

Процесс изменения широт и его модельное объяснение

Перед тем как обсуждать установленные С.Чандлером (1891г.) периодичности изменения среднемесячных значений широт рассмотрим характеристики орбитального движения Луны.

Возмущения в движении Луны, которые регистрируются визуально в изменениях долготы λ и параллакса имеют вид:

$$\pi = 3424'' + 187'' \cos M + 28'' \cos 2D + 10'' \cos 2M + \dots$$

$$\lambda = L + 377' \sin M + 40' \sin 2D + 13' \sin 2M$$

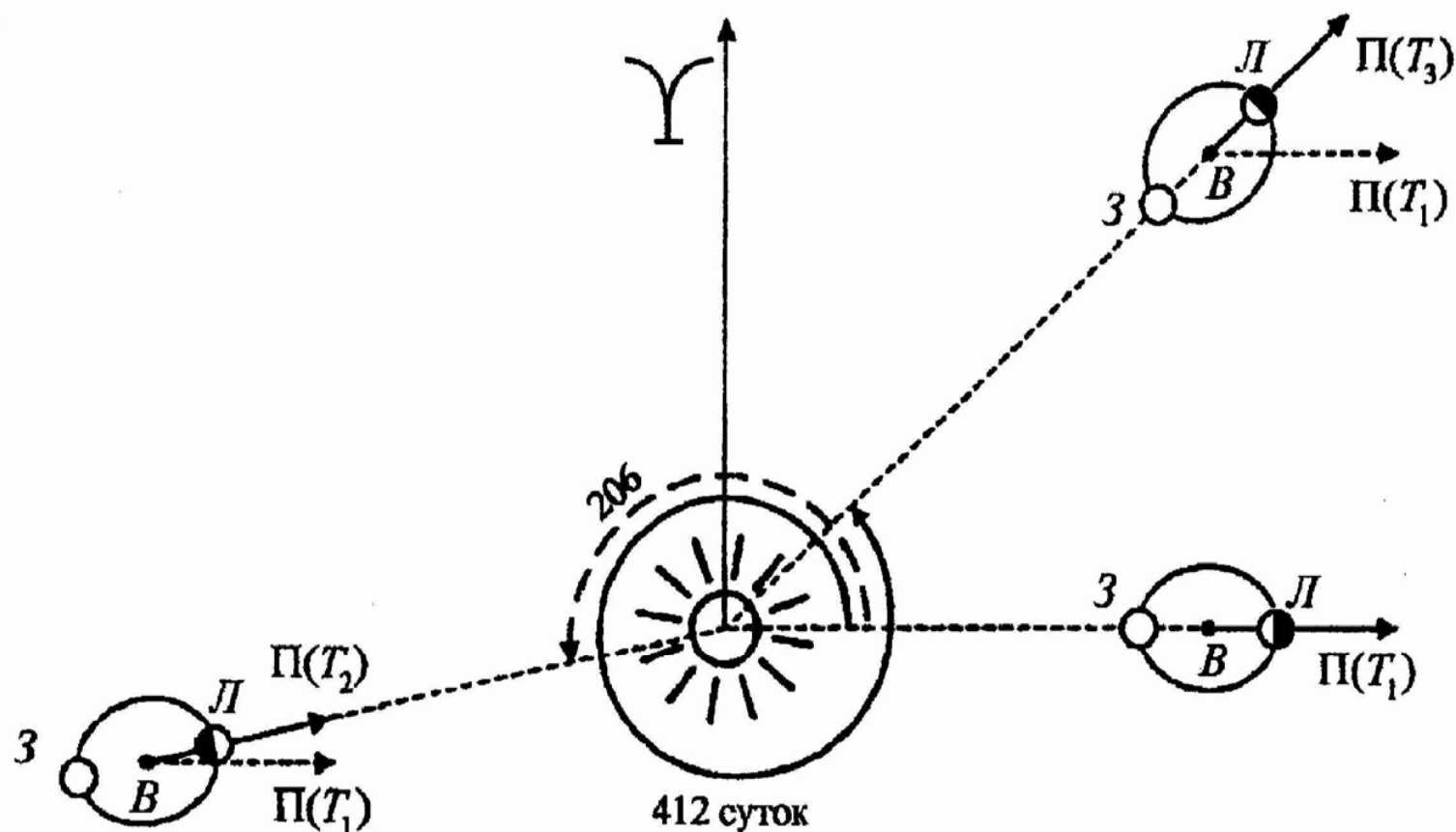
Модуль возмущения орбитального движения Луны равен $1.5 \cdot 10^{-3} \text{ см/с}^2$

«Возмущения, испытываемые Луной со стороны Солнца настолько велики, что ее невозмущенное движение нецелесообразно использовать в качестве первого приближения при решении уравнений движения».

