

**ПРИЧИНЫ
ВОЗБУЖДЕНИЯ
ЧАНДЛЕРОВСКОГО
ДВИЖЕНИЯ ПОЛЮСА
ЗЕМЛИ**

Первый этап исследований “интригующей проблемы геофизики”

1. Великие геологические споры (книга Э.Хеллема).

Актуализм – подход к изучению процессов сегодняшнего дня как к средству интерпретации процессов прошлых эпох.

Фурье считал, что геотермический градиент обусловлен остаточным теплом Земли, скорость остывания уменьшается.

Эли де Бомон включил эти представления в свою теорию горообразования. Земля по мере остывания сжимается, что вызывает смятие слоев и поднятие горных хребтов. Когда Земля была более разогрета, сильно проявляется вулканизм.

Книга Чарльза Лайеля «Принципы геологии» выдержала 11 изданий.

Чарльз Дарвин в книге, изданной в 1859 г., дал по скорости денудации района Вельда период 300 млн. лет. В июне 1861 г. на вопрос Филлипса о работе Дарвина У.Томсон (Кельвин) ответил: «Подсчеты Дарвина - это нечто абсурдное». Кельвин считал, что первичная энергия метеоров при столкновении переходит в тепло. Быстрое столкновение приводит к расплавленной массе “Солнце не освещало Землю в течении 100 млн. лет”. Тепло внутри Земли – ключ к определению ее возраста. Температурный градиент 1° по Фаренгейту на 50 футов, измеренные теплопроводности пород дали Кельвину оценить возраст Земли 98 млн. лет.

В 1868 г. выступление Кельвина на Геологическом обществе Глазго. Тэйт – физик, соавтор Кельвина оценил остывание Земли за 15 млн. лет, а возраст Солнца не больше 20 млн. лет.

В 1869 г. в Президентской речи в Лондоне Хаксли сказал: «Нельзя допустить, чтобы точные математические вычисления властвовали над результатами, ибо страницы исписанные формулами не вытянут истину из множества фактов».

Было усиление несогласия с Кельвином. Гейки высказал сомнение в надежности физических аргументов: «Мы должны помнить, что геологическая летопись представляет собой значительную сумму сведений по истории Земли, которую нельзя игнорировать... было сделано, какое-то допущение или выпущено из виду некоторое соображение, которое, если принять во внимание, дает разумную интерпретацию геологической летописи».

Исходные положения Кельвина представлялись не бесспорными.

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.

Свободная нутация оси вращения твердого тела является своего рода аналогом свободных собственных колебаний маятника. Если вращающееся тело свободно, т.е. нет внешнего силового воздействия, то его кинетическая энергия K должна оставаться постоянной. Кинетическая энергия есть скалярное произведение векторов кинетического момента и угловой скорости $\bar{\omega}$, т.е.

$$2K = \bar{L} \cdot \bar{\omega} = const$$

В общем случае вектора $\bar{L}$ и $\bar{\omega}$ могут не совпадать и, следовательно, вектор $\bar{\omega}$ может описывать конус относительно неподвижного в пространстве вектора $\bar{L}$ и при этом K будет оставаться постоянной. Для реализации свободной нутации, вектора $\bar{L}$ и $\bar{\omega}$ в начальный момент должны не совпадать, этому нет никаких запретов в случае твердого тела, но это не может быть реализовано в случае жидкого тела, у которого из-за текучести жидкости ось вращения и ось фигуры тут же быстро совпадут.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

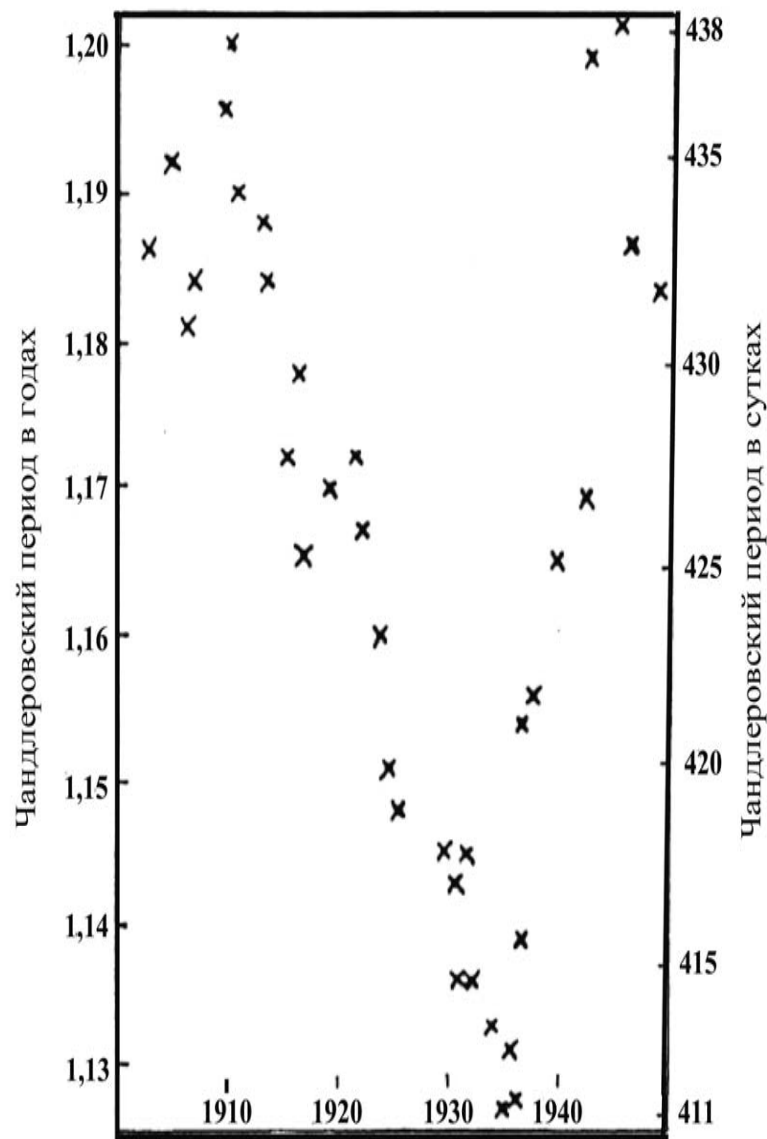
Период свободной нутации оценивается по материалам наблюдений на реальной Земле, на которой наблюдаются и изменения широт.

