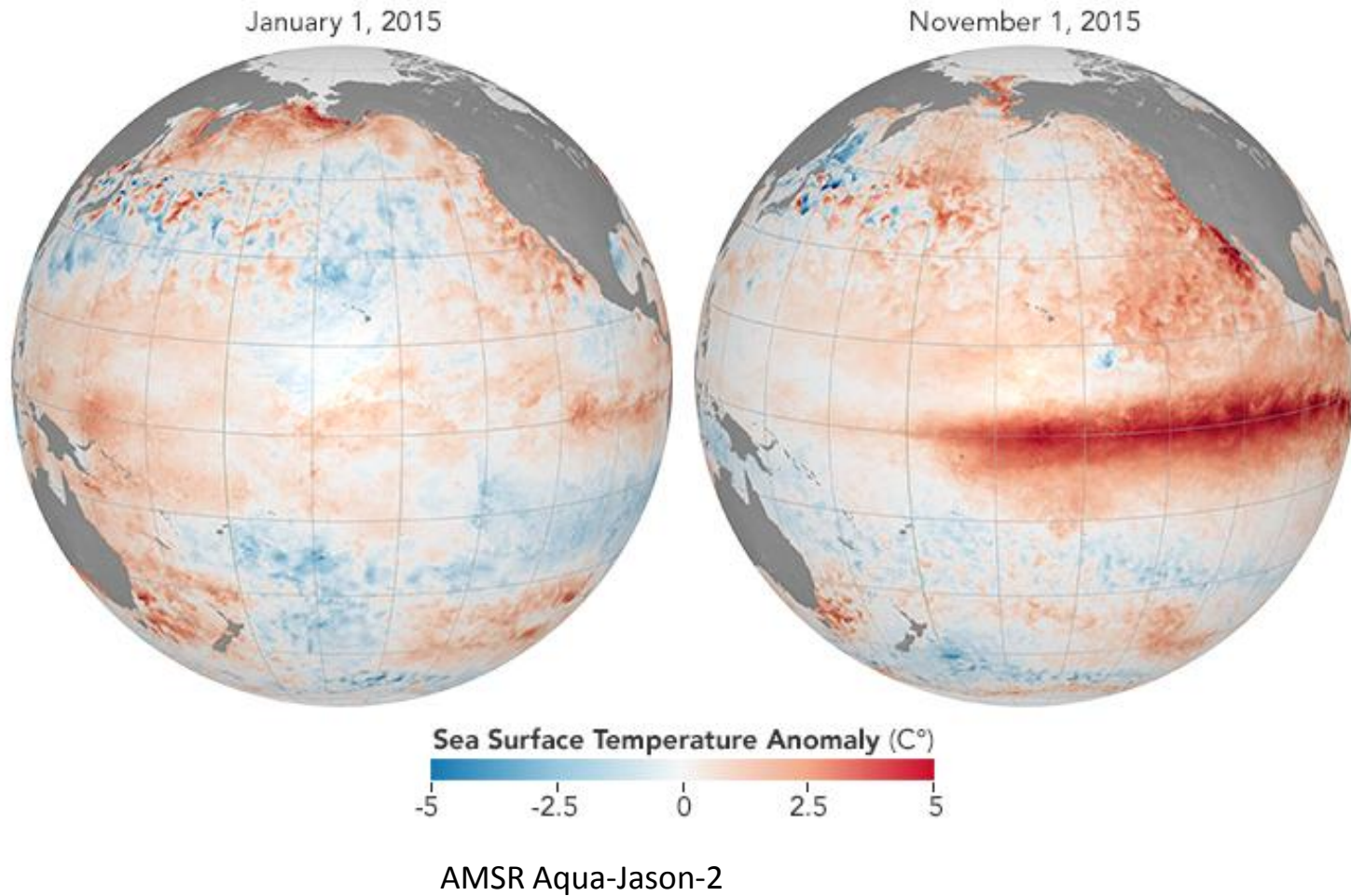
Длительность суток (LOD) по EOP C04 и зональные приливы