М.Ф. Субботин *“Астрономические
работы Леонарда Эйлера”*

Изменение продолжительности аномалистического месяца в течение года и от года к году

ГОД	КАЛЕНДАРНЫЙ МЕСЯЦ											
	январь 01	февраль 02	март 03	апрель 04	май 05	июнь 06	июль 07	август 08	сентябрь 09	октябрь 10	ноябрь 11	декабрь 12
1957	28.40	28.53	28.45	28.12	27.10	25.04 27.15	28.06	28.35	28.44	28.36	27.92	25.74
1958	<u>25.77</u>	27.96	28.41	28.50	28.39 28.06	27.06	<u>25.08</u>	27.15	28.09	28.41	28.50	28.39
1959	27.86	<u>25.36</u> 26.17	28.00	28.37	28.44	28.34	28.04	27.08	<u>25.02</u>	27.19	28.16 28.47	28.53
1960	28.36	27.71	<u>25.18</u>	26.48	27.97	28.32	28.40	28.34	28.07 27.04	<u>24.88</u>	27.36	28.26
1961	28.52	28.52	28.29	27.55	<u>25.19</u>	26.60 27.94	28.30	28.42	28.39	28.12	26.94	<u>24.79</u>
1962	27.56	28.33	28.51	28.46	28.20 27.47	<u>25.27</u>	26.60	27.93	28.33	28.46	28.43	28.12
1963	26.66 <u>24.96</u>	27.70	28.32	28.45	28.39	28.15	27.45	<u>25.25</u>	26.63	27.98	28.39 28.53	28.46
1964	28.05	26.27	<u>25.31</u>	27.75	28.28	28.41	28.37	28.16	27.47 <u>25.09</u>	26.72	28.08	28.47
1965	28.56	28.42	27.93	26.07	<u>25.59</u>	27.72 28.23	28.39	28.38	28.20	27.48	<u>24.86</u>	26.93
1966	28.18	28.49	28.52	28.34	27.82 25.99	<u>25.76</u>	27.70	28.23	28.41	28.43	28.24	27.38



Конфигурация системы Земля-Луна-Солнце.

Перигей орбиты Π на момент T_1 повторяется в момент T_3 , равный $T_3 = T_1 + 412$ суток.
 T_1 - момент, соответствующий совпадению (для наглядности) начала года, полнолуния, прохождения Землей (Луной) перигея орбиты вокруг барицентра.

Уравнения движения Луны имеют вид:

$$\frac{d^2 r'}{dt^2} - r' \left(\frac{d\mathcal{C}}{dt} \right)^2 = -k \frac{m + m'}{r'^2} + S \quad \text{и так далее}$$
$$\frac{d}{dt} \left(r'^2 \frac{d\mathcal{C}}{dt} \right) = P r'$$

Таким образом компоненты возмущающей силы выражаются рядами:

$$S = \frac{1}{2} n^2 \frac{a^3}{\rho^3} r' \left(1 + 3 \cos 2D + \frac{9}{4} \frac{r'}{\rho} \frac{m - m'}{m + m'} \cos D + \dots \right)$$
$$P = -\frac{1}{2} n^2 \frac{a^3}{\rho^3} r' \left(3 \sin 2D + \frac{3}{4} \frac{r'}{\rho} \frac{m - m'}{m + m'} \sin D + \dots \right)$$

