



# О возбуждении свободной нутации ядра\*

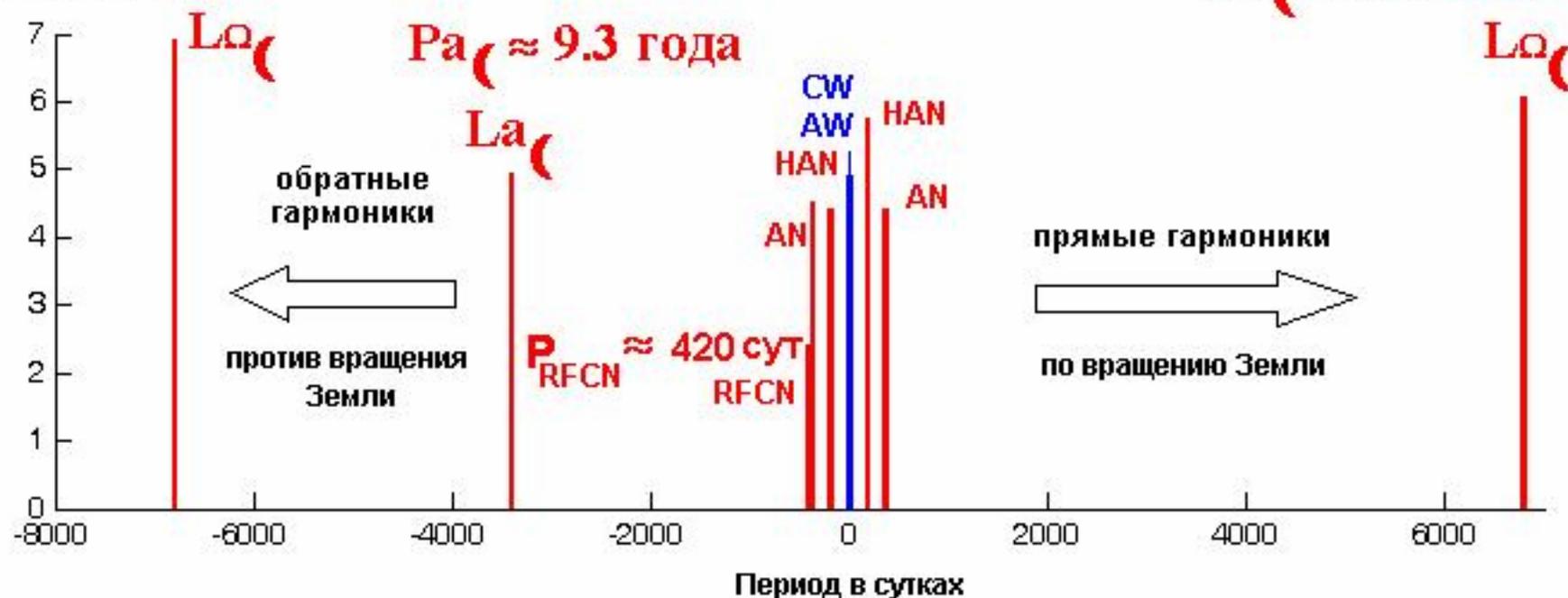
Пасынок С.Л. (ФГУП «ВНИИФТРИ»)

\* Более точно, обсуждаются причины остаточных отклонения наблюдений нутации от теории, одной из которых может быть свободная нутация ядра



Некоторые гармоники **нутаии** и **движения полюса**  
относительно удаленных квазаров (т.е. в ICRF)

Ig(A) в мкс дуги



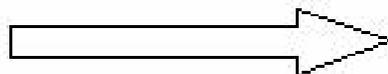
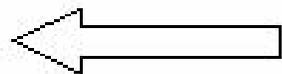
$$\frac{1}{P_{RFCN}} \approx \frac{1}{P_{AN}} - \frac{1}{P_{a}} \approx 420 \text{ сут}$$