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.



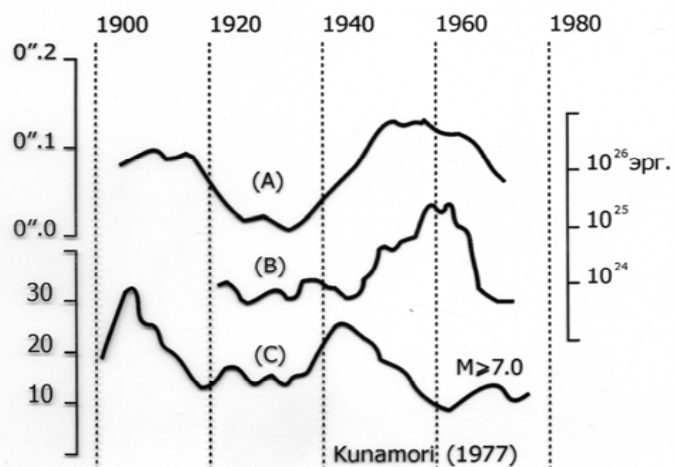
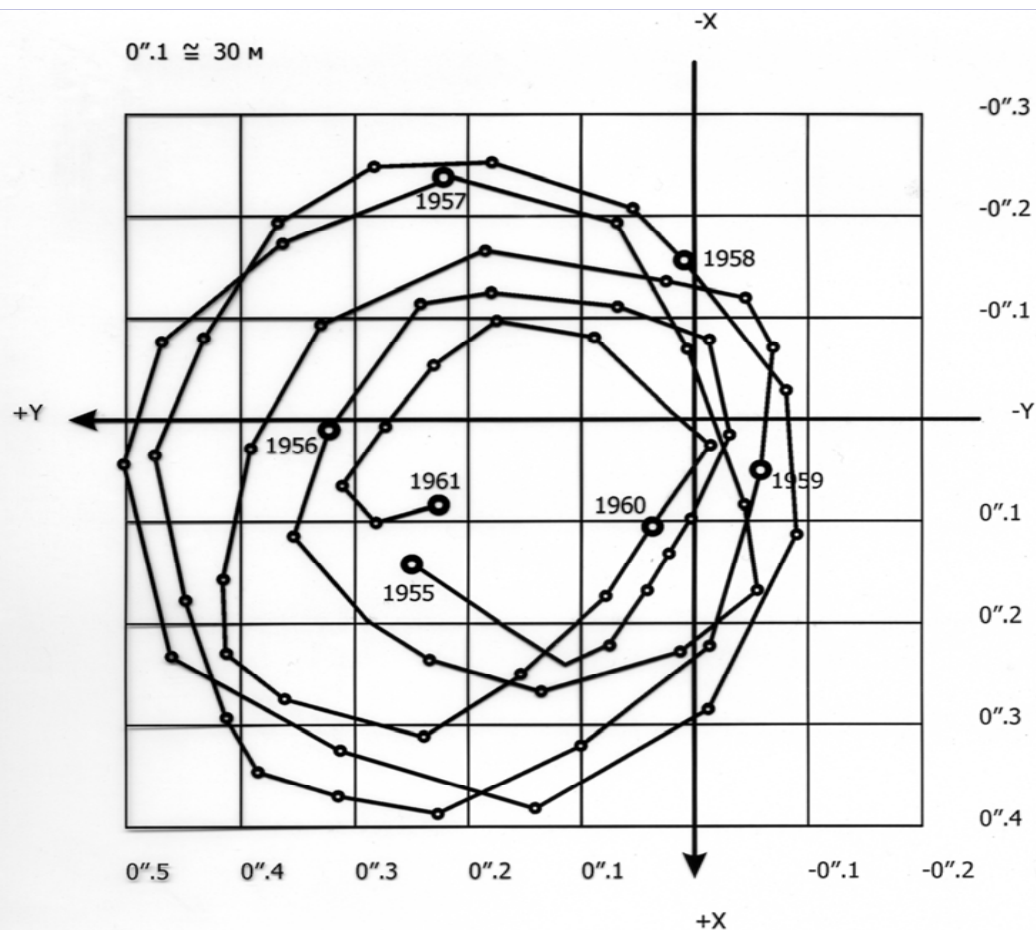
Изменение чандлеровского периода
с 1900 по 1950 гг. по Мельхиору

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 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 $T_0=305$, у деформируемой период превращается в 410-440. Кельвин в этом обсуждении не принимает участия.



**Перемещение
оси вращения
в теле Земли.**

**Корреляция с
сейсмичностью**

Из статьи С.Ньюкомба “О динамике вращения Земли в связи с изменяемостью широт” (1892 г.)

«Открытие м-ра С.Чандлера ставит вопрос о том, может ли быть заключен определенный дефект в теории, предсказывающей период движения полюса с периодом 306 дней. Цель данной статьи – указать на то, что такой дефект есть, и именно он заключается в неучете упругости Земли и подвижности водных масс океана».

«Мы уже пришли к выводу, что движение водных масс океана сдвинет точку Р' на одну четырнадцатую в направлении от Р' к R. Таким образом, окончательно имеем:

Период обращения полюса – 443 дня

Период обращения полюса для твердой Земли – 306 дней

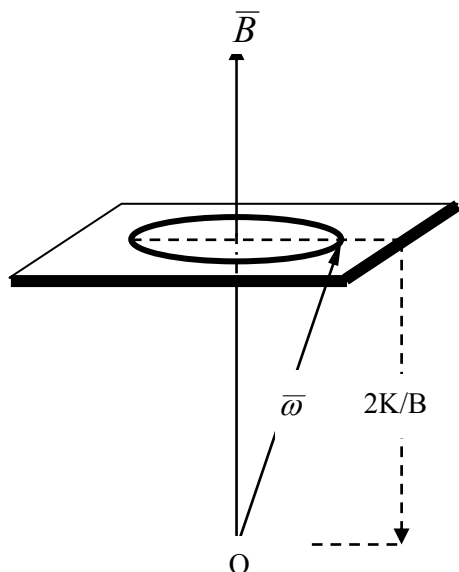
Вычисленное увеличение периода –137 дней

Наблюдаемое увеличение периода –121 день.

Общий вывод заключается в том, что Земля деформируется центробежной силой несколько слабее, чем это было бы в случае, если бы она обладала твердостью стали. Видимо, в действительности вещество Земли является более твердым, чем сталь».