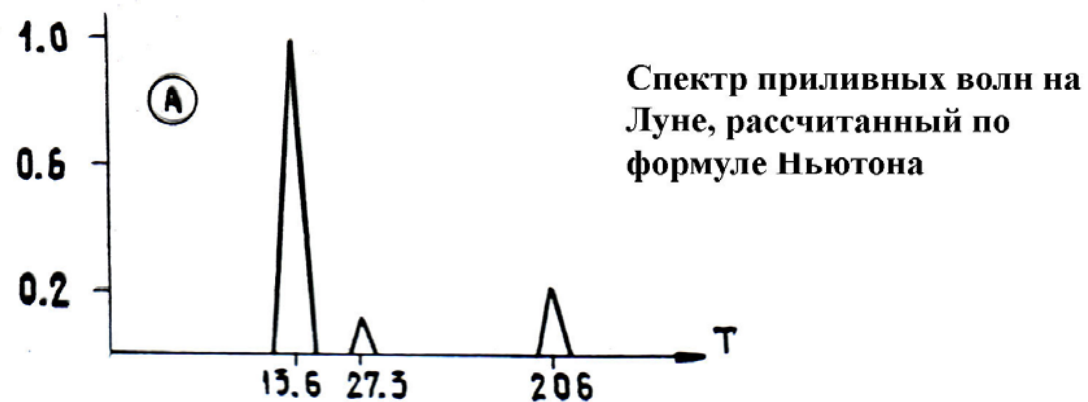
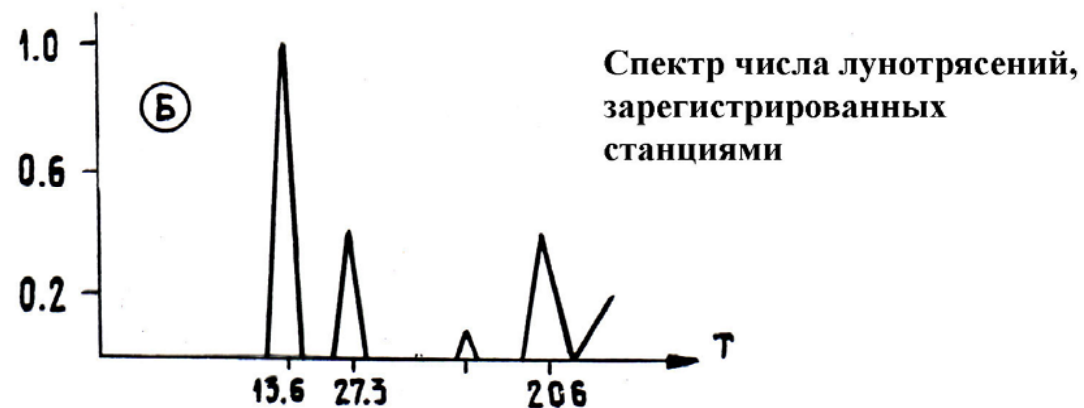
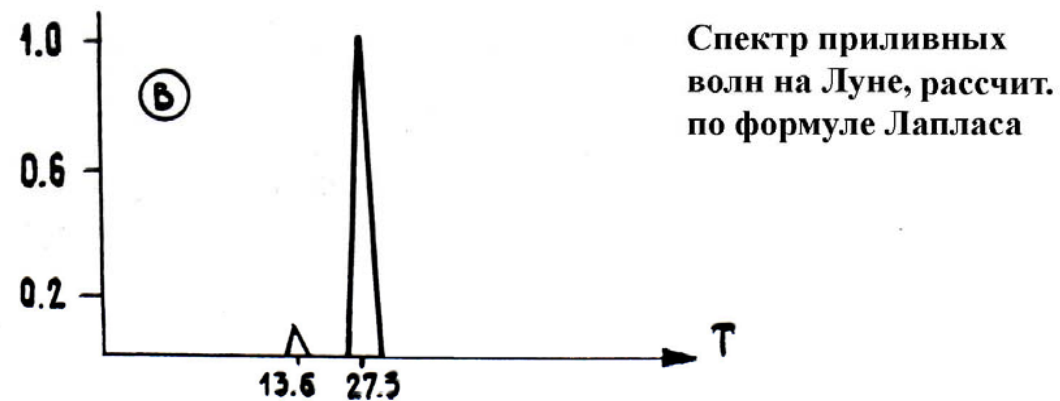
Угол D является разностью долгот Луны и Солнца.

«В последующих изданиях “Начал” Ньютон почти ничего не добавил к теории приливов, изложенной в первом издании; он принял лишь во внимание, ... что при вычислении наибольшего прилива действие Солнца следует умножить на косинус удвоенного синодического движения Луны за этот же промежуток времени»...