а период **чандлеровского движения**  
полюса  $P_{CW}$  в ICRF близсуточный



обратные гармоники

прямые гармоники



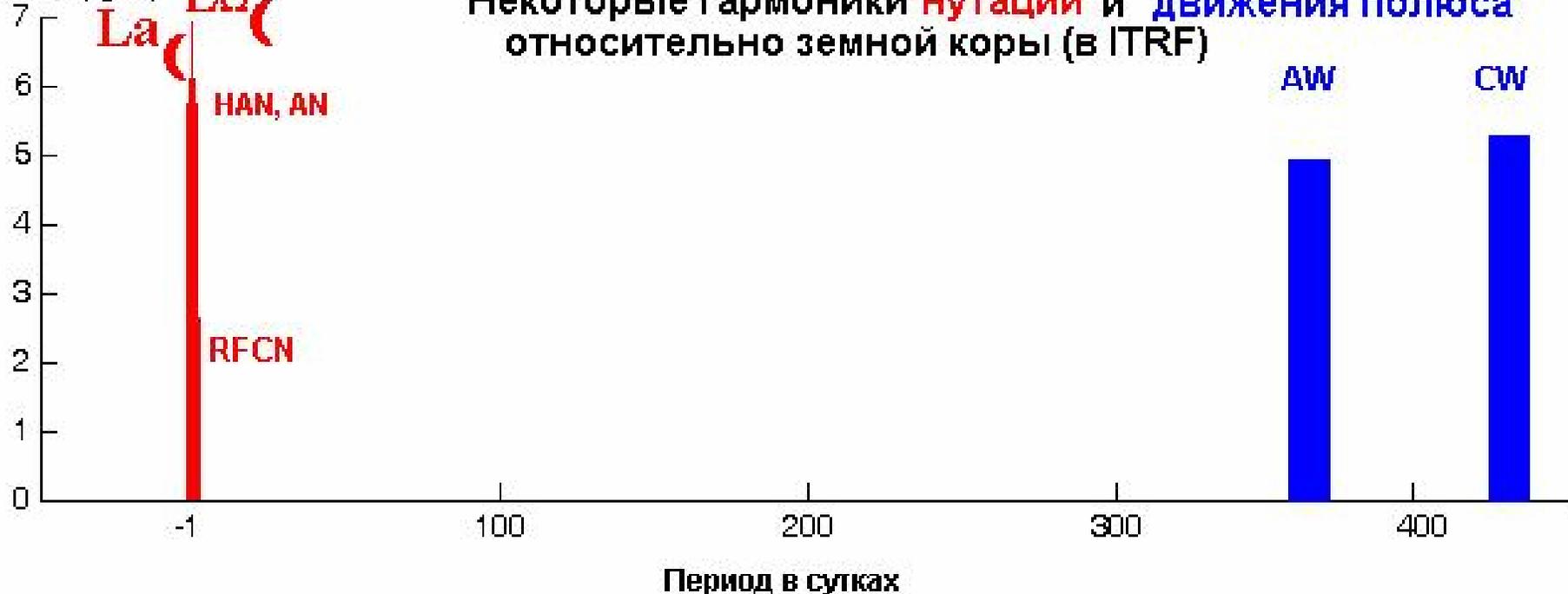
против вращения Земли

по вращению Земли

