

**ОТКРЫТИЕ С.ЧАНДЛЕРА**

**И**

**ГИПОТЕЗА С.НЬЮКОМБА**

**Академик Ю.Н. Авсюк**

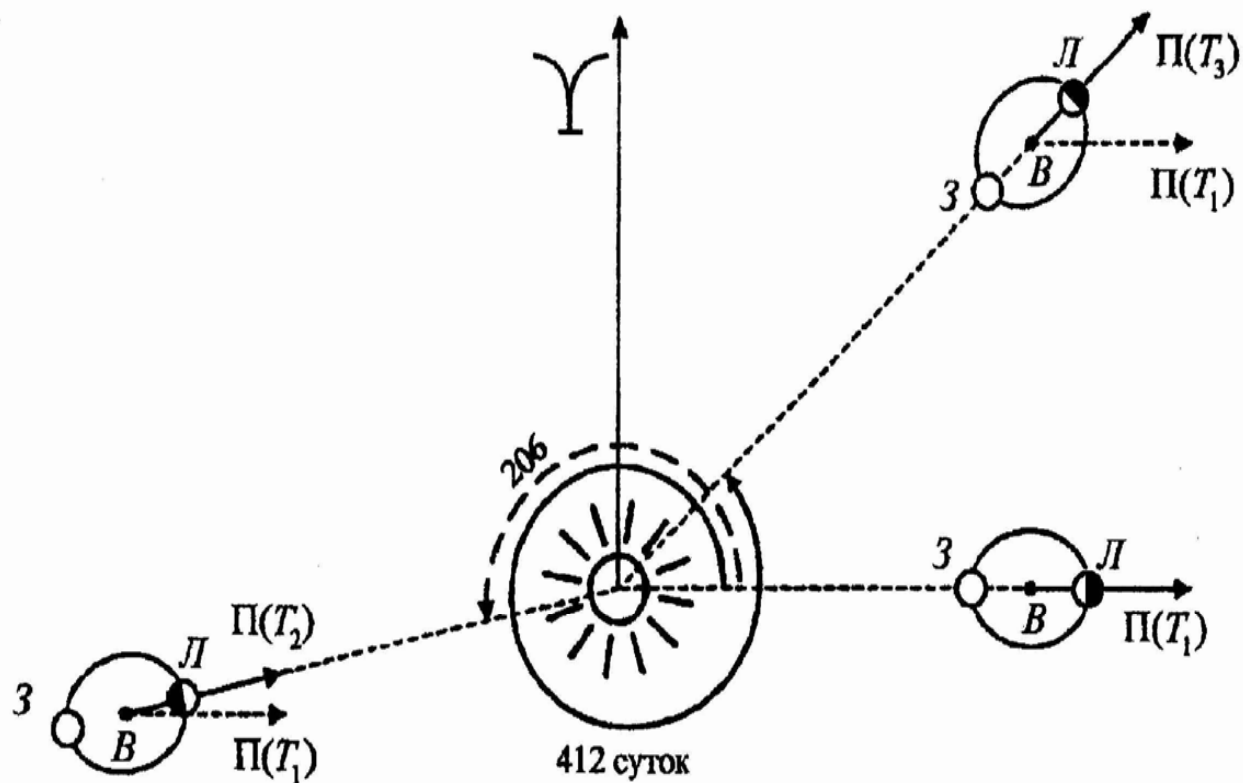
## ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЯ-ЛУНА-СОЛНЦЕ

1	Средний радиус орбиты центра масс Земля-Луна (барицентра) вокруг Солнца	$1.4960 \times 10^8$ км – 1а.е.
2	Среднее расстояние между центрами Земли и Луны	$3.844 \times 10^5$ км
3	Среднее расстояние Земли от центра масс Земля-Луна	$4.73 \times 10^3$ км
4	Отношение массы Луны к массе Земли	1 / 81.3
5	Возмущение Солнцем орбитального движения Луны вокруг центра масс Земля-Луна	$1.5 \times 10^{-3}$ см/с <sup>2</sup>
6	Возмущение Солнцем орбитального движения Земли вокруг центра масс Земля-Луна	$19 \times 10^{-6}$ см/с <sup>2</sup>
7	<p>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</p>	

	Невозмущенная величина	Возмущенная величина
Большая полуось	384400 км	$381500 \leq a_{\text{км}} \leq 387300$
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	часовой стрелки
	по прямому	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*



### Конфигурация системы Земля-Луна-Солнце

Перигей орбиты  $\Pi$  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.

## 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							

## 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:

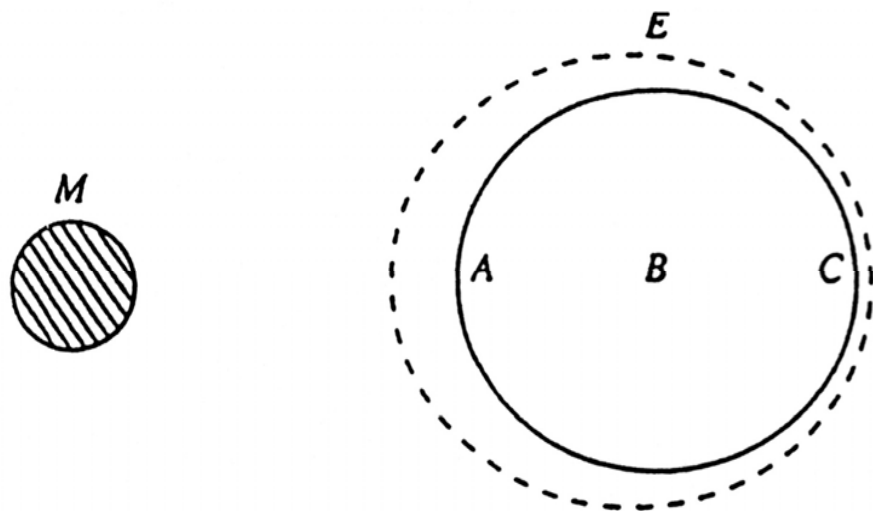
$$S = \frac{1}{2} n^2 \frac{a^3}{\rho^3} r' \left( 1 + 3 \cos 2D + \frac{9}{4} \frac{r'}{\rho} \frac{m - m'}{m + m'} \cos D + \dots \right)$$
$$P = -\frac{1}{2} n^2 \frac{a^3}{\rho^3} r' \left( 3 \sin 2D + \frac{3}{4} \frac{r'}{\rho} \frac{m - m'}{m + m'} \sin D + \dots \right)$$