«Если бы зимы в Сибири и в Северной Америке наступали бы в противоположные сезоны, то не было бы трудностей в объяснении природы наблюдаемого эффекта за счет влияния снегопадов. Однако, в реальной ситуации мы должны ожидать результатов дальнейших исследований».

Условий для реализации свободной нутации у Земли, находящейся под воздействием Луны и Солнца, нет.



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

Возбуждение чандлерова качания реально наблюдается, но это не проявление свободной нутации.

Какой процесс может обуславливать перемещение оси вращения в теле Земли с периодами 365 суток и 412-437 суток?

Энергия внешнего воздействия Луны и Солнца на Землю – 10^{29} эрг
Энергия импульсного воздействия (сейсмичность) – 10^{25} эрг

2. С.Чандлер в изменении среднемесячных значений широт установил периодичность 365 суток – это период обращения системы Земля-Луна вокруг Солнца, а также периодичность 412-440 суток. Спрашивается есть ли такая периодичность в характеристиках месячного орбитального движения Земли и Луны вокруг центра масс Земля-Луна (барицентра).

НЕРАВЕНСТВА ЛУННЫХЪ МѢСЯЦЕВЪ

ИЗСЛѢДОВАНИЕ

Кн. Н. Долгорукова.

(Приложеніе къ Извѣстіямъ Русскаго Астроном. Общества за 1912 г.).



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія Ю. Н. Эрлихъ (влад. А. Э. Коллинсъ) М. Дворянская, 19.
1912.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЯ-ЛУНА-СОЛНЦЕ

1	Средний радиус орбиты центра масс Земля-Луна (барицентра) вокруг Солнца	1.4960×10^8 км – 1а.е.
2	Среднее расстояние между центрами Земли и Луны	3.844×10^5 км
3	Среднее расстояние Земли от центра масс Земля-Луна	4.73×10^3 км
4	Отношение массы Луны к массе Земли	1 / 81.3
5	Возмущение Солнцем орбитального движения Луны вокруг центра масс Земля-Луна	1.5×10^{-3} см/с ²
6	Возмущение Солнцем орбитального движения Земли вокруг центра масс Земля-Луна	19×10^{-6} см/с ²
7	Регистрация лучевых скоростей зонда «Маринер 2» (10.09-10.12.1962) позволила установить с точностью до 3 см/сек движение Земли вокруг центра масс Земля-Луна	

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”

	Невозмущенная величина	Возмущенная величина
Большая полуось	384400 км	$381500 \leq \alpha_{\text{км}} \leq 387300$
Эксцентриситет	0.0549	$0.043 \leq \varepsilon \leq 0.067$
Наклон орбиты к эклиптике	$i = 5^{\circ}08'43''$	$4^{\circ}59' \leq i \leq 5^{\circ}17'$
Расстояние от Земли до Луны в перигее	363300 км	356400 – 370500 км
Расстояние от Земли до Луны в апогее	405500 км	404000 – 406730 км
Периодичность изменения долготы узла орбиты	18.6 лет (по	часовой стрелке)
Периодичность изменения долготы перигея	8.85 лет (против по прямому	часовой стрелки движению светил)
Изменение ориентировки перигея относительно узла орбиты	6 лет	
Среднее расстояние от центра масс Земли до центра Земля-Луна (барицентра)	4670 км	