Периоды **нутаии** в ITRF  
**близсуточные**

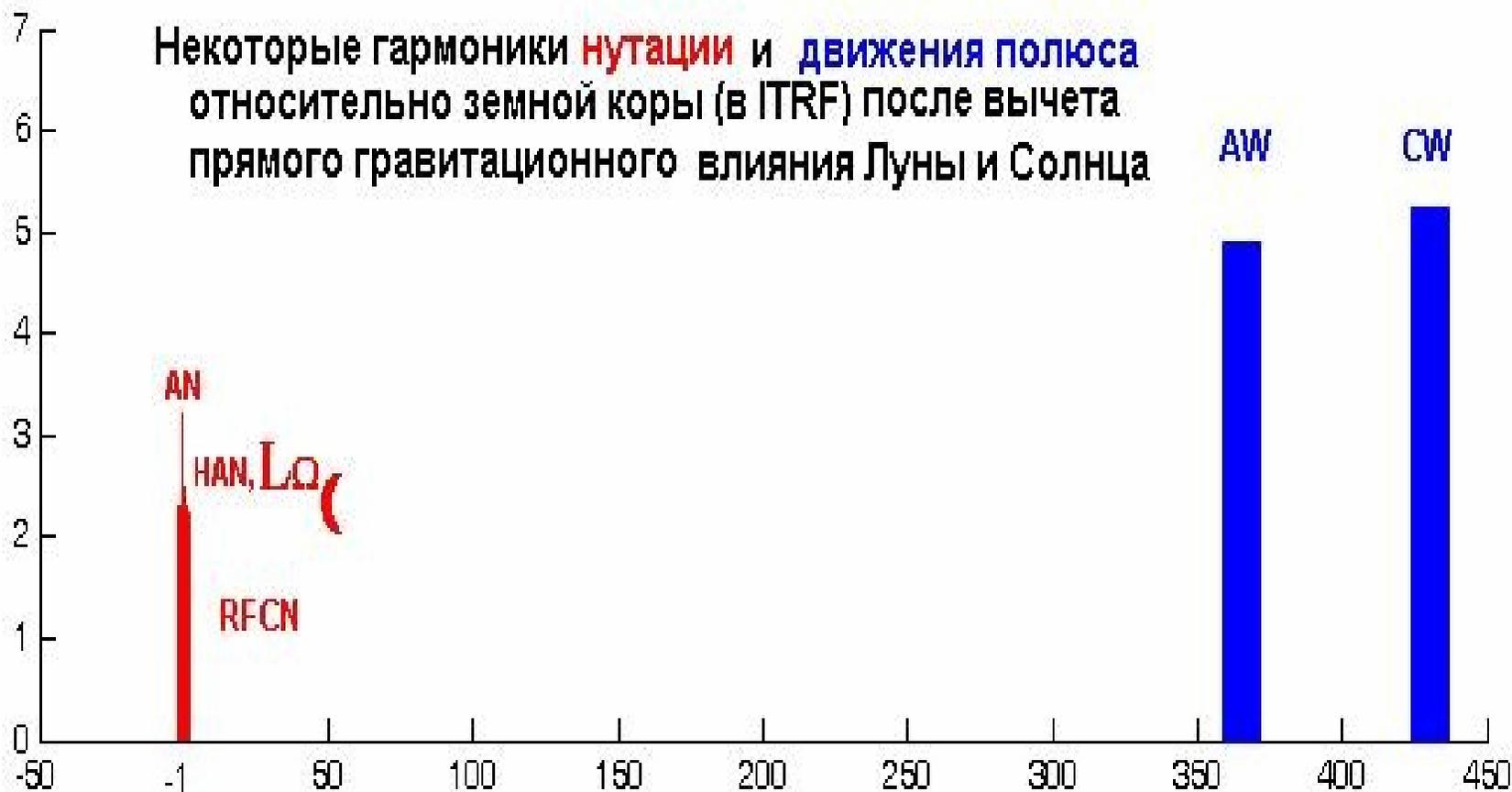
$Ig(A)$  в мкс дуги

Некоторые гармоники **нутаии** и **движения полюса**  
относительно земной коры (в ITRF)