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 «Небесная механика», книга XIII

**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.**



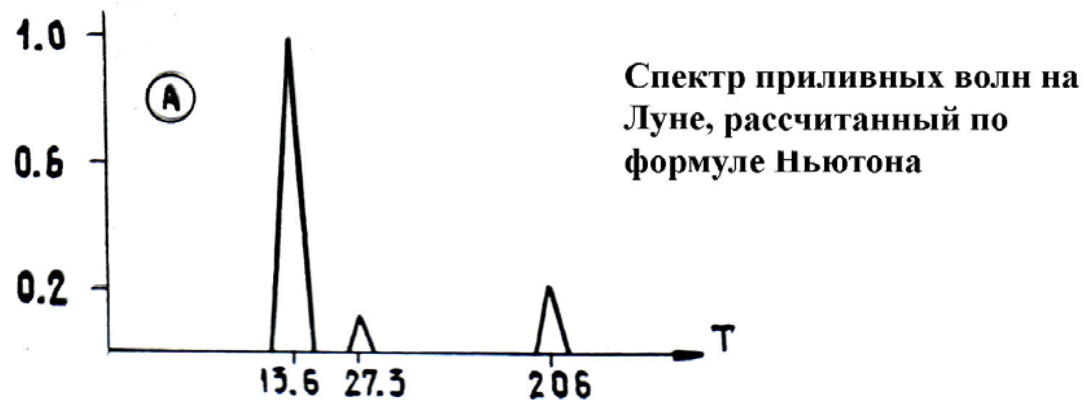
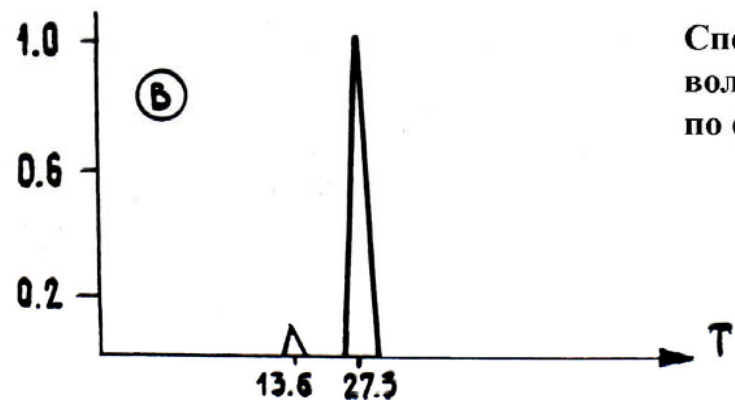
Приливная сила  $\bar{F}_n$ , действующая на пробную частицу массы  $\delta m$  исследуемого тела, равна векторной разности между силами гравитационного притяжения частицы  $\delta m$  внешними телами массы  $M_i$  и силы инерции этой частицы, представляющей собой ускорение центра масс исследуемого тела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