П.С. Лаплас

Компоненты F_L , F_{SN} , F_{EW} приливного воздействия Земли M_1 и Солнца M_2 на Луну с учетом возмущений Солнцем орбитального движения Луны (квадратные скобки) имеют вид:

$$\begin{aligned} \frac{F_L}{\delta m} &= f \frac{M_1 l}{r^3} \left(3 \cos^2 z_1 - 1 \right) + f \frac{M_2 l}{R_0^3} \left(3 \cos^2 z_2 - 1 \right) + \\ &\quad + \left[3 f \frac{M_2 r_1}{R_0^3} \cos D \cos z_2 - f \frac{M_2 r_1}{R_0^3} \cos z_1 \right] \\ \frac{F_{SN}}{\delta m} &= 3 f \frac{M_1 l}{r^3} \cos z_1 \sin z_1 \cos A_1 + 3 f \frac{M_2 l}{R_0^3} \cos z_2 \sin z_2 \cos A_2 + \\ &\quad + \left[3 f \frac{M_2 r_1}{R_0^3} \cos D \sin z_2 \cos A_2 - f \frac{M_2 r_1}{R_0^3} \sin z_1 \cos A_1 \right] \\ \frac{F_{EW}}{\delta m} &= 3 f \frac{M_1 l}{r^3} \cos z_1 \sin z_1 \sin A_1 + 3 f \frac{M_2 l}{R_0^3} \cos z_2 \sin z_2 \sin A_2 + \\ &\quad + \left[3 f \frac{M_2 r_1}{R_0^3} \cos D \sin z_2 \sin A_2 - f \frac{M_2 r_1}{R_0^3} \sin z_1 \sin A_1 \right] \end{aligned}$$



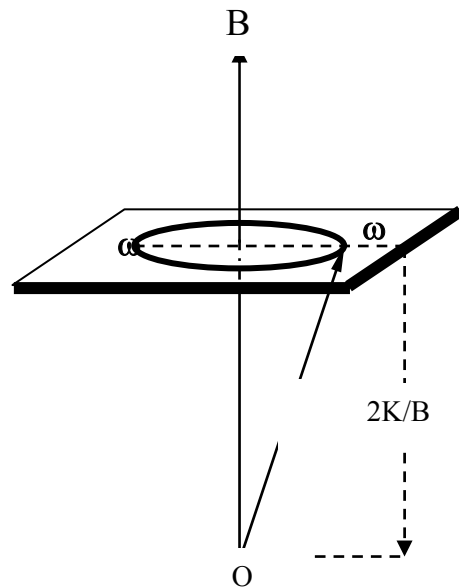
**Возмущения
орбитального
движения
проявляются
в процессах,
регистрируемых
на Луне**

1870 годы

Спор между геологами, придерживавшимися гипотезы контракции: Земля расплавленная жидкая, покрытая тонкой корой, которая остывая сморщивается, из-за чего формируются горы. Физики (Кельвин) по оценке теплового потока в шахтах говорили, что Земля твердая.

Геологи потребовали, чтобы был зарегистрирован какой то глобальный процесс, являющийся подтверждением твердого состояния Земли.

Кельвин был крупный специалист по гироскопам и он решил, что если будет обнаружена свободная нутация оси вращения Земли, то это веский аргумент, подтверждающий твердое состояние Земли.



$$K = \frac{B \overline{\omega}}{2} = \text{const} ; K=10^{36} \text{ эрг}$$

**Энергия внешнего воздействия
Луны и Солнца 10^{29} эрг.
Энергия импульсного
воздействия (сейсмичность)
 10^{25} эрг.**

**Процесс свободной нутации
оценивался по наблюдаемой
скорости вынужденной
прецессии (50" в год).**

$$\dot{\vec{L}} + [\vec{\omega} \times \vec{L}] = \vec{N}$$

$$L_1 = A\omega_1 + I_{12}\omega_2 + I_{13}\omega_3$$

$$L_2 = I_{21}\omega_1 + B\omega_2 + I_{23}\omega_3$$

$$L_3 = I_{31}\omega_1 + I_{32}\omega_2 + C\omega_3$$

$$A \frac{d\omega_1}{dt} + (C - B)\omega_2\omega_3 - I_{12}\omega_1\omega_3 + I_{23}(\omega_2^2 - \omega_3^2) + I_{12}\omega_1\omega_2 + I_{12} \frac{d\omega_2}{dt} = N = 0$$

$$C \frac{d\omega_3}{dt} - (A - B)\omega_1\omega_2 - I_{12}\omega_1\omega_3 + I_{23}(\omega_2^2 - \omega_3^2) + I_{12}\omega_1\omega_2 + I_{12} \frac{d\omega_2}{dt} = N = 0$$