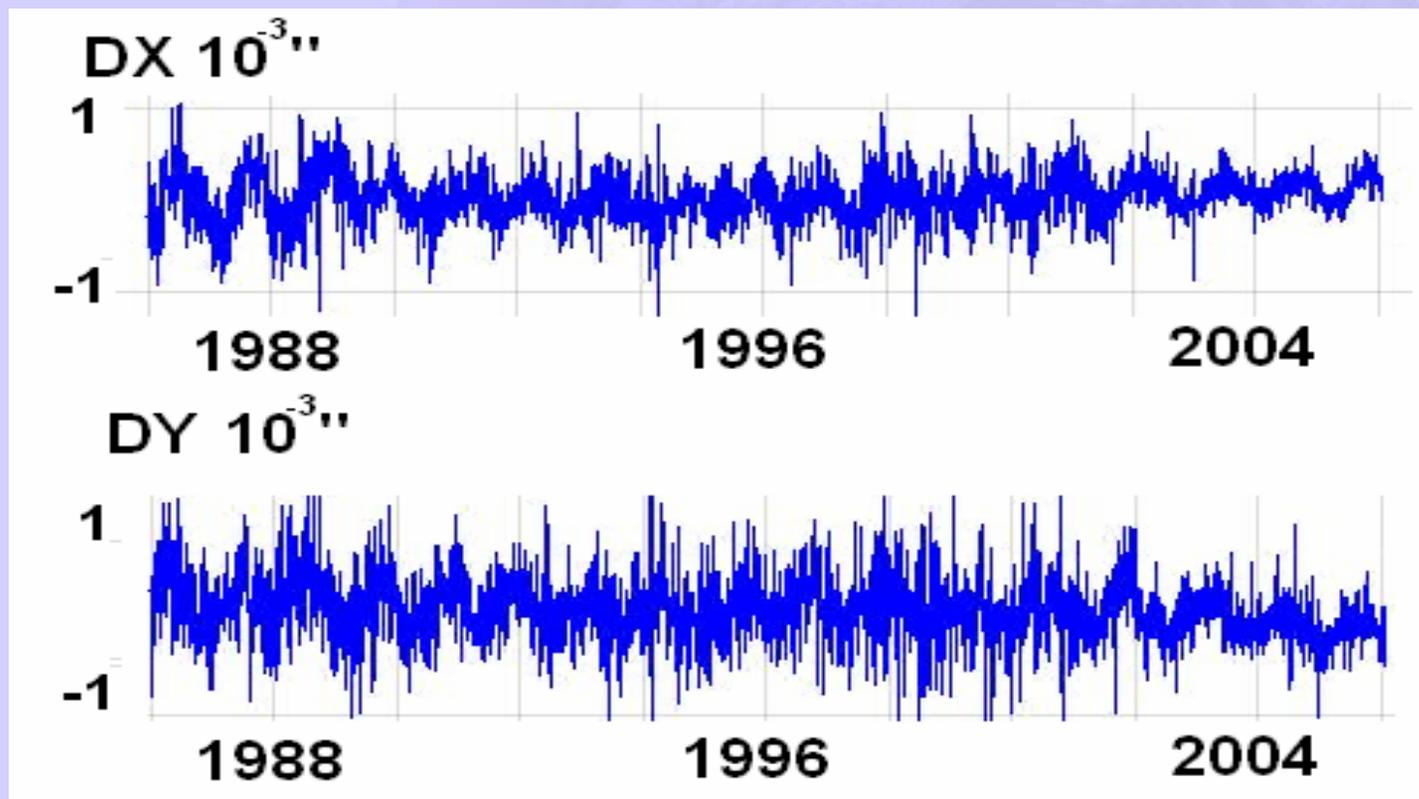


$I_g(A)$  в мкс дуги





После учета и влияния Луны и Солнца и внутреннего строения Земли (теория МАС2000) по теории должны остаться только свободные моды и шум. То что остается на самом деле показано на рис.



$P_{\text{RFCN}} \approx 430$

Отклонения теории нутации МАС2000 от РСДБ  
наблюдений в миллисекундах дуги.



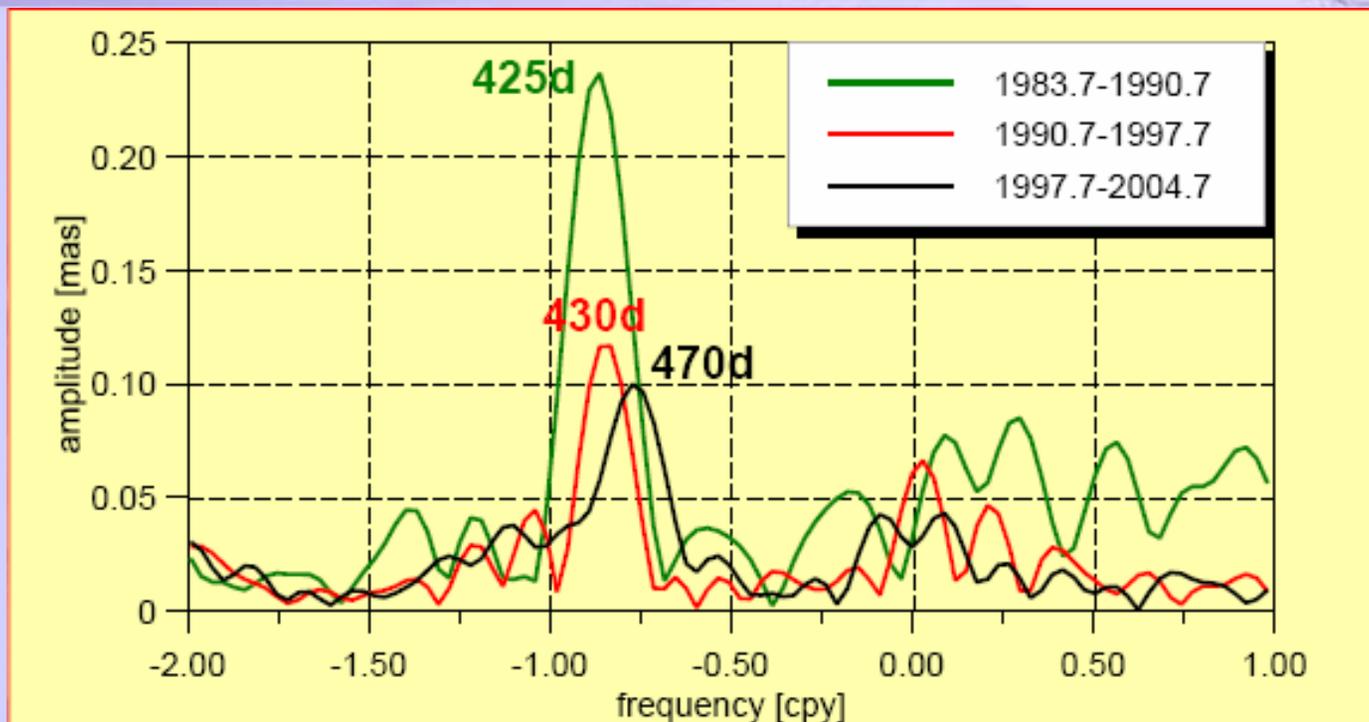
# Какова настоящая структура обратной свободной нутации ядра?