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

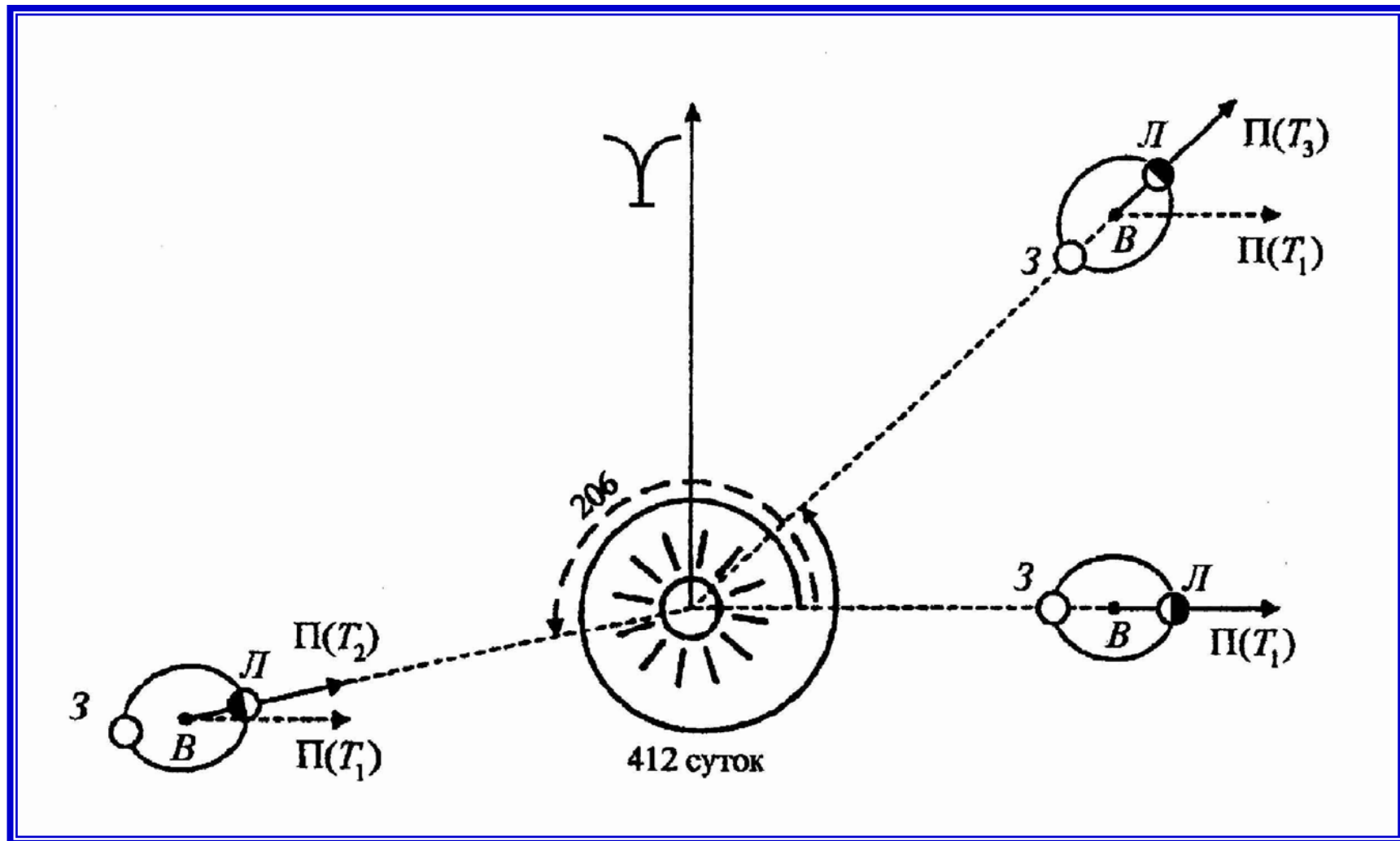
М.Ф. Субботин

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

Чередование коротких аномалистических месяцев (выборка их АЕ)

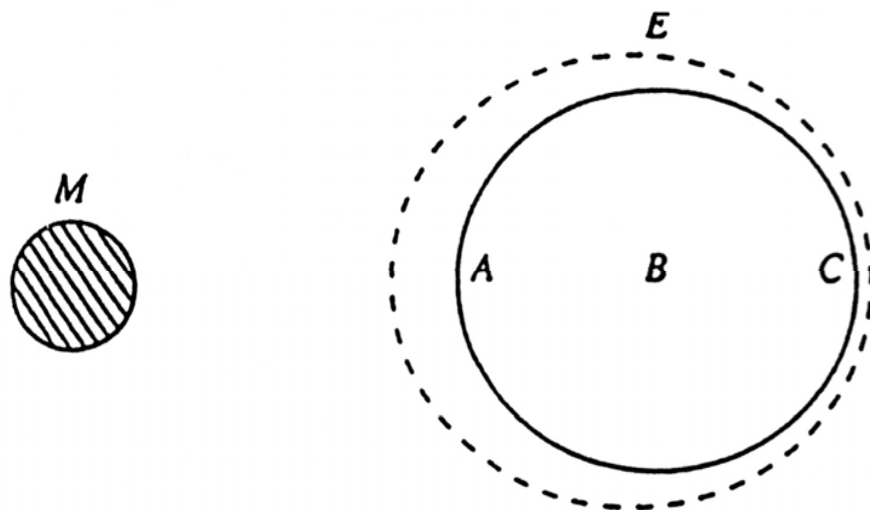
Месяц Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1940						25.2						
1941							25.1					
1942		25.0							25.1			
1943			25.0								25.0	
1944				25.1								
1945						25.1						
1946		25.6						25.0				
1947			25.7							24.8		
1948					25.7						24.7	
1949						25.6						
1950	24.8						25.7					
1951			25.0						25.5			
1952				25.4							25.1	
1953						25.4						
1954							25.4					
1955		25.0							25.4			
1956			24.9							25.5		
1957					25.1							



Конфигурация системы Земля-Луна-Солнце

Перигей орбиты Γ 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.

Принципиально неверно объяснять приливную силу, считая Землю неподвижной и обращающихся вокруг нее Луну и Солнце.



Это замечание Э.Мах иллюстрирует рисунком, на котором показано, что в случае неподвижной Земли и обращающейся вокруг нее Луны приливная деформация океана имела бы “однобокий” вид. Э.Мах комментирует рисунок следующими словами: **«Таким образом в точке А вес воды уменьшился бы, а в точке С – понизился бы, и вода поднялась только на стороне, обращенной к Луне».**

И тем не менее объяснение приливного воздействия Луны и Солнца во всех учебниках по геофизике проводится в предположении, что Земля неподвижна.

Вследствие притяжения Луны Земля обращается вокруг общего центра масс Луны и Земли по эллипсу с большой полуосью $\mu a/(1+\mu)$ и периодом, равным периоду движения Луны. В результате этого явления видимые положения Солнца и планет имеют вариации, описываемые так называемым *лунным неравенством* L , причем

$$L = \frac{a_{\text{л}}}{a_{\oplus}} \frac{\mu}{1+\mu} = 6''.44$$

Гамильтон рассказывает о результатах, полученных при помощи космического зонда “Маринер 2”. Между 10 сентября и 10 декабря 1962 г. регистрировались лучевые скорости этого зонда. Анализ этих измерений позволил установить с точностью до 3 см/сек движение Земли по отношению к центру тяжести системы Земля-Луна, что дало для отношения масс следующую величину (предварительную):

$$\frac{1}{\mu} = \frac{m_{\oplus}}{m_{\text{л}}} = 81.3015 \pm 0.0033 \text{ (средняя квадратич. ошибка)}$$

Изучение возможных систематических погрешностей продолжается, но связь μ с другими неизвестными является слабой.

«Если рассматривать, что Земля и Луна обращаются около их общего центра тяжести, то движение Земли возмущается подобными же силами».

И.Ньютон Начала (Предложение XXI Задача VI)

Приливная сила $\bar{F}_n$, действующая на пробную частицу массы δm исследуемого тела, равна векторной разности между силами гравитационного притяжения частицы δm внешними телами массы M_i и силы инерции этой частицы, представляющей собой ускорение центра масс исследуемого тела $\bar{a}_0$, умноженное на массу частицы, т.е.

$$\bar{F}_n = \sum_1^n f \frac{M_i \delta m}{\rho_i^3} \cdot \bar{\rho}_i - \delta m \bar{a}_0$$

Ускорение $\bar{a}_0$ в общем случае имеет невозмущенную (кеплерову) компоненту a_p и возмущения a_τ .