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

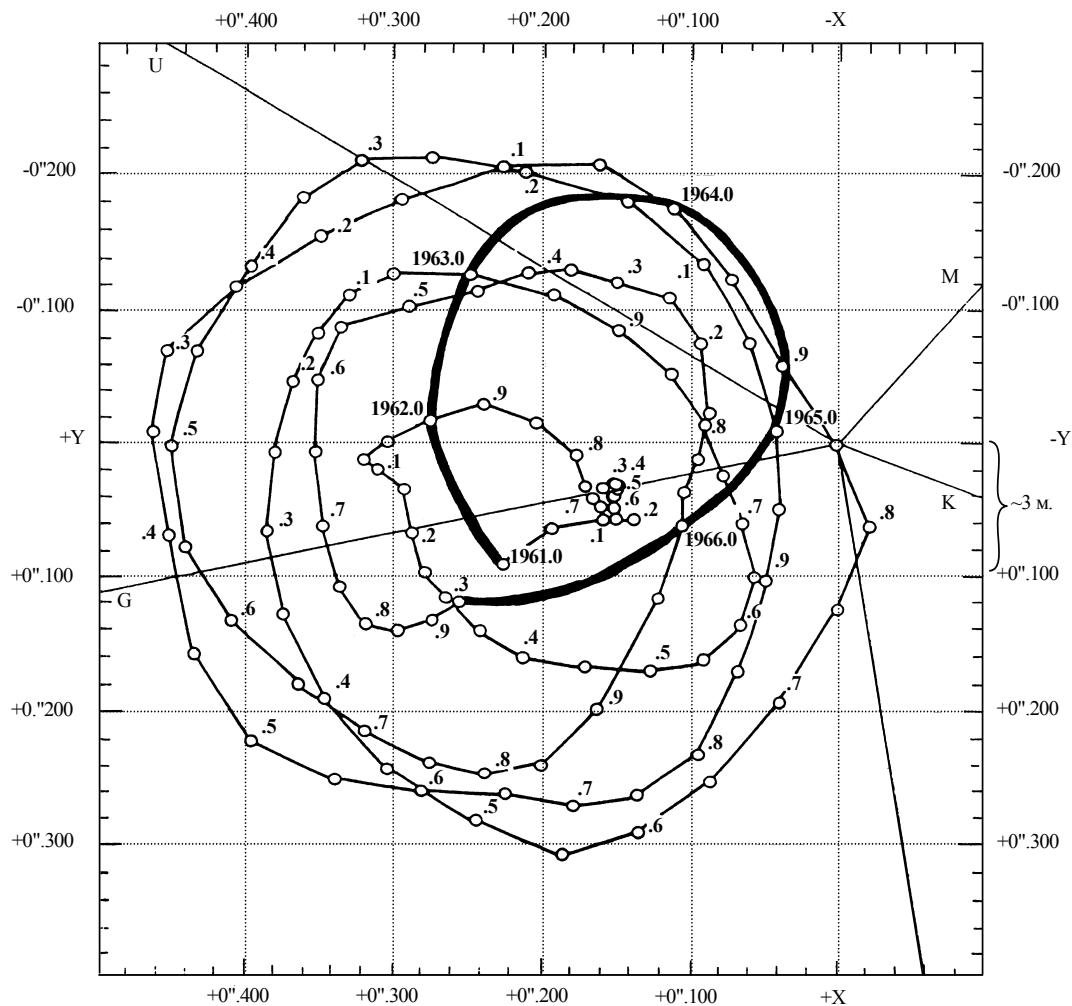
Ускорение  $\bar{a}_0$  в общем случае имеет невозмущенную (кеплерову) компоненту  $a_p$  и возмущения  $a_\tau$

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:

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



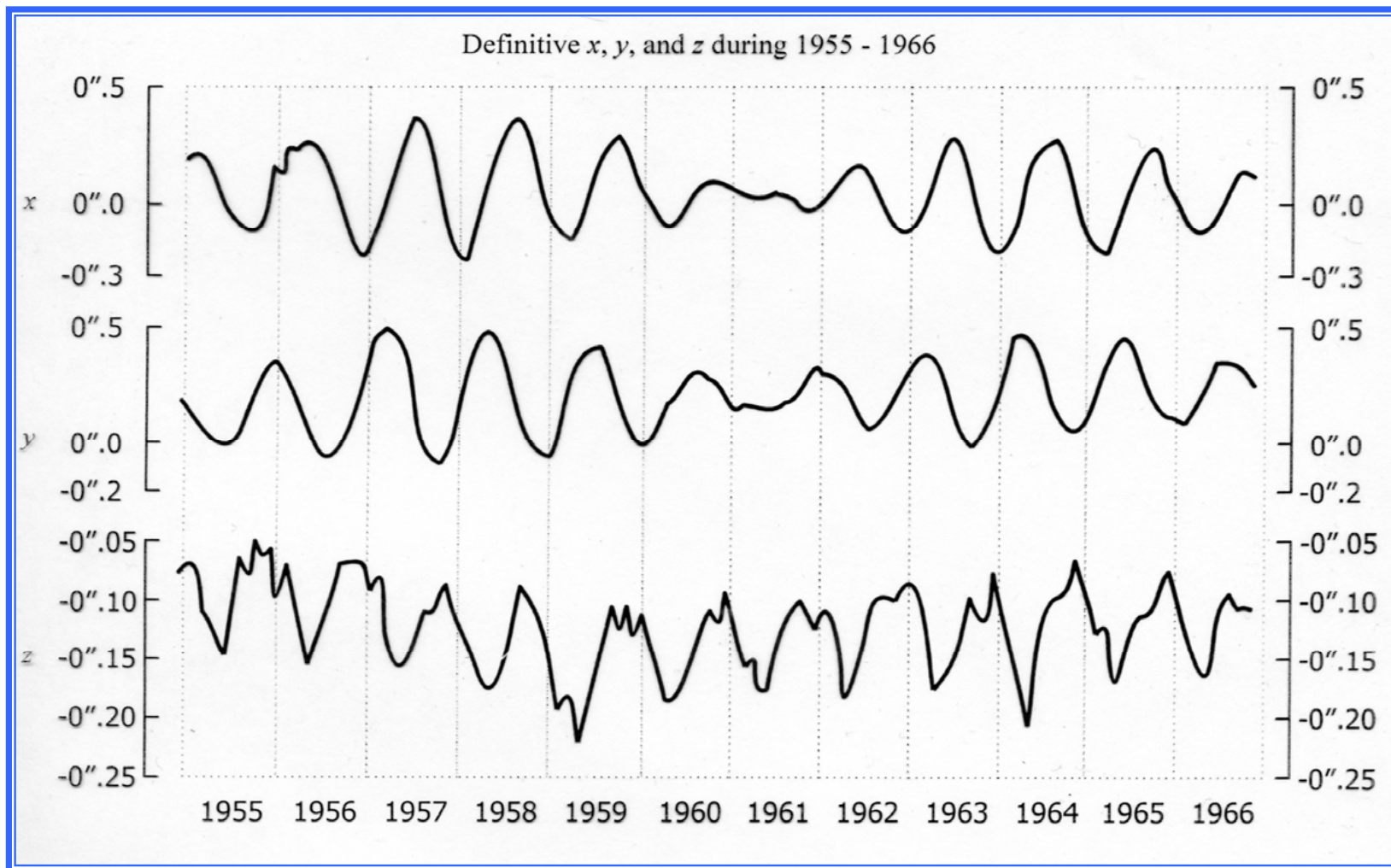
**Возмущения  
орбитального  
движения  
проявляются  
в процессах,  
регистрируемых  
на Луне  
(1971 – 1976 гг.)**