Внутригодовые колебания LOD объясняются влиянием атмосферы и океана AAM+OAM



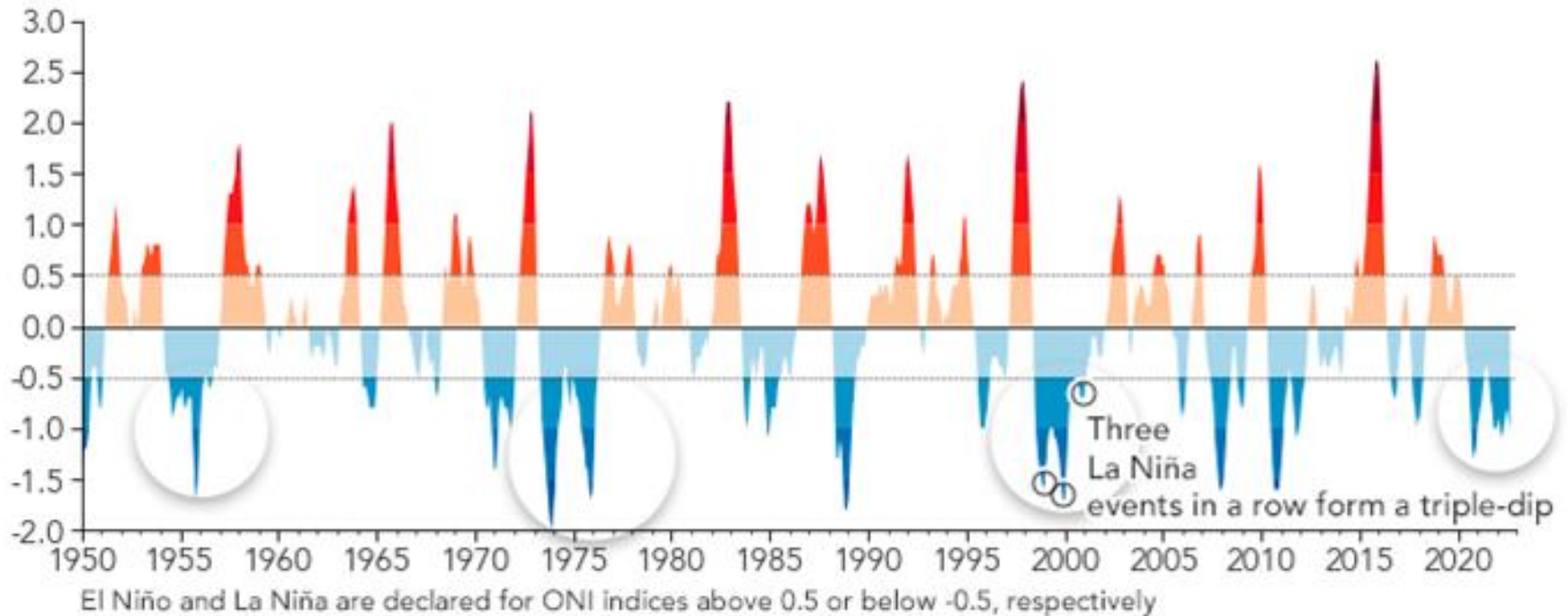
Сильное событие El Nino 2016 года



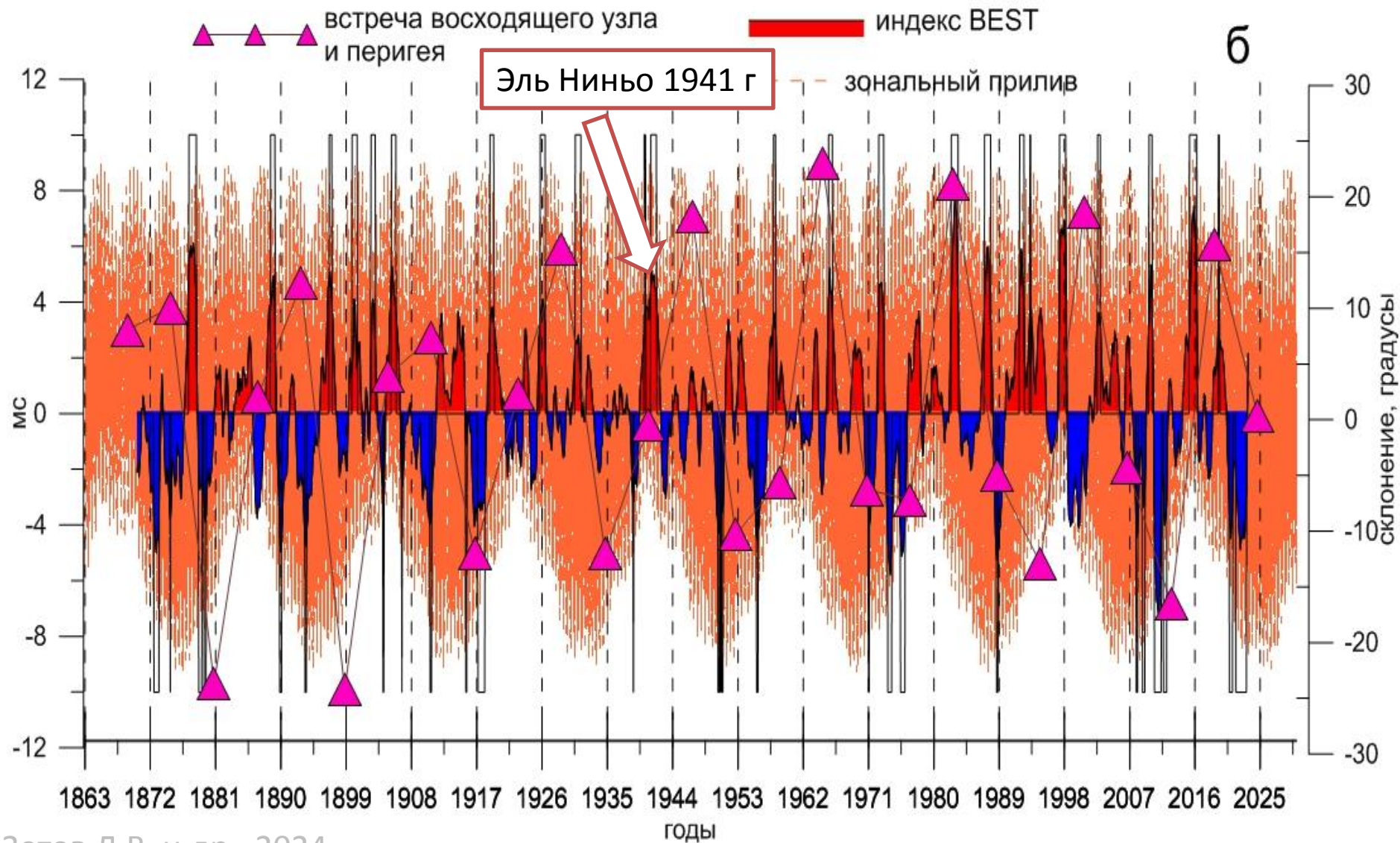
Эль Ниньо Южное колебание

Triple-dips in seasonal trends of the Oceanic Niño Index (ONI)

In rare instances, a La Niña can return for three consecutive winters—a so-called 'triple-dip'



Движения Луны и ENSO



Why El Niño is so important?



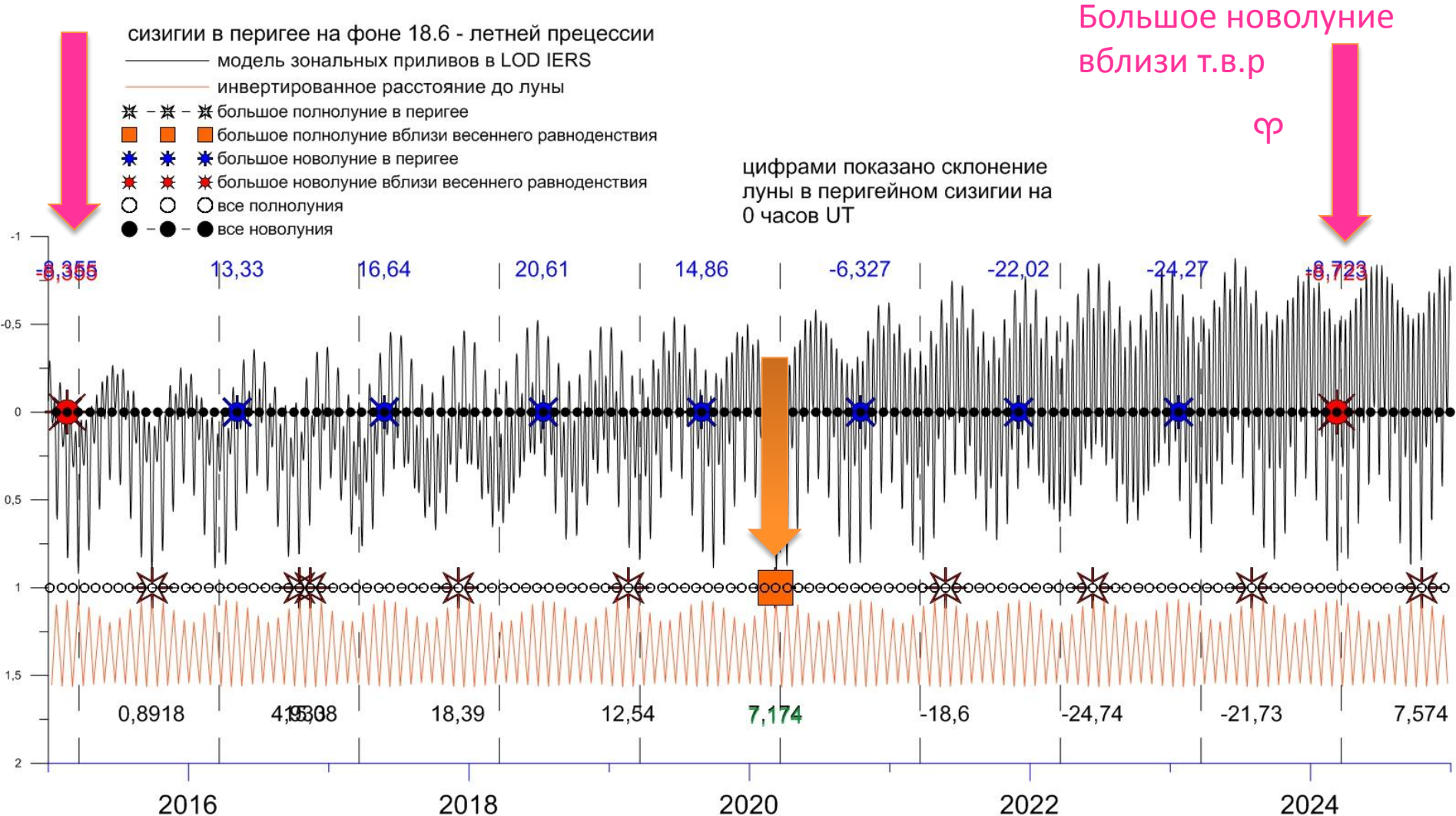
November-December 1812, at the west from Moscow.