Компоненты возмущающей силы выражаются рядами:

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

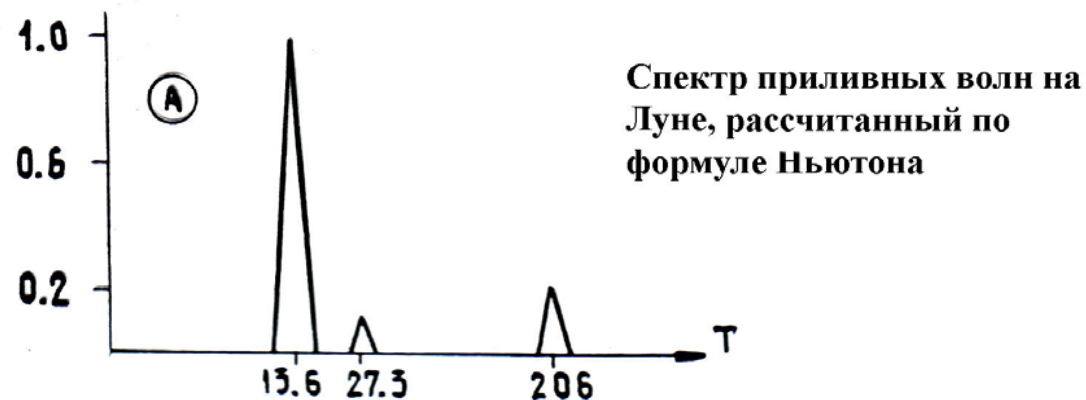
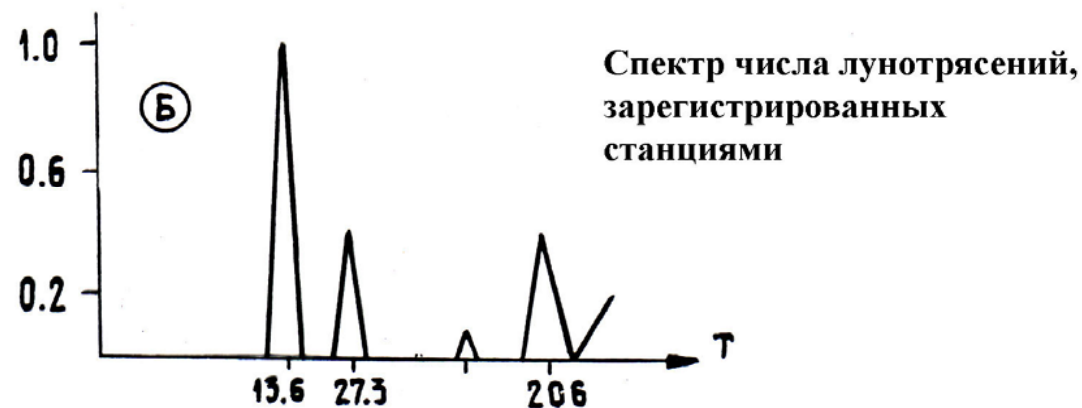
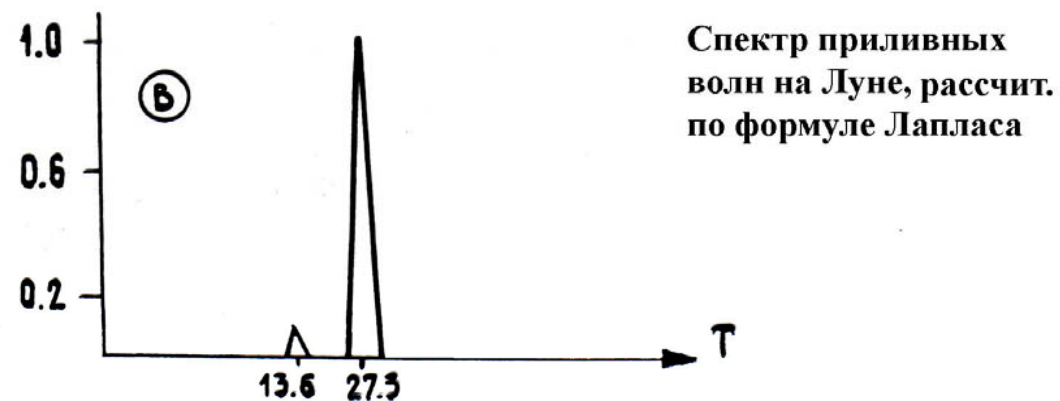
Угол D является разностью долгот Луны и Солнца.

«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 «Небесная механика», книга XIII

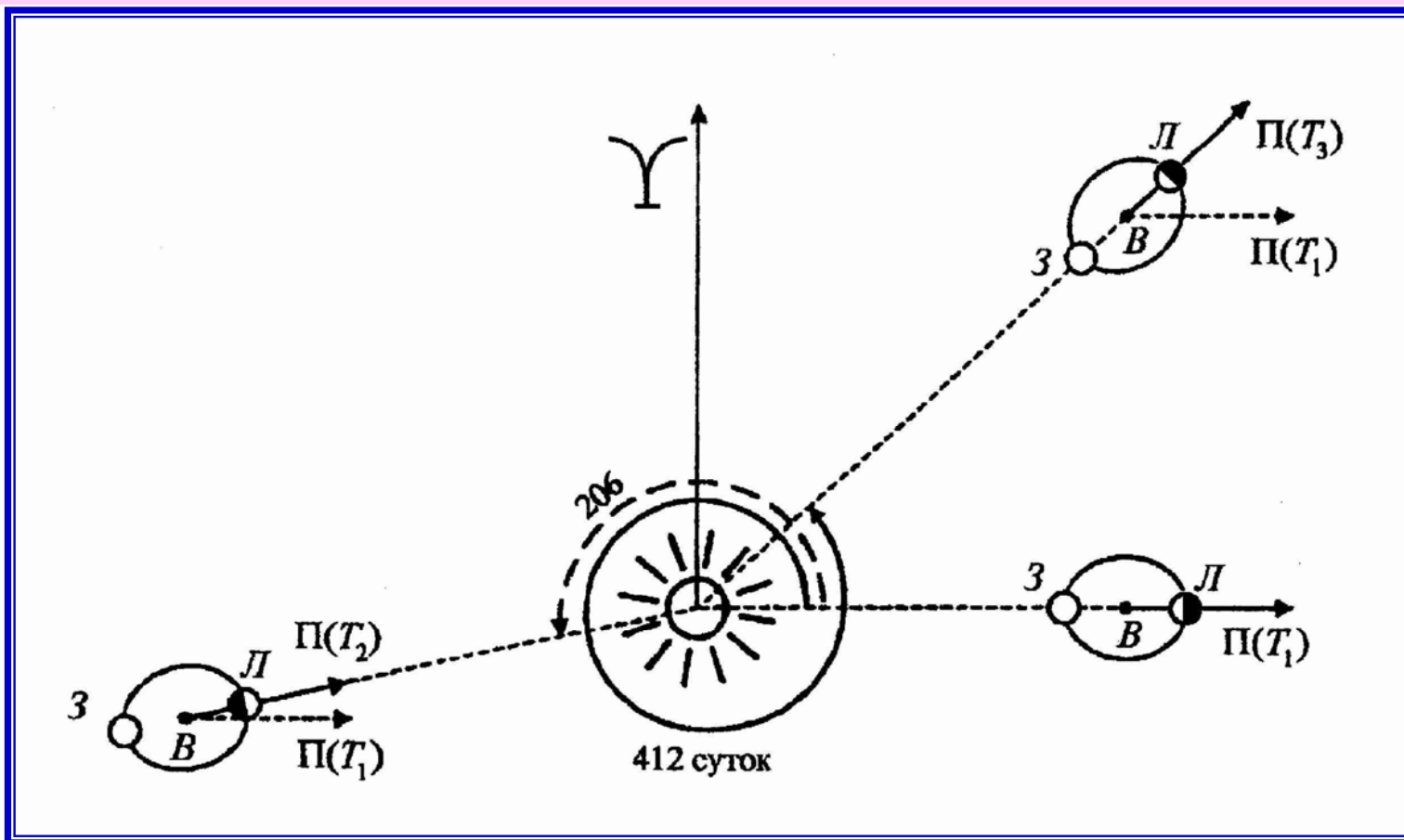
Компоненты F_L , F_{SN} , F_{EW} приливного воздействия Земли M_1 и Солнца M_2 на Луну с учетом возмущений Солнцем орбитального движения Луны (квадратные скобки) имеют вид:

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



**Возмущения
орбитального
движения
проявляются
в процессах,
регистрируемых
на Луне
(1971 – 1976 гг.)**

Периодичность, установленная С. Чандлером – периодичность возмущений орбитального движения Земли



Конфигурация системы Земля-Луна-Солнце

Перигей орбиты Γ 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.

«Для того чтобы объяснить самый размер явления, было бы достаточно перемещения центра тяжести Земли на 12 футов или 360 сантиметров...

Реальность этого странного рода колебаний широты, таким образом, по-видимому, хорошо установлена... и до сих пор мы должны принимать этот факт, как еще неразрешенную тайну».

Дж.Г. Дарвин *“Приливы и родственные им явления в Солнечной системе”.*

«... сделал четыре новоизобретенных мной пендула (маятника)..., чтобы узнать всегда ли Земли центр, притягивающий к себе тяжелые тела, стоит неподвижно или перемещает место». Измерения с 1756 – 1764 гг. «колебания силы тяжести столь малы, что упомянутым прибором не могли быть подмечены».

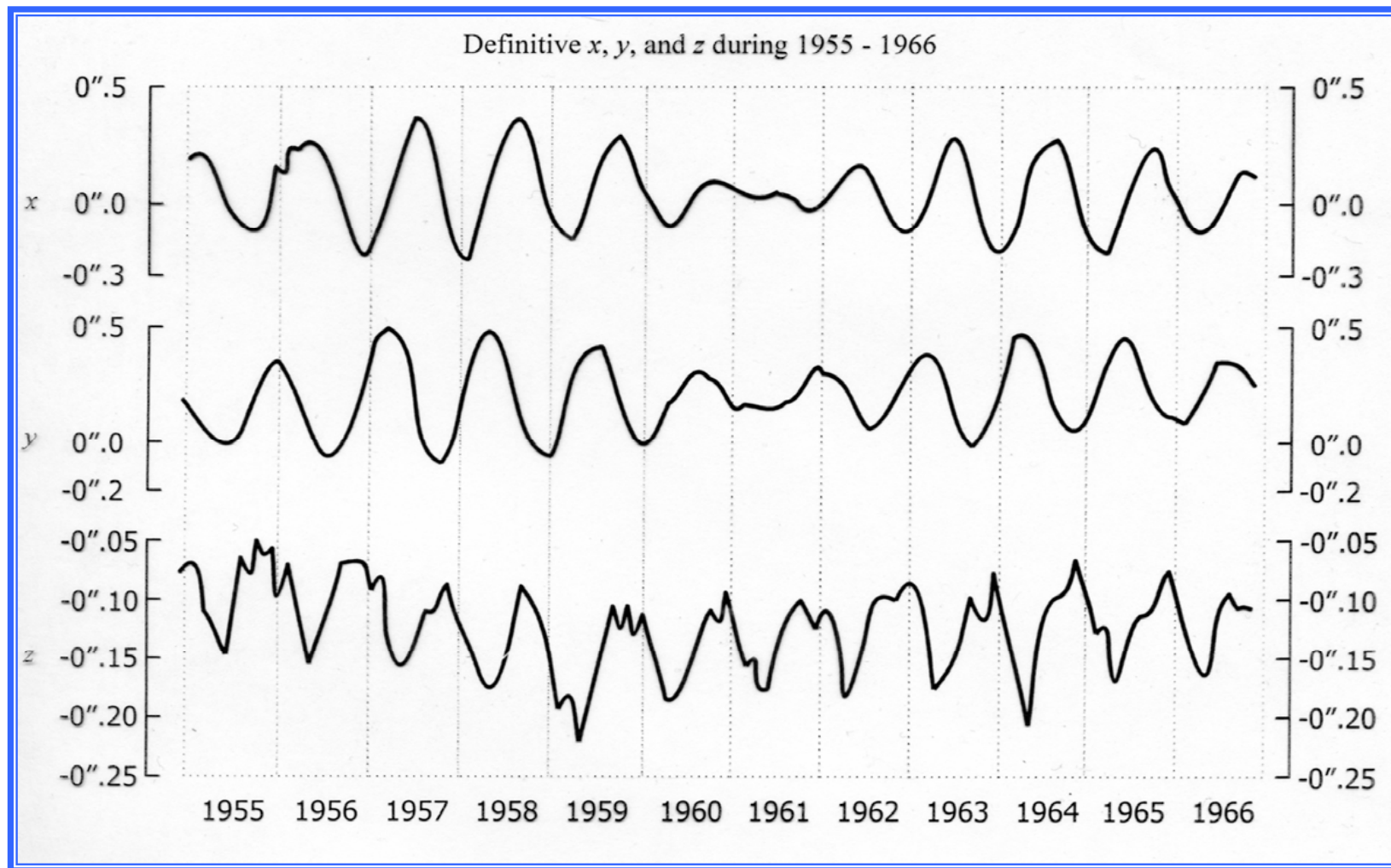
М.В. Ломоносов

Дж. Дарвин отметил следующую особенность изменения широт:

«Японский астроном Кимура обратил внимание на следующий странный вывод, который он получил из наблюдений: ...широты всех шести обсерваторий Геодезической ассоциации изменяются одновременно на одну и ту же величину, причем они одновременно уменьшаются или увеличиваются, и это изменение имеет годовой период.