**Траектория движения  
географического полюса  
с шагом в 0.05 года и  
с шагом в 1 год на  
интервале времени  
1961.00-1966.95.**

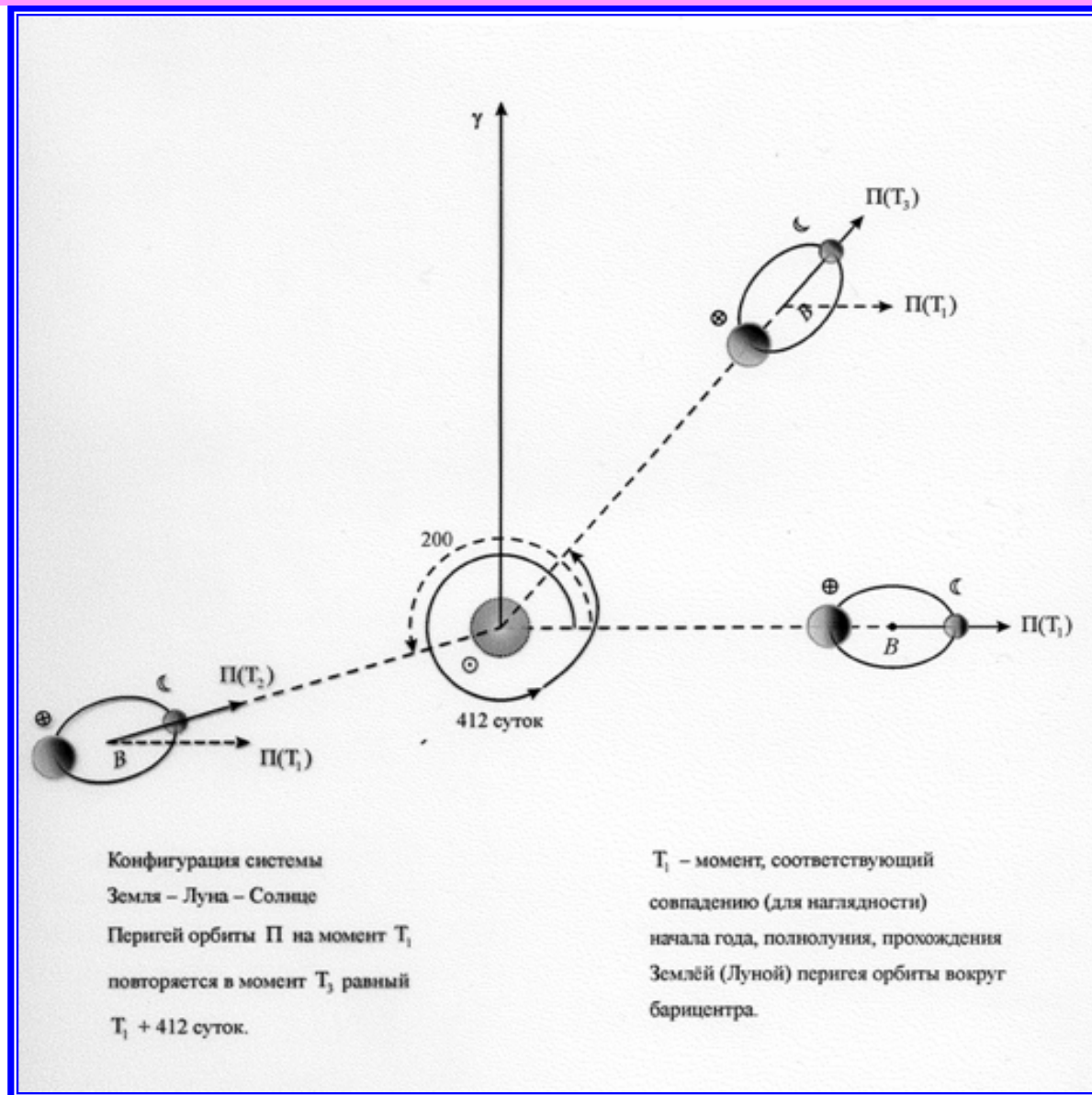
**«Если рассматривать, что Земля и Луна  
обращаются около их общего центра  
тяжести, то движение Земли возмущается  
подобными же силами».**

**И.Ньютон *Начала* (Предложение XXI Задача VI)**



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

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



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

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

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

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

Разность плотностей	$T$ час	$k \cdot 10^{-7}$ $\text{с}^{-2}$	$U$ см	$\Delta R$ 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 ( $1.3 \times 10^6$  сек) перемещивают 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.