**Стандартная  
(одномодовая)  
интерпретация:**

Колебание имеет вид одной гармоники, но период этой гармоники изменяется во времени

**Многомодовая  
интерпретация:**

Колебание состоит из нескольких гармоник, с близкими периодами.



*Journées Systèmes de référence spatio-temporels, Warsaw, September 2005*

## **Resonance effects and possible excitation of Free Core Nutation:**

*Jan Vondrák & Cyril Ron, Astronomical Institute, Prague*



# An analysis of celestial pole offset observations in the free core nutation frequency band

Z. Malkin, N. Miller

Central (Pulkovo) Astronomical Observatory RAS, St. Petersburg 196140, Russia

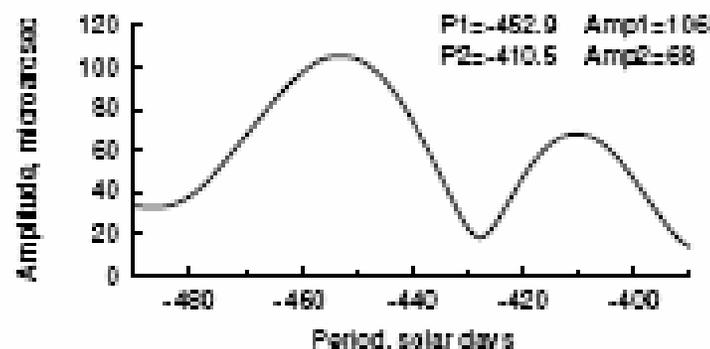
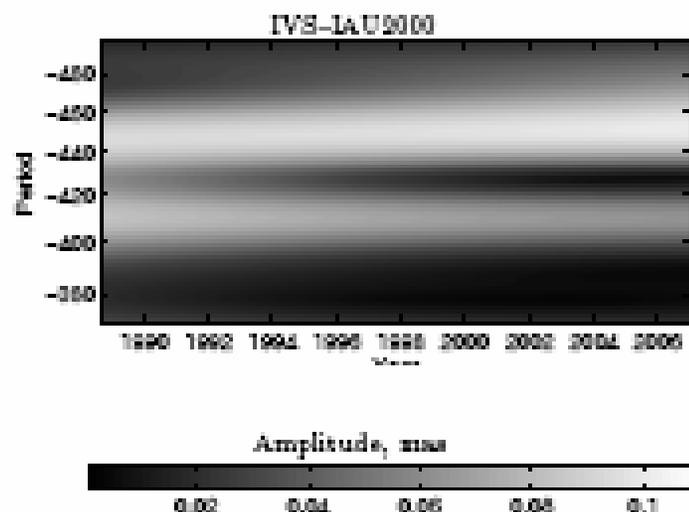


Figure 2. Spectra of the IVS celestial pole offset series.

Figure 4. Results of the wavelet analysis of the input time series, its principal components



Если предположить, что период изменяется со временем, то:

$$P_{RFCN} \approx \frac{2\pi}{\Omega_0 e_f \left(1 + \frac{A_f}{A_m}\right)}$$

$$\delta e_f \approx -2 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$$

$$\dot{m} \cong 10^{23} \text{ кг / год}$$

Т.е. за время около 10 000 лет ядро потеряло бы сжатие, а вся тяжелая компонента осела бы на внутреннее ядро

Простейшая возможность объяснения двухмодовой интерпретации

Необходимо предположить, что жидкое ядро двухслойное.