Модель геопот.	$(C-A) \cdot 10^{44}$ $\Gamma \cdot \text{см}^2$	$(B-A) \cdot 10^{44}$ $\Gamma \cdot \text{см}^2$	$I_{12} \cdot 10^{44}$ $\Gamma \cdot \text{см}^2$
GEM-9	0.0263459	0.0000764	-0.00043
GEM-10	0.0263460	0.0000764	-0.00043

$$I_{12} \cong 5(B - A)$$

$$\frac{d\psi}{dt} = 50''/\text{год} = -3f \frac{M_M(C - A)}{C\omega_3\rho_1^3} \{\sin \nu \cos \beta_1 \dots\} - 3f \frac{M_C(C - A)}{C\omega_3\rho_2^3} \{\sin \nu \cos \beta_1 \dots\}$$

$$\frac{d\psi}{dt} = 50''/\text{год} \rightarrow H = \frac{C - A}{C} = 0.0032729 \pm 0.000007$$

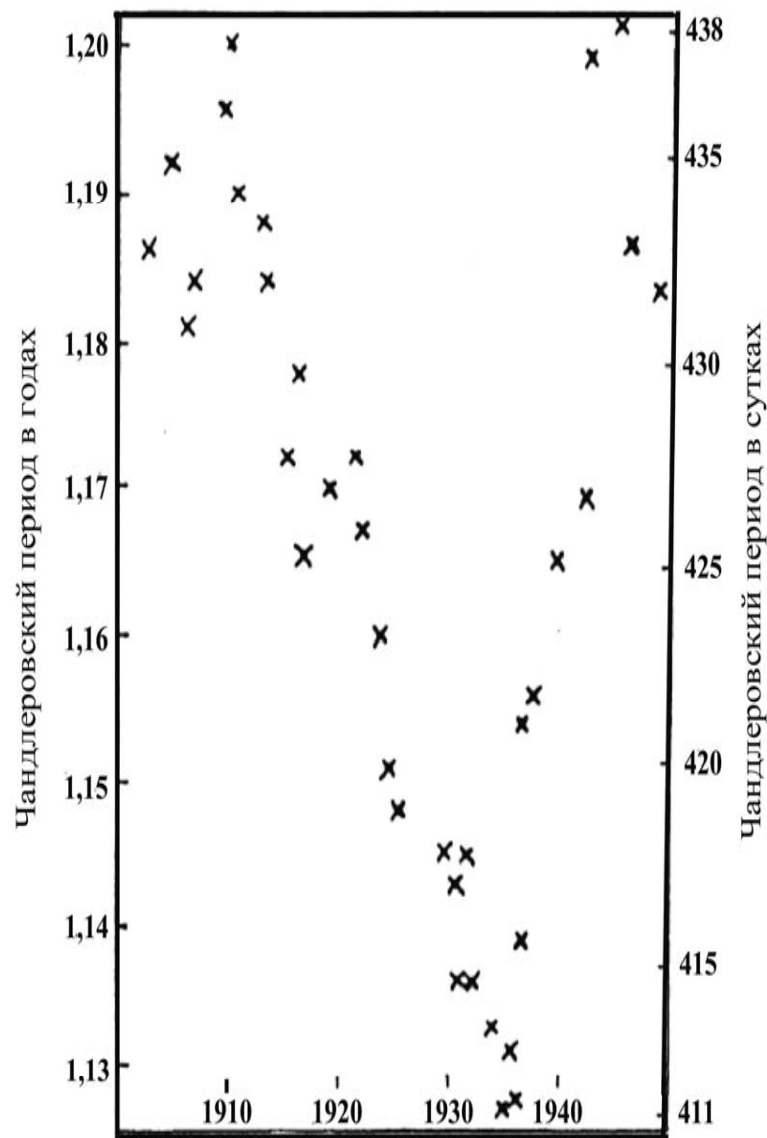
Период свободной нутации оценивается по материалам наблюдений на реальной Земле, на которой наблюдаются и изменения широт.

1876 год

«Проанализировав по просьбе Кельвина наблюдения широты Вашингтона в 1862-1865гг. с целью выявить 10-месячные колебания, Ньюкомб нашел амплитуду этих колебаний $0.''05 \pm 0.''03$. Об этом результате Кельвин в 1876 г. объявил в президентской речи перед Британской ассоциацией как о достаточно убедительном доказательстве существования свободной нутации».