**«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”.***

**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.**

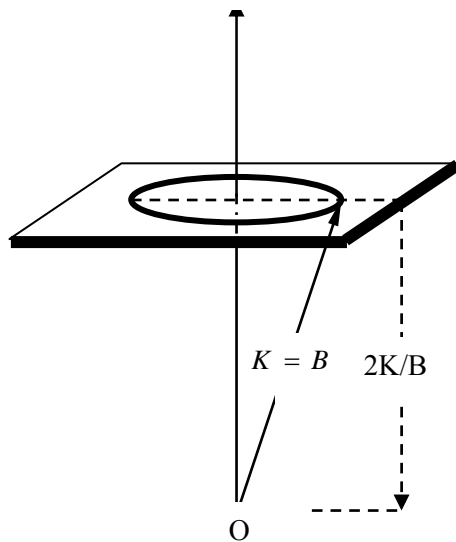
**С.Чандлер по материалам наблюдений установил проявление возмущения Солнцем орбитального движения Земли в процессе изменения широт.**

## 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.



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

**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).**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

**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**

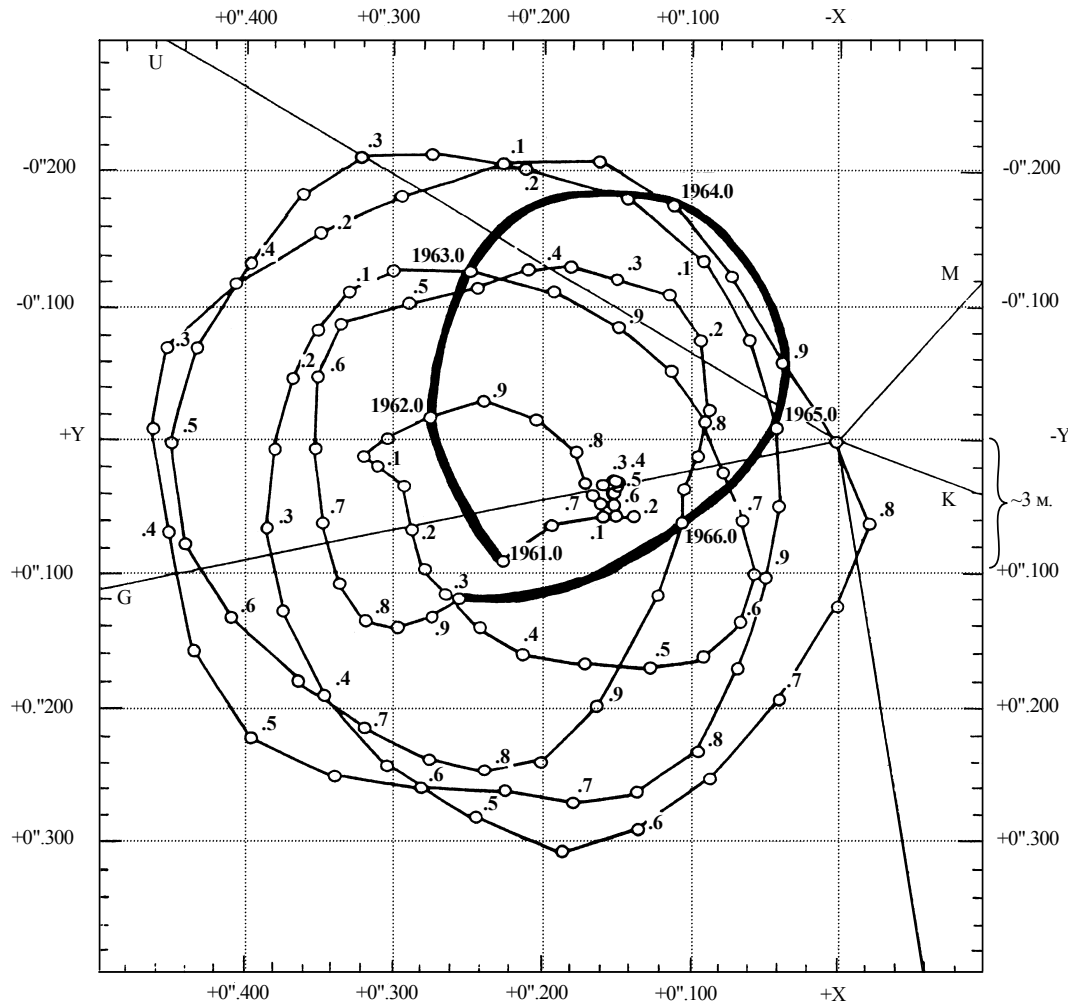
**Вычисленное увеличение периода –137 дней**

**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».**

**«Предположим, что действительный полюс вращается вокруг этого положения по окружности радиуса  $\alpha$  с периодом в 1 год».**