November-December 1941, at the west from Moscow.

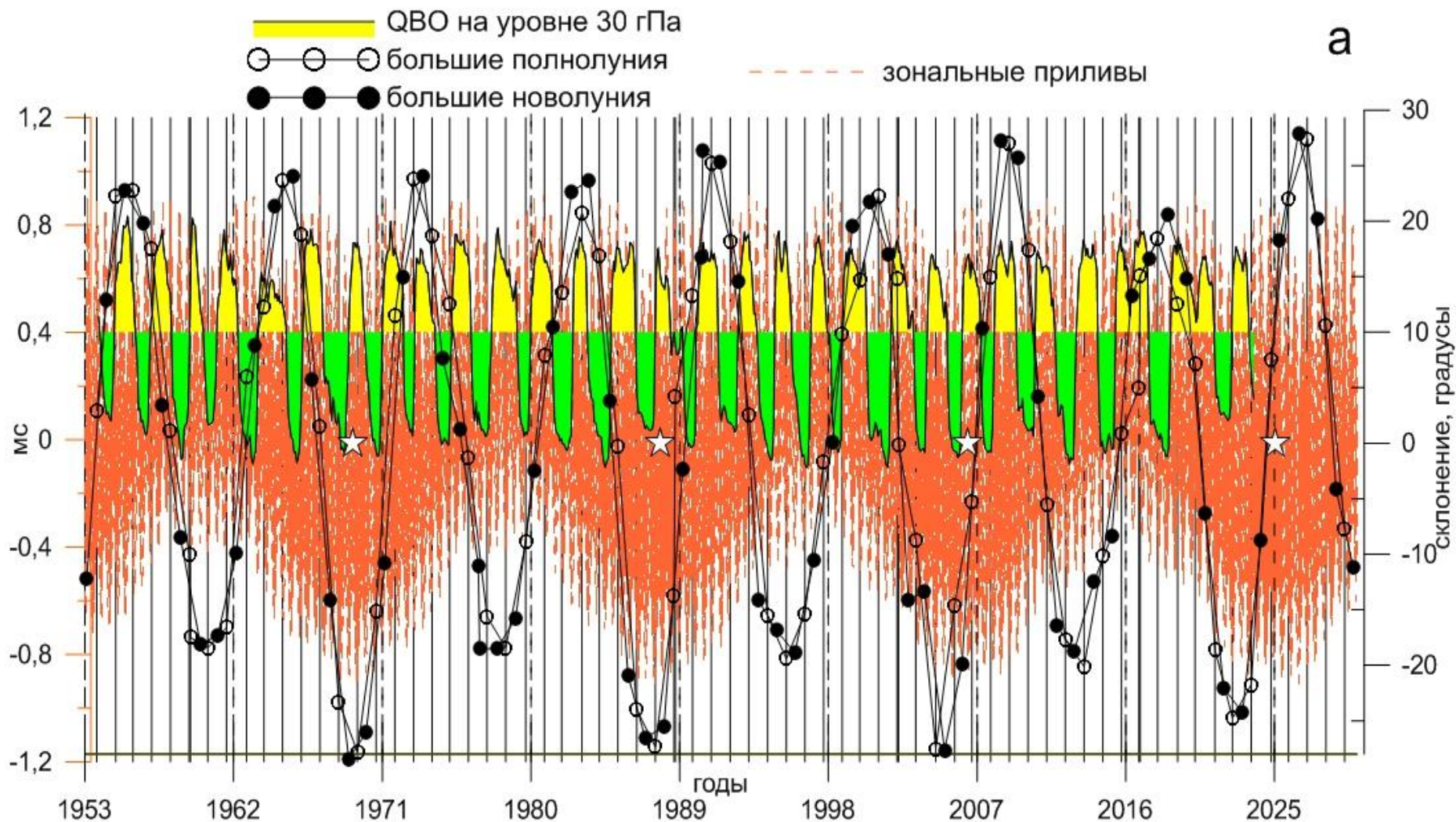
After I Serikh

Перигейные полнолуния чередуются через 14 месяцев

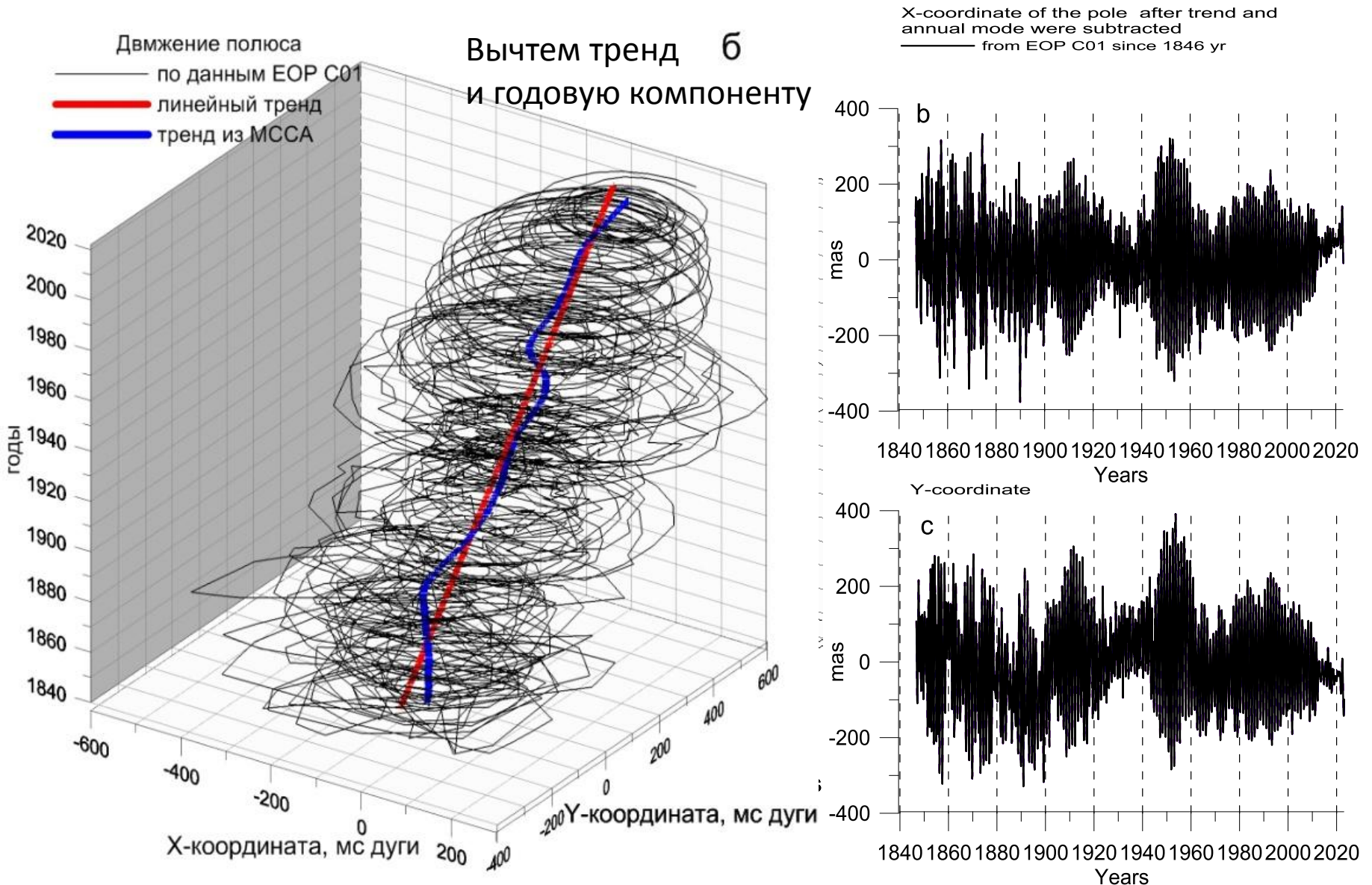


Большое полнолуние
вблизи т.в.р. φ

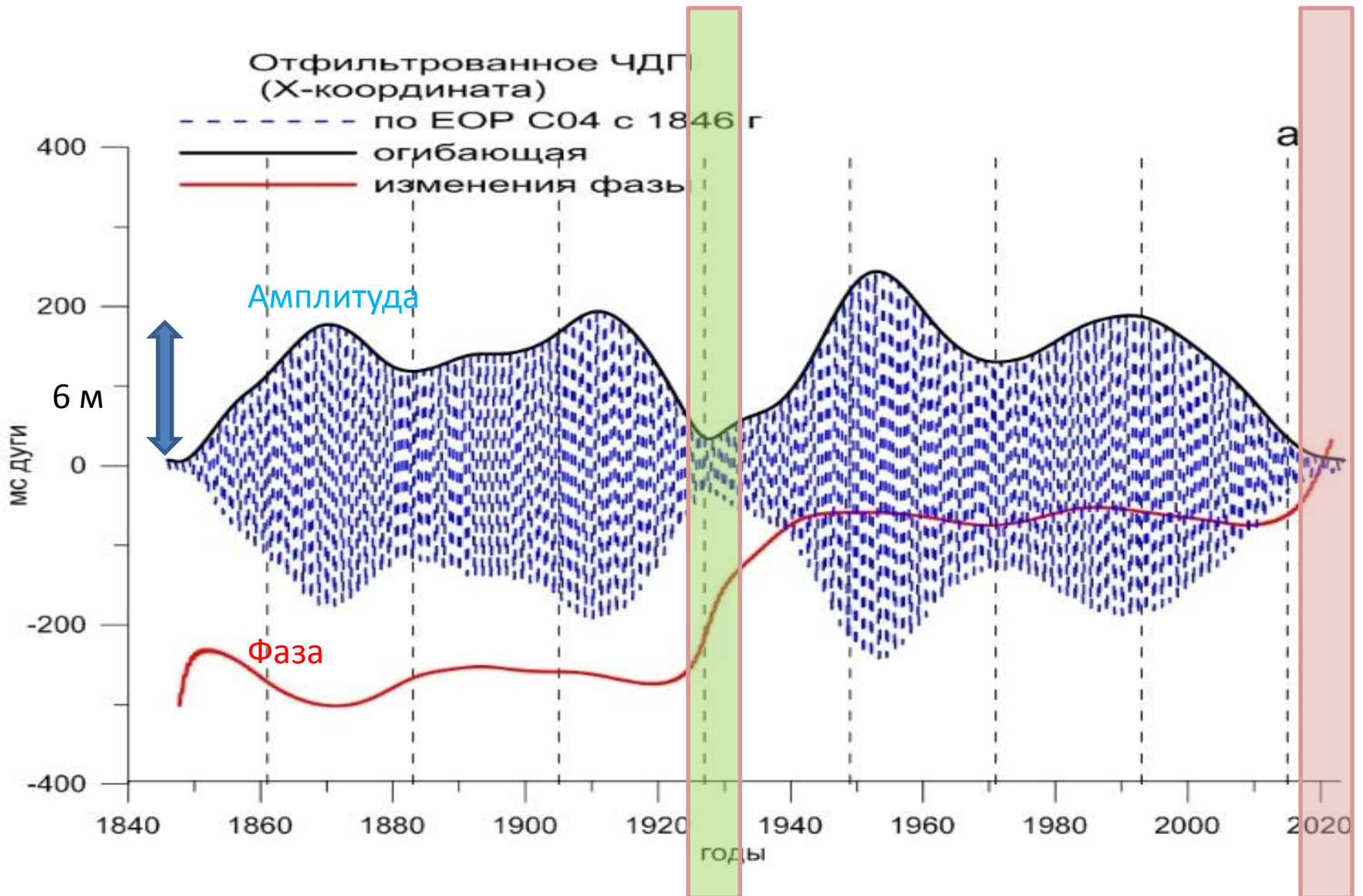
Движения Луны и QVO



Движение полюса с 1846 по 2022 из бюллетеня EOP C01



Чандлеровское колебание полюса



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

Continental and oceanic AAM contributions to Chandler Wobble with the amplitude attenuation from 2012 to 2022