[Манк, Макдональд «Вращение Земли»]

До 1891 года никаких обсуждений есть ли вариация широт с периодом 300 суток или ее нет не проводилась.



Изменение чандлеровского периода
с 1900 по 1950 гг. по Мельхиору

В 1891 - 1892 гг. С. Чандлер публикует материалы подробного исследования процесса изменения широт.

В изменении широт нет периодичности 300 - 305 суток. Есть гармоника с периодом 365 суток (год) и гармоника с периодом 412-440 суток.

С. Ньюкомб сначала ставит под сомнение материалы исследований С. Чандлера, а потом заявляет, что какой бы не был зарегистрирован период – это период свободной нутации.

Абсолютно жесткая Земля $T_0=305$, деформируемая она превращается в 410-440. Кельвин в этом обсуждении не принимает участия.

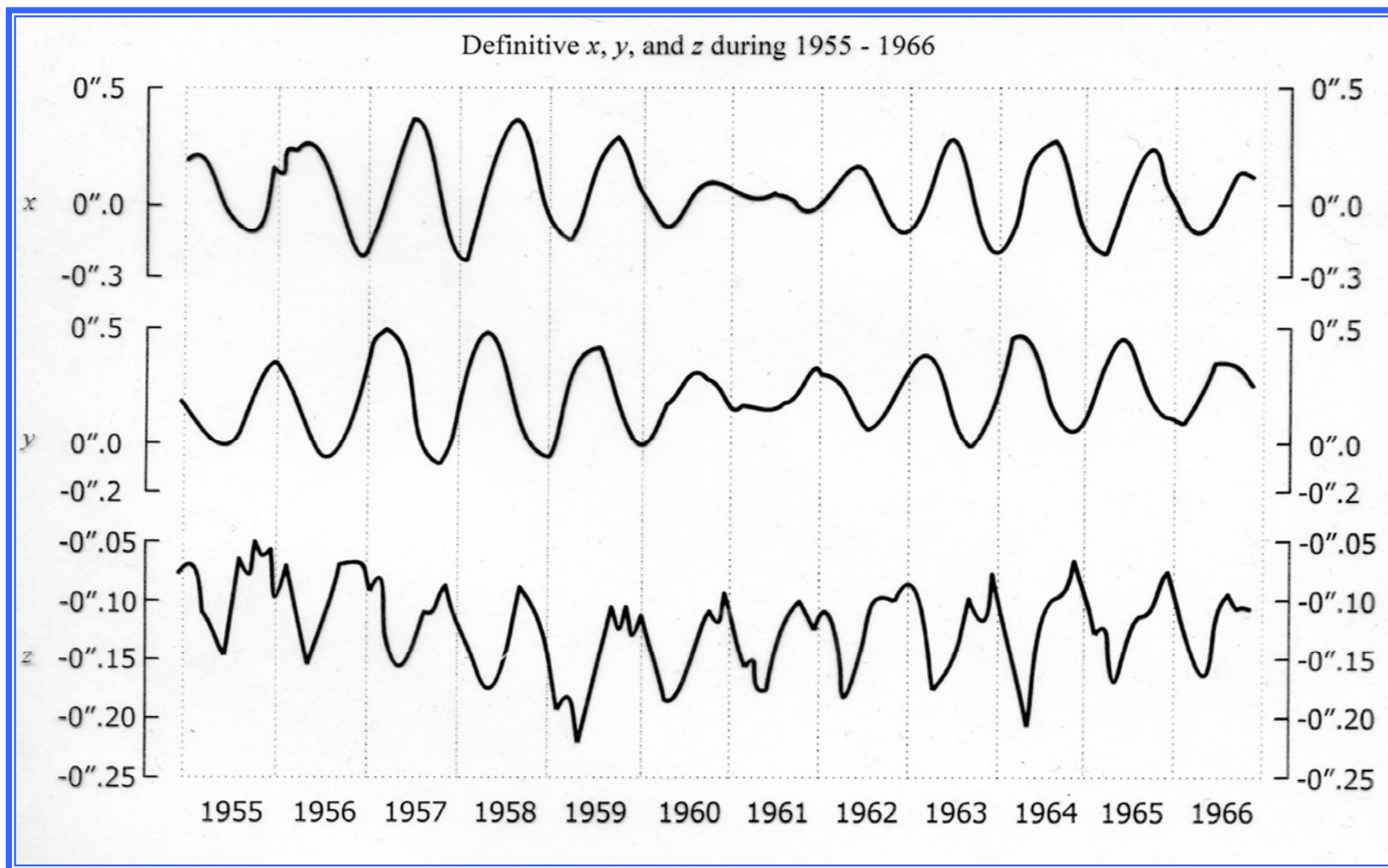
$$\begin{aligned}
\frac{F_X \cdot 10^6 \text{cm/c}^2}{\delta m} &= -37 \cos H_{\ominus} \cos \omega \cos(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) + 37 \cos H_{\ominus} \sin \omega \sin(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) + \\
&+ 13 \cos H_{\ominus} + 6 \cos H_{\ominus} \cos 2(\lambda_{\ominus} - \lambda_{\text{Ю}}) - 6 \sin H_{\ominus} \sin 2(\lambda_{\ominus} - \lambda_{\text{Ю}}) + \\
&+ 4 \cos H_{\ominus} \cos(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) + 3 \cos H_{\ominus} \cos 2(\lambda_{\ominus} - \lambda_{\hat{A}}) - \\
&- 2 \cos H_{\ominus} \cos 2\omega \cos(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) + 2 \cos H_{\ominus} \sin 2\omega \sin(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) \\
\frac{F_Y \cdot 10^6 \text{cm/c}^2}{\delta m} &= -37 \sin H_{\ominus} \cos \omega \cos(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) + 37 \sin H_{\ominus} \sin \omega \sin(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) + \\
&+ 13 \sin H_{\ominus} + 6 \sin H_{\ominus} \cos 2(\lambda_{\ominus} - \lambda_{\text{Ю}}) + 6 \cos H_{\ominus} \sin 2(\lambda_{\ominus} - \lambda_{\text{Ю}}) + \\
&+ 4 \sin H_{\ominus} \cos(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) + 3 \sin H_{\ominus} \cos 2(\lambda_{\ominus} - \lambda_{\hat{A}}) - \\
&- 2 \sin H_{\ominus} \cos 2\omega \cos(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) + 2 \sin H_{\ominus} \sin 2\omega \sin(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) \\
\frac{F_Z \cdot 10^6 \text{cm/c}^2}{\delta m} &= -11 \sin \omega \cos(\Omega + \nu - 2\lambda_{\ominus}) - 11 \cos \omega \sin(\Omega + \nu - 2\lambda_{\ominus}) - \\
&- 3 \sin \omega \cos(\Omega + \nu) - 3 \cos \omega \sin(\Omega + \nu) + 2 \cos \lambda_{\ominus} + 2 \sin \lambda_{\ominus} + 2 \sin(\lambda_{\ominus} - 2\lambda_{\text{Ю}})
\end{aligned}$$