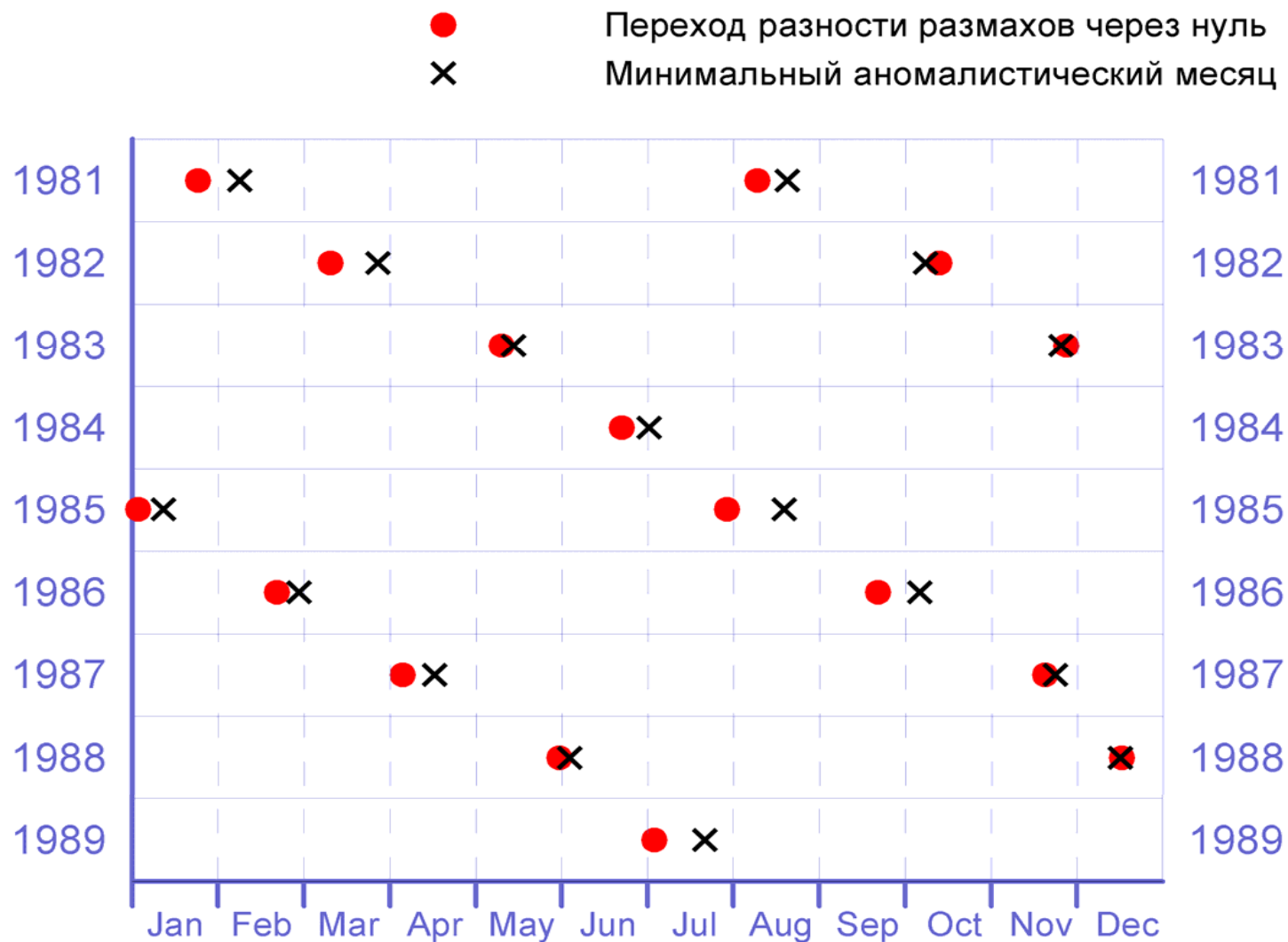
**«Если бы зимы в Сибири и в Северной Америке наступали бы в противоположные сезоны, то не было бы трудностей в объяснении природы наблюдаемого эффекта за счет влияния снегопадов. Однако, в реальной ситуации мы должны ожидать результатов дальнейших исследований».**



**Траектория движения  
географического полюса с шагом в  
0.05 года и с шагом в 1 год на  
интервале времени 1961.00-1966.95**

**Открытие  
С.Чандлера  
перемещения  
оси вращения  
в теле Земли по  
материалам  
изменения  
широт**

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



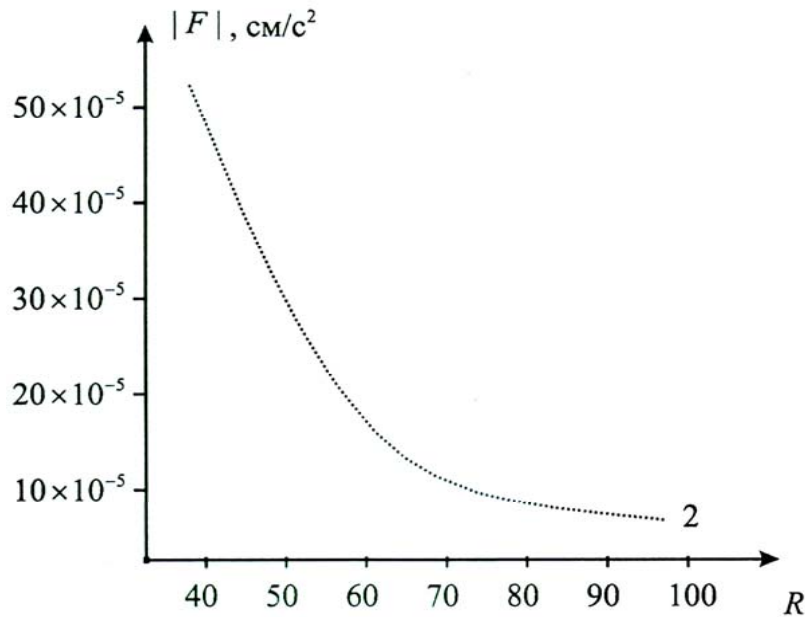


**«Признание, которое получило в последнее время существование циклических приливных ритмов, открывает возможности нового подхода к определению динамической истории системы Земля-Луна. Позднепротерозойские (~650 млн. лет назад) ритмы в осадконакоплении, известные по данным по южной Австралии, представляют собой сохранившиеся записи палеоприливных циклов продолжительностью около 60 лет».**