Xue-Qing Xu^{1, 2}, Ming Fang¹, Yong-Hong Zhou^{1, 2}, Xin-Hao Liao^{1, 2}

1. Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030, China

2. Key Laboratory of Planetary Sciences, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030, China

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

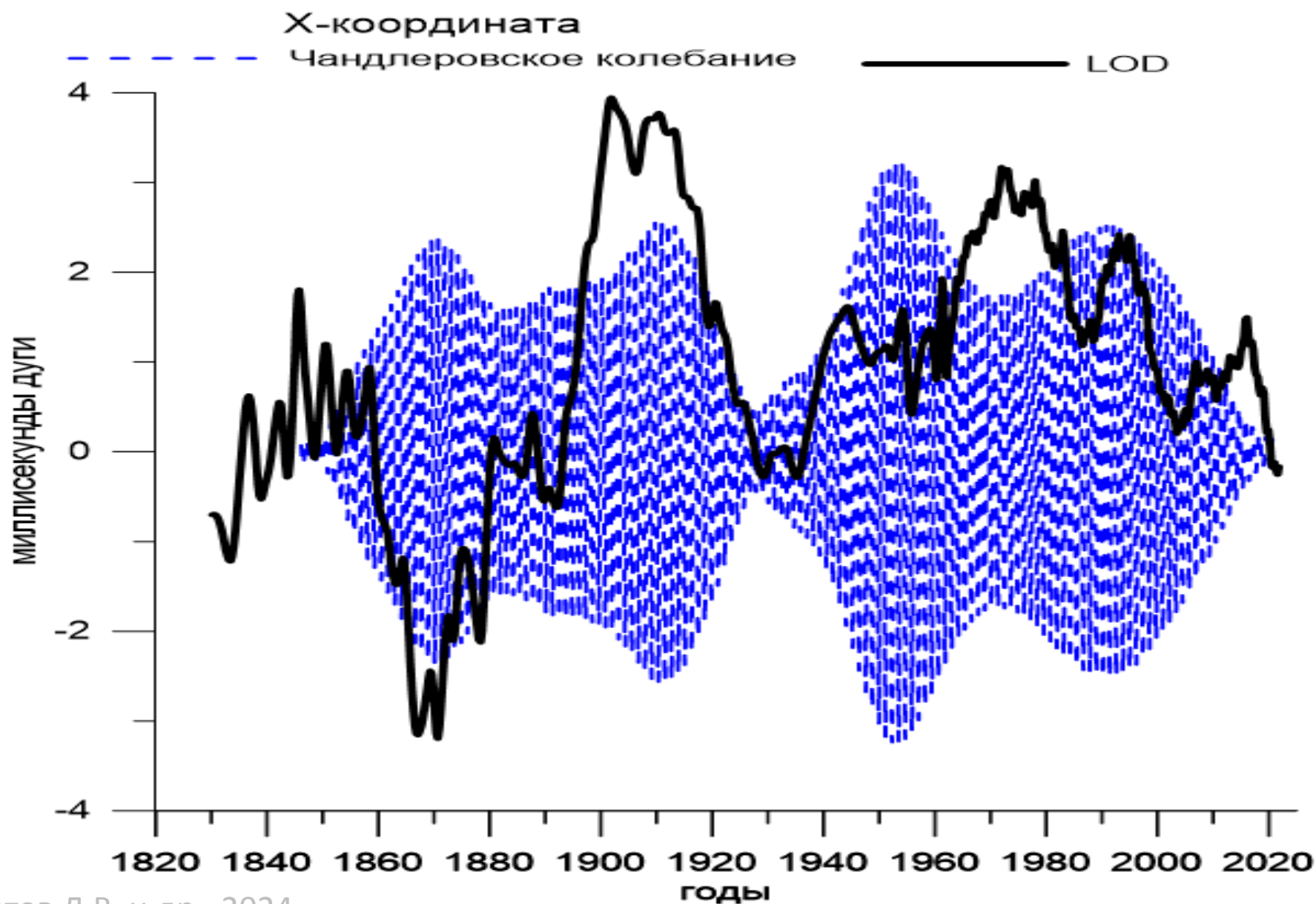
Ryuji Yamaguchi (✉ jiktm@eis.hokudai.ac.jp)