Для того чтобы объяснить самый размер явления, было бы достаточно перемещения центра тяжести Земли на 12 футов или 360 сантиметров.

Усвоить себе мысль о перемещении центра тяжести Земли настолько трудно. Что многие старались объяснить результат Кимуры исключительно фиктивным следствием различных неточностей астрономических наблюдений. Специально были организованы наблюдения на южных обсерваториях в течение двух лет и результатом было то, что южные обсерватории дали точно такие же показания, как северные. **Реальность этого странного рода колебаний широты, таким образом, по-видимому, хорошо установлена... и до сих пор мы должны принимать этот факт, как еще неразрешенную тайну».**



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

$$\begin{aligned}
\frac{F_x \cdot 10^6 \text{см/с}^2}{\delta m} &= -37 \cos H_{\ominus} \cos \omega \cos(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) + 37 \cos H_{\ominus} \sin \omega \sin(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) + \\
&+ 13 \cos H_{\ominus} + 6 \cos H_{\ominus} \cos 2(\lambda_{\ominus} - \lambda_{\text{Ю}}) - 6 \sin H_{\ominus} \sin 2(\lambda_{\ominus} - \lambda_{\text{Ю}}) + \\
&+ 4 \cos H_{\ominus} \cos(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) + 3 \cos H_{\ominus} \cos 2(\lambda_{\ominus} - \lambda_B) - \\
&- 2 \cos H_{\ominus} \cos 2\omega \cos(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) + 2 \cos H_{\ominus} \sin 2\omega \sin(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) \\
\frac{F_y \cdot 10^6 \text{см/с}^2}{\delta m} &= -37 \sin H_{\ominus} \cos \omega \cos(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) + 37 \sin H_{\ominus} \sin \omega \sin(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) + \\
&+ 13 \sin H_{\ominus} + 6 \sin H_{\ominus} \cos 2(\lambda_{\ominus} - \lambda_{\text{Ю}}) + 6 \cos H_{\ominus} \sin 2(\lambda_{\ominus} - \lambda_{\text{Ю}}) + \\
&+ 4 \sin H_{\ominus} \cos(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) + 3 \sin H_{\ominus} \cos 2(\lambda_{\ominus} - \lambda_B) - \\
&- 2 \sin H_{\ominus} \cos 2\omega \cos(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) + 2 \sin H_{\ominus} \sin 2\omega \sin(\Omega + \nu - \lambda_{\ominus}) \\
\frac{F_z \cdot 10^6 \text{см/с}^2}{\delta m} &= -11 \sin \omega \cos(\Omega + \nu - 2\lambda_{\ominus}) - 11 \cos \omega \sin(\Omega + \nu - 2\lambda_{\ominus}) - \\
&- 3 \sin \omega \cos(\Omega + \nu) - 3 \cos \omega \sin(\Omega + \nu) + 2 \cos \lambda_{\ominus} + 2 \sin \lambda_{\ominus} + 2 \sin(\lambda_{\ominus} - 2\lambda_{\text{Ю}})
\end{aligned}$$

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

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

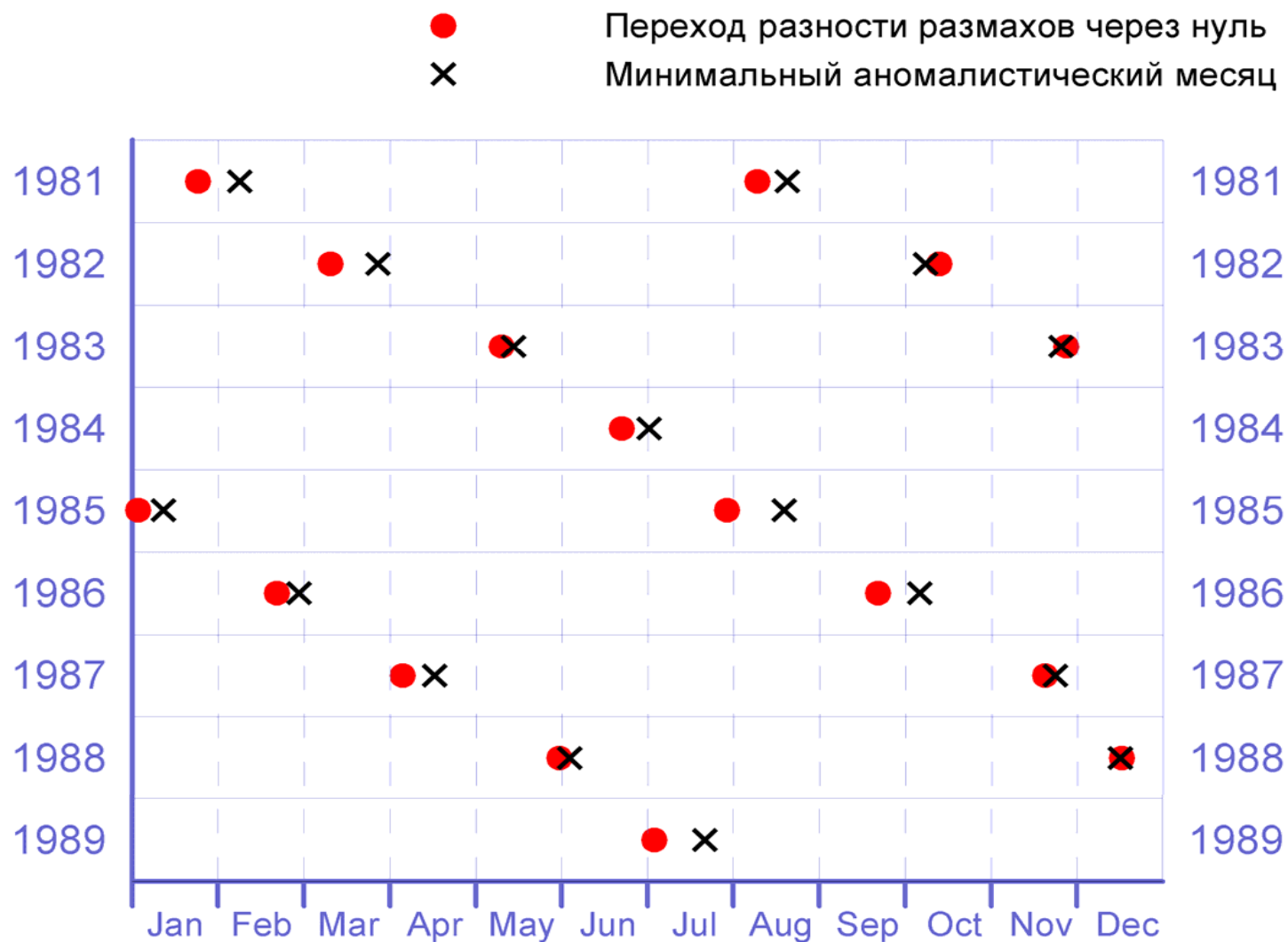
**Модуль перемещения внутреннего ядра U
и изменение положения центра масс Земли ΔR
при силовом воздействии $\delta m \cdot 40 \cdot 10^{-6} \text{ см/с}^2$**