***Дж.Е. Уильямс Приливные ритмы:  
ключ к истории вращения Земли  
и эволюции лунной орбиты.***

# Энергетические характеристики регистрируемых процессов на Земле

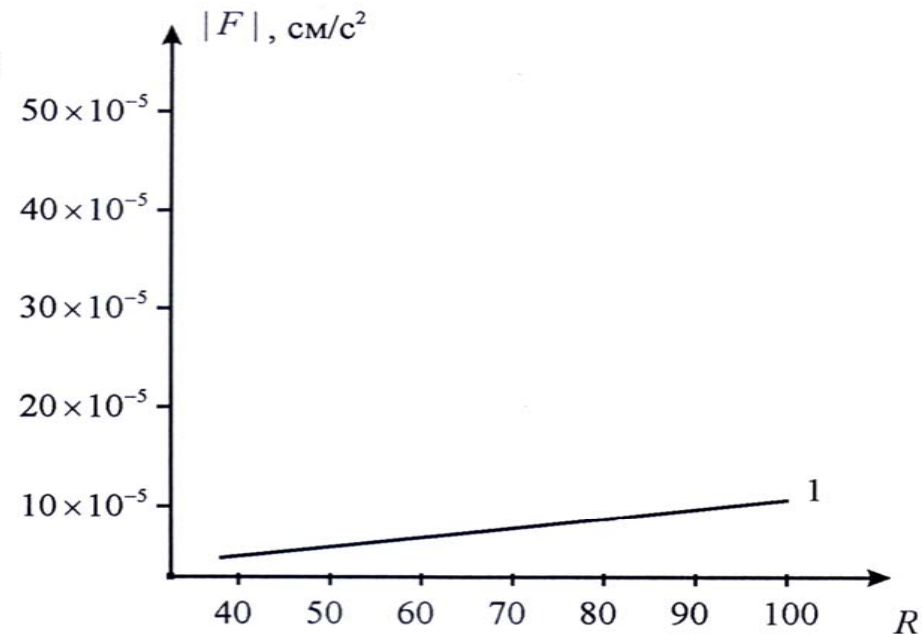
1	Полная мощность солнечного тепла, поступающего на Землю	$6.8 \cdot 10^{17}$ Вт
2	Теплопотери внутреннего тепла, оцениваемые через тепловой поток из глубины	$3.3 \cdot 10^{13}$ Вт
3	Мощность внешнего гравитационного воздействия Луны и Солнца на Землю	$10^{12}$ Вт
4	Мощность землетрясений, оцениваемая через годовую энергию равную $10^{25}$ Эрг	$10^{10}$ Вт
5	Мощность вулканизма	$10^8 - 10^9$ Вт
6	Мощность генератора, необходимая для поддержания магнитного поля Земли	$10^7 - 10^8$ Вт



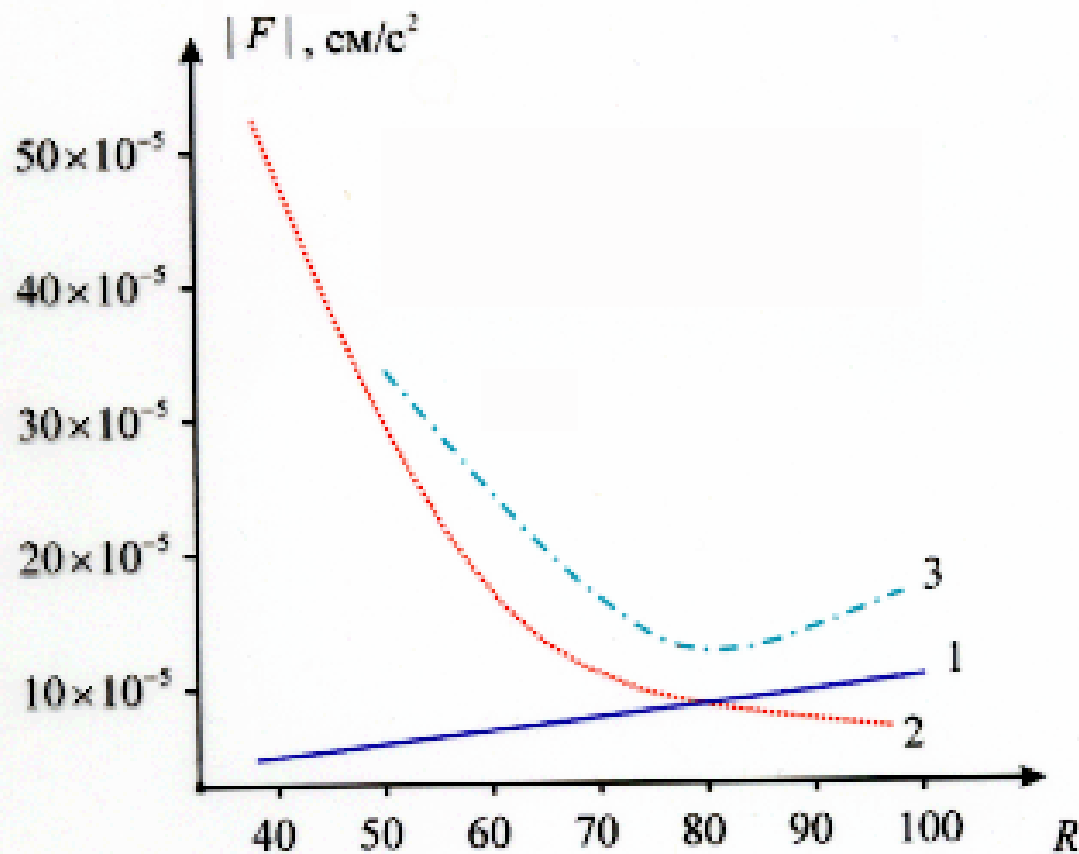
**Уменьшение** кеплеровой части приливного воздействия Луны на Землю с изменением расстояния Земля-Луна.