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

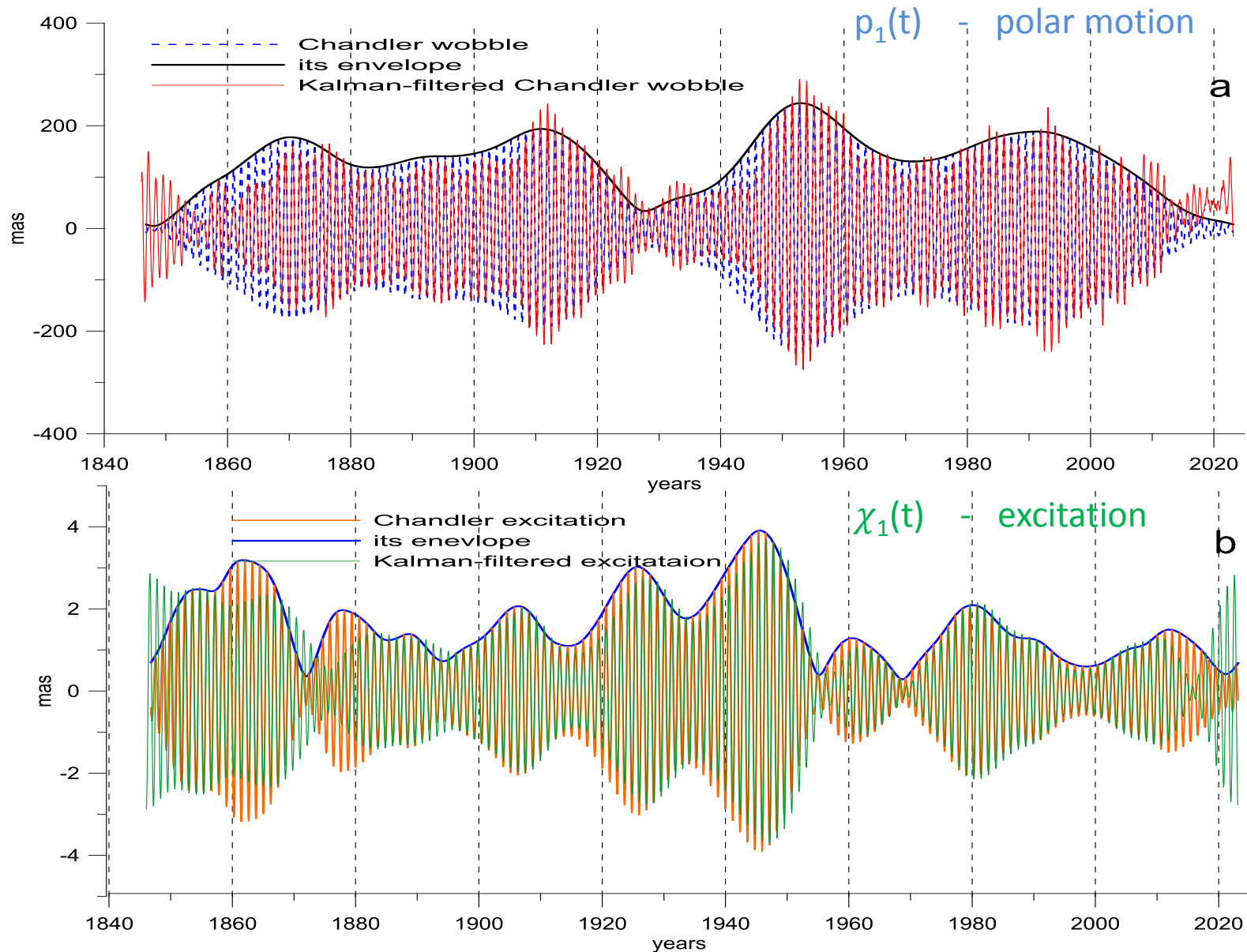
Masato Furuya

Hokkaido University: Hokkaido Daigaku

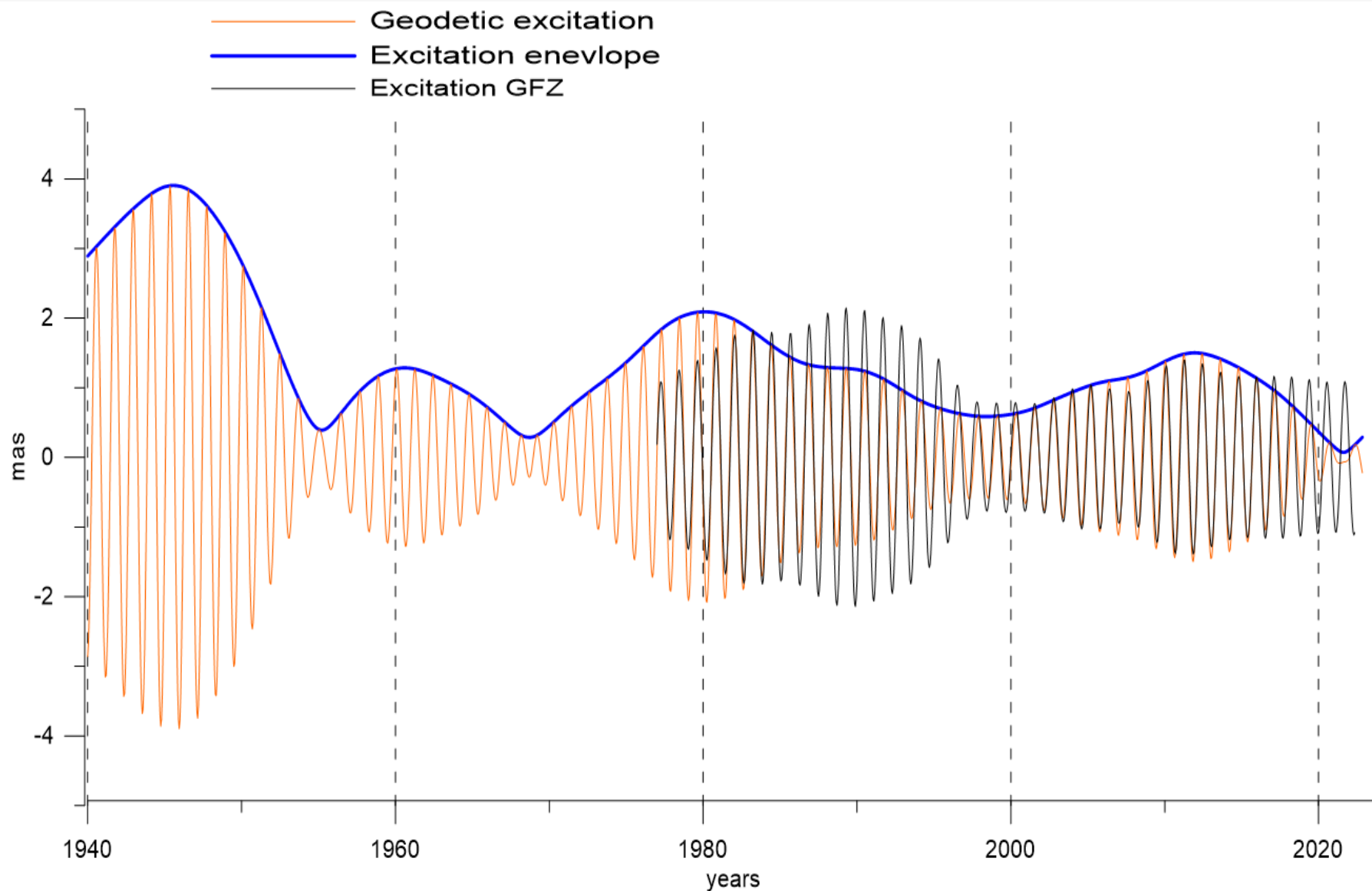
Чандлеровское колебание и LOD с 1840 г



Чандлеровское колебание *и* его возбуждение χ

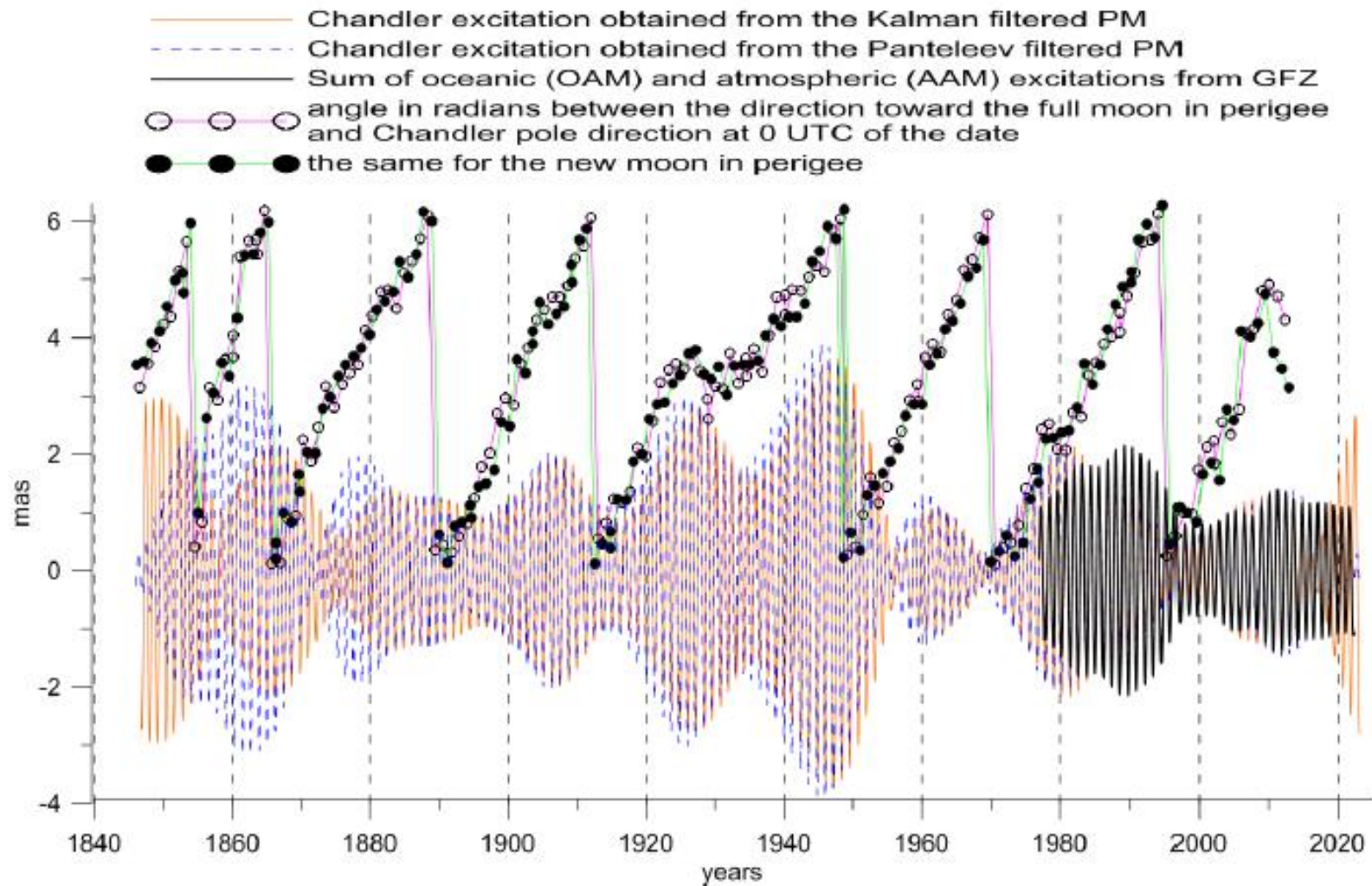


Возбуждение Чандлеровского колебания атмосферой и океаном AAM+OAM