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

Вынужденные перемещения внутреннего ядра порядка 0.4-12 м с цикличностью в половину лунного месяца (1.3×10^6 сек) перемешивают окружающий расплав внешнего ядра с мощностью $W = 3.5 - 10.5 \times 10^{18}$ эрг/с.

Необходимая мощность генератора регенерирующего магнитное поле Земли оценивается в 10^{14} эрг/с - 10^{15} эрг/с.

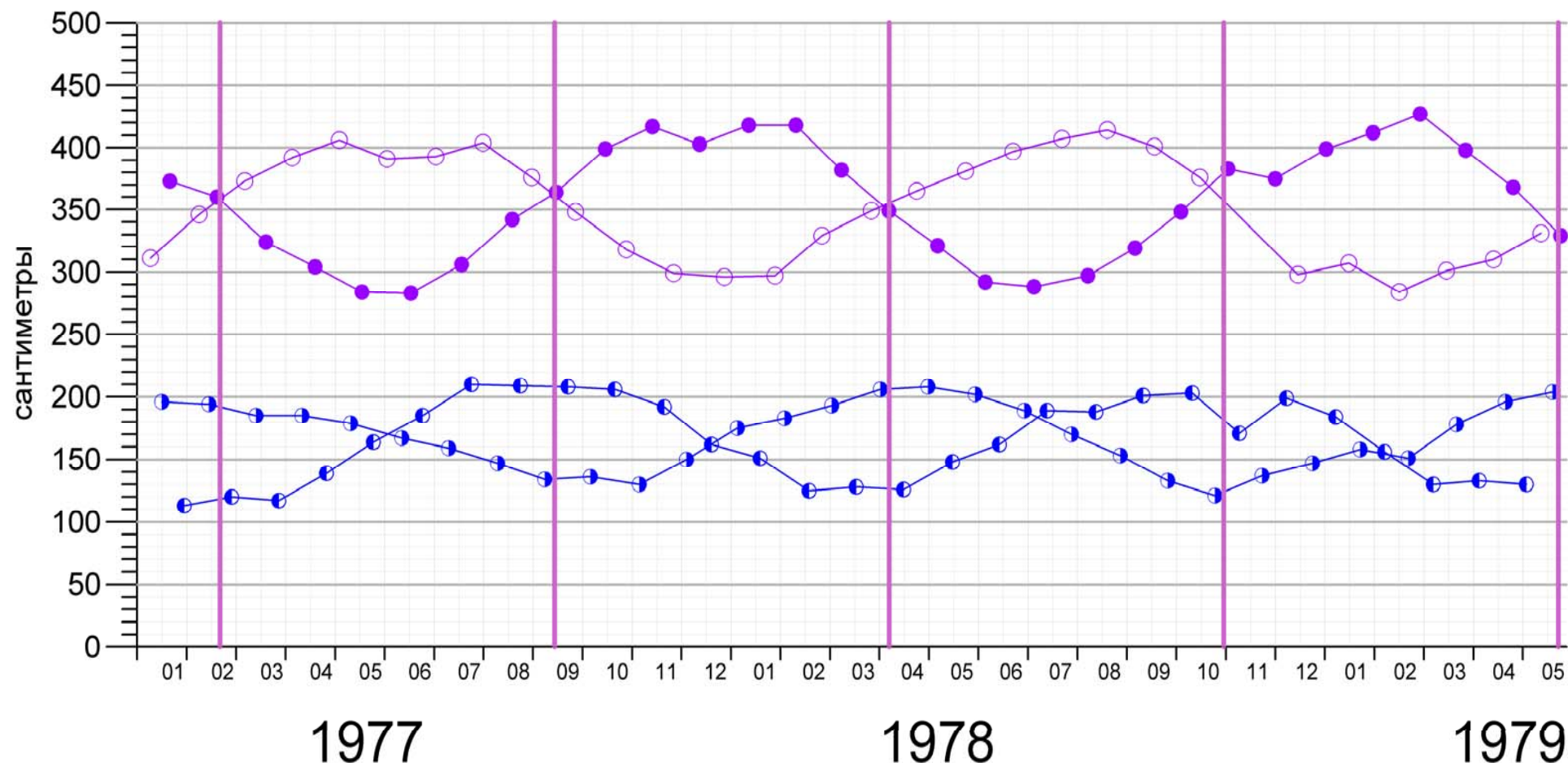
Разность размахов морского прилива в Мурманске, 1981--1989 г г.
 (размах в полнолуние 180° минус размах в новолуние 0°)
 и минимальный аномалистический месяц (24.6 --25.6 суток)



Океанский прилив в п. Мурманск.

Периодичность равенства высоты океанского прилива в полнолуние и в новолуние

Размах сизигийных (●,○) и квадратурных (●,○) морских приливов в Мурманске



Затруднения из-за которого «мы не продвинулись с позиций понимания возбуждения и демпфирования чандлеровой составляющей, которыми располагали сто лет назад» обусловлено гипотезой С.Ньюкомба.

Эта гипотеза после рассказа о ее историческом возникновении отпадает, и затруднения также отпадают.

С.Чандлер по материалам наблюдений установил проявление возмущения Солнцем орбитального движения Земли в процессе изменения широт.