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

*И. Ньютон “Начала”  
Приложение XXV, Задача VI.*

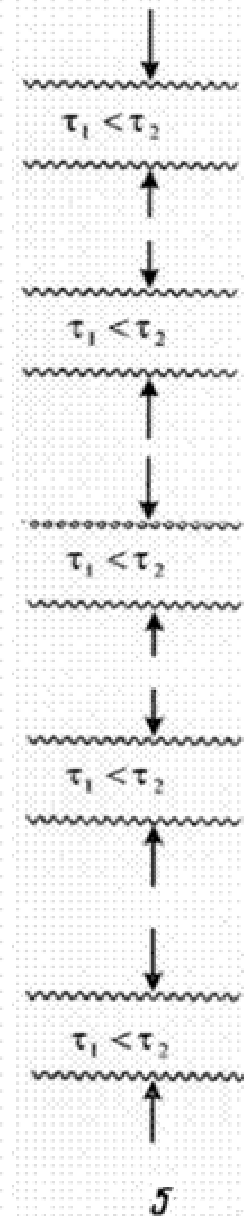
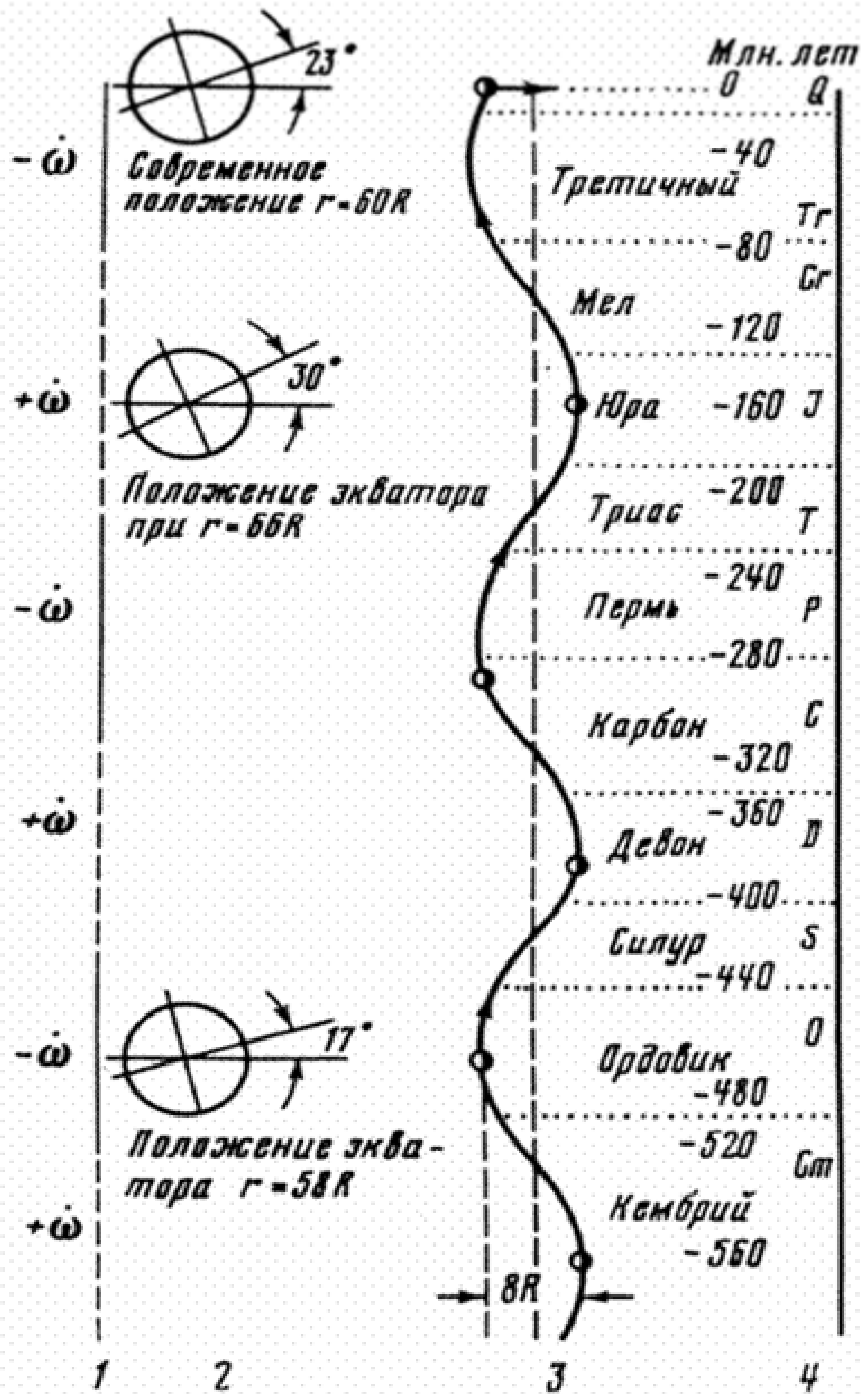


**Рост** возмущения  $|F|$  с изменением расстояния Земля-Луна.



**Изменение приливного воздействия Луны и Солнца на Землю при эволюционном изменении расстояния Земля-Луна (в радиусах Земли  $R$ )**

Астрометристы регистрируют изменение скорости вращения Земли  $\omega = -5.4 \times 10^{-22}$  рад/сек<sup>2</sup> и изменение скорости орбитального движения Луны  $n = 24.''6/\text{век}^2$ . Это характеристики глобального процесса, который проявляется в настоящее время, и проявлялся в процессах, зарегистрированных исторической геологией. Модельное объяснение этого глобального процесса было предложено на начальной стадии формирования геофизики.



Эмпирика  
 исторической  
 геологии и ее  
 сопоставление  
 с ходом приливной  
 эволюции системы  
 Земля-Луна-Солнце