Отставание ЧДП от 412-суточного цикла больших полнолуний

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

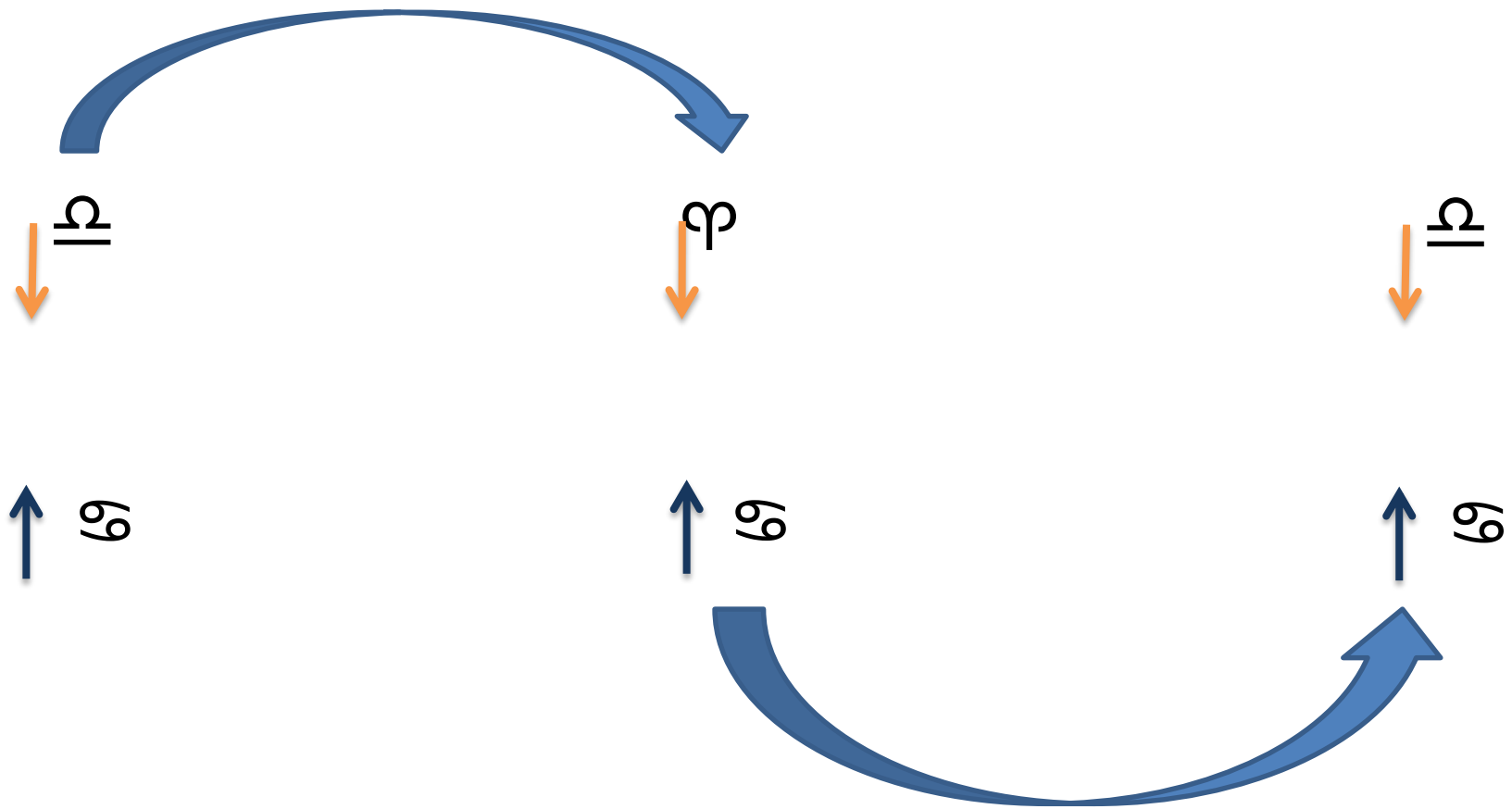


Большие новолуния
в φ
Большие полнолуния

Суперлуния в перигее вблизи весеннего равноденствия
смещаются с ~ 90 -летним периодом на фоне 18.6-леть прецессии



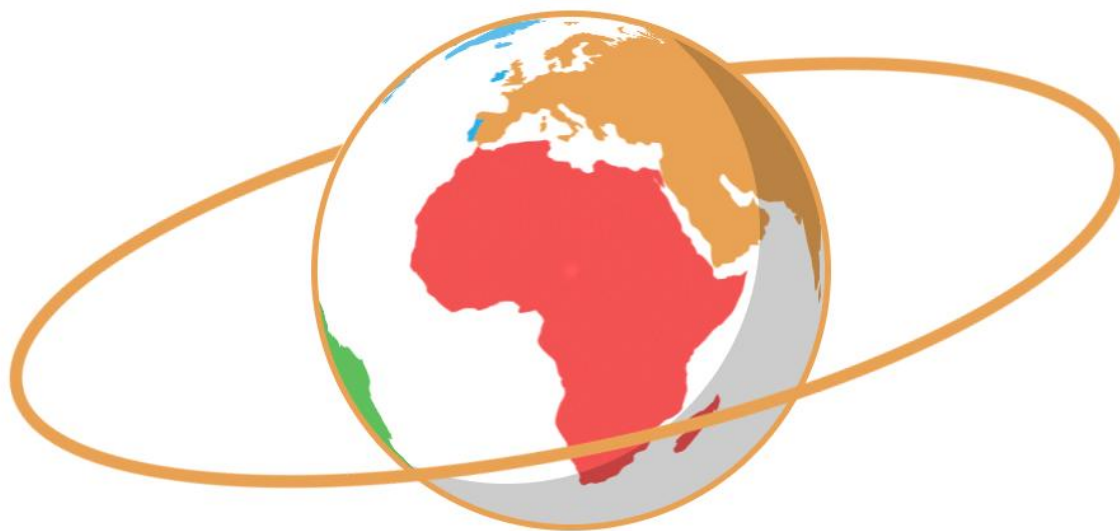
Причина раскачки и подавления Чандлеровского колебания