Результирующие периоды, входящие в выражения аргумента,
имеют значения (в годах)

$$\begin{aligned}
T_1 &= \frac{2\pi}{\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}} = 1.2; & T_2 &= \frac{2\pi}{\Omega + \nu - 2\lambda_{\ominus}} = 0.54; & T_3 &= \frac{2\pi}{\Omega + \nu} = 6.0; \\
T_4 &= \frac{2\pi}{2(\lambda_{\ominus} - \lambda_{\text{Ю}})} = 0.55; & T_5 &= \frac{2\pi}{2(\lambda_{\ominus} - \lambda_{\hat{A}})} = 0.82; & T_6 &= \frac{2\pi}{\lambda_{\ominus} - 2\lambda_{\text{Ю}}} = 1.2
\end{aligned}$$

**Модуль перемещения внутреннего ядра U
и изменение положения центра масс Земли ΔR
при силовом воздействии $\delta m \cdot 40 \cdot 10^{-6} \text{ см/с}^2$**

Разность плотностей	T час	$k \cdot 10^{-7}$ с^{-2}	U см	ΔR см	$\Delta R/R$
0.5	4.7	1.39	288	4.8	$0.8 \cdot 10^{-8}$
0.3	6.0	0.84	476	8.0	1.2
0.2	7.4	0.56	716	11.9	1.8
0.1	10	0.28	1428	23.8	3.7



Открытие И. Леманн внутреннего твердого ядра позволяет механически аккуратно объяснить процесс изменения широт.

Разность размахов морского прилива в Мурманске, 1981--1989 г г.
 (размах в полнолуние 180° минус размах в новолуние 0°)
 и минимальный аномалистический месяц (24.6 --25.6 суток)