Выводы

- Чандлеровское движение полюса исчезло в 1930-е и 2020-е с изменением фазы
- в амплитудных изменениях чандлеровского возбуждения и LOD обнаруживаются сходные декадные колебания
- интегральный атмосферный и океанический моменты импульса не вполне это объясняют
- мы считаем, что движения линии узлов и апсид луны вызывают геофизические эффекты, отражающиеся на этих явлениях
- в квазидвухлетнем колебании QBO, южном колебании Эль-Ниньо, многолетнем атлантическом колебании (АМО) в 2020-е годы проявляются экстремумы и аномальные явления
- апсидально-нодальные эффекты могут проявляться в метеорологии, гидрологии, сейсмологии, климате. Ключ к их пониманию может дать изучение вращения Земли

Спасибо за внимание!



Некоторые элементы теории движения полюса

$$\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} + (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{H}) = \mathbf{A},$$

$$\mathbf{H} = \mathbf{I}\boldsymbol{\omega} + \mathbf{h}.$$

Уравнение для углового момента
в неподвижной в подвижной

$$\left(\frac{d\mathbf{H}}{dt}\right)_s = \mathbf{L}, \quad \frac{d\mathbf{H}}{dt} + \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{H} = \boldsymbol{\Gamma},$$

системах координат

Тензор инерции

$$\mathbf{I} + \delta \mathbf{I} = \begin{bmatrix} A + c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & B + c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & C + c_{33} \end{bmatrix}.$$

Вектор угловой скорости

$$\boldsymbol{\omega}_0 + \delta \boldsymbol{\omega} = \Omega \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ 1 + m_3 \end{bmatrix}.$$

$$\frac{d\omega_1}{dt} + \frac{I_3 - I_2}{I_1} \omega_2 \omega_3 = 0,$$

$$\frac{d\omega_2}{dt} + \frac{I_1 - I_3}{I_2} \omega_3 \omega_1 = 0,$$

$$\frac{d\omega_3}{dt} + \frac{I_2 - I_1}{I_3} \omega_1 \omega_2 = 0.$$

Комплексное линеаризованное
уравнение Эйлера-Лиувилля

$$\frac{i}{\sigma_e} \dot{m} + m = \Psi, \quad \dot{m}_3 = \dot{\Psi}_3,$$

$$\Psi = \Psi_1 + i\Psi_2$$

$$m = m_1 + im_2, \quad c = c_{13} + ic_{23},$$

$$h = \dot{c}_{13} + i\dot{c}_{23}$$

Возбуждающие функции

$$\Psi_1 = \frac{1}{\Omega^2(C-A)} \left(\Omega^2 c_{13} + \Omega \dot{c}_{23} + \dot{h}_2 + \Omega h_1 - \Lambda_2 \right),$$

$$\Psi_2 = \frac{1}{\Omega^2(C-A)} \left(\Omega^2 c_{23} - \Omega \dot{c}_{13} - \dot{h}_1 + \Omega h_2 + \Lambda_1 \right),$$

$$\Psi_3 = \frac{1}{\Omega^2 C} \left(-\Omega^2 c_{33} - \Omega \dot{h}_3 + \Omega \int_0^t \Lambda_3 dt \right).$$

$$\frac{d\omega_1}{dt} = -\sigma_e \omega_2, \quad \frac{d\omega_2}{dt} = \sigma_e \omega_1, \quad \sigma_e = \Omega \frac{C - \frac{A+B}{2}}{\frac{A+B}{2}}.$$

частота Эйлера

комплексная Чандлеровская частота

$$\sigma_c = \sigma_e \frac{\left(1 - \frac{k_2}{k_s}\right)}{\left(1 + e^{\frac{k_2}{k_s}}\right)} = 2\pi f_c \left(1 + \frac{i}{2Q}\right).$$

период $T=433$ сут $f_c=365.25/433$ колебаний в год

запись через комплексную
функцию углового момента

$$\chi = \frac{c}{(C-A)} + \frac{h}{\Omega(C-A)},$$

$$m = p - \frac{i}{\Omega} \dot{p}, \quad \frac{i}{\sigma_e} \dot{p} + p = \chi^{mass} + \chi^{motion} = \chi.$$

$$\chi_e^{mass} = \frac{1 + k'_2}{1 - \tilde{k}_2/k_s} \chi^{mass}, \quad \chi_e^{motion} = \frac{1}{1 - \tilde{k}_2/k_s} \chi^{motion}.$$

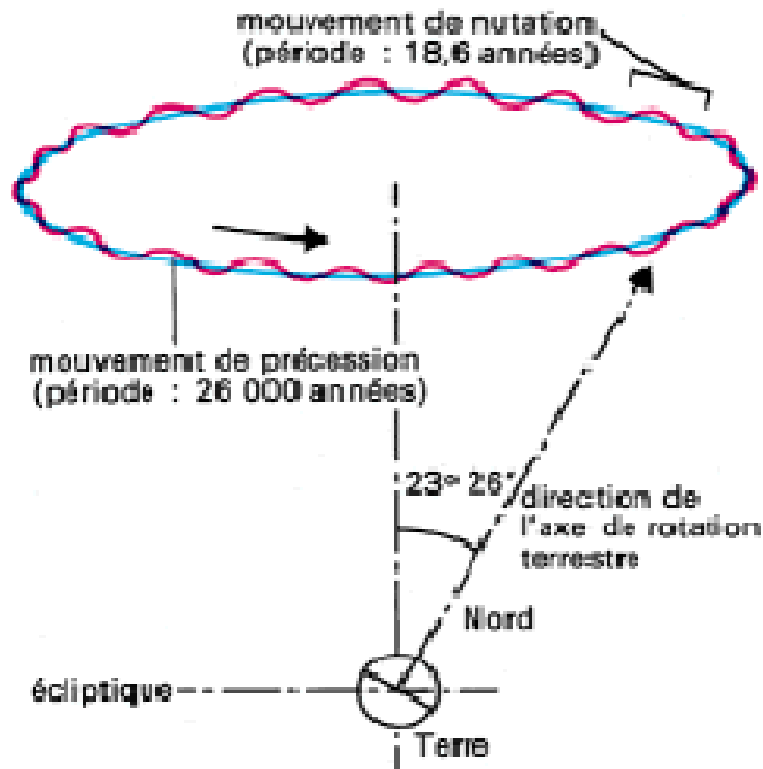
Геодезическое
возбуждение

Геофизическое
возбуждение

$$\frac{i}{\sigma_e} \frac{dp(t)}{dt} + p(t) = \chi^{tot}(t),$$

Нутации и движения 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