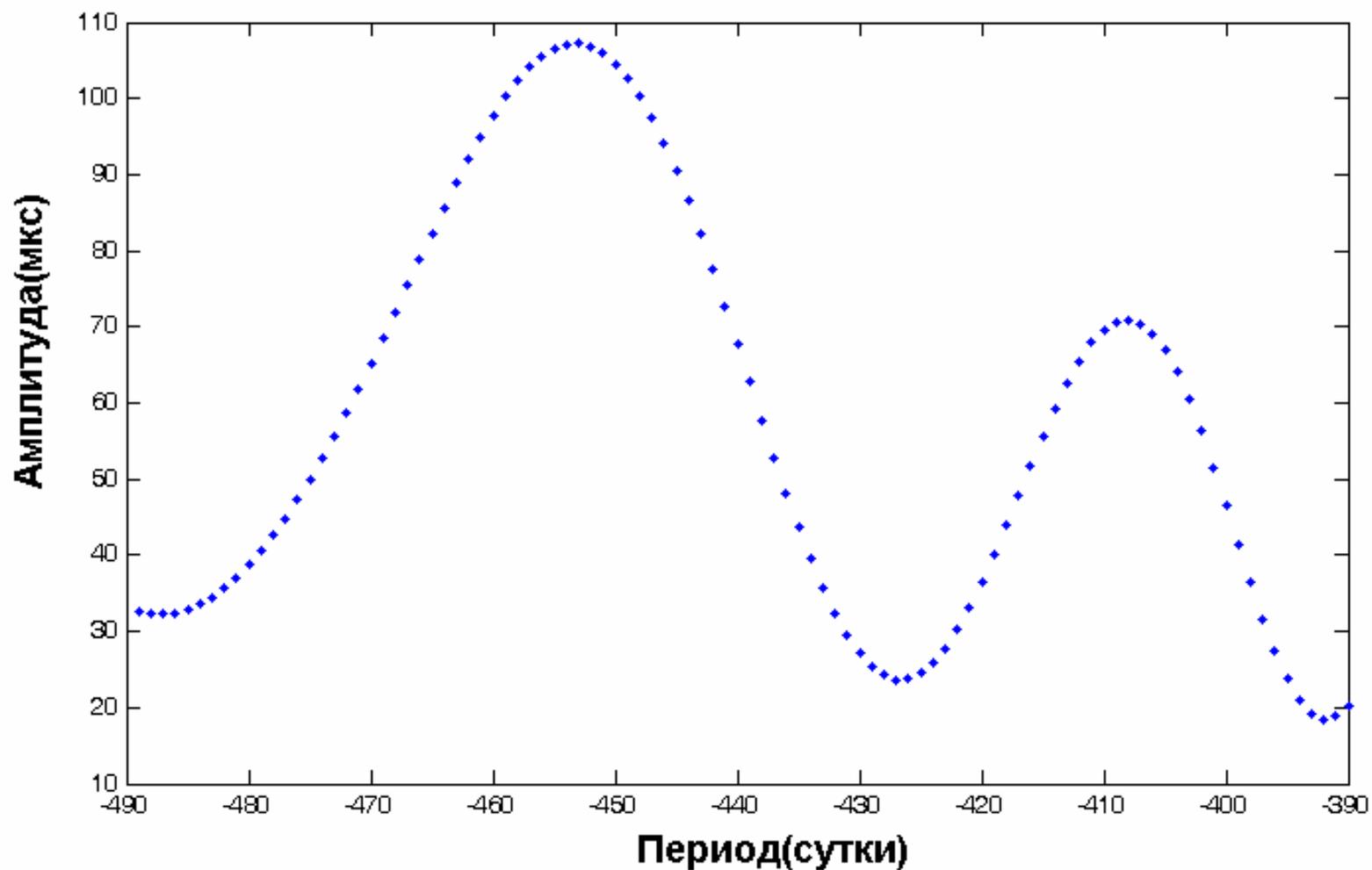
Тогда должен существовать слой пониженной вязкости где-то в середине жидкого ядра, но такой слой пока не обнаружен по другим данным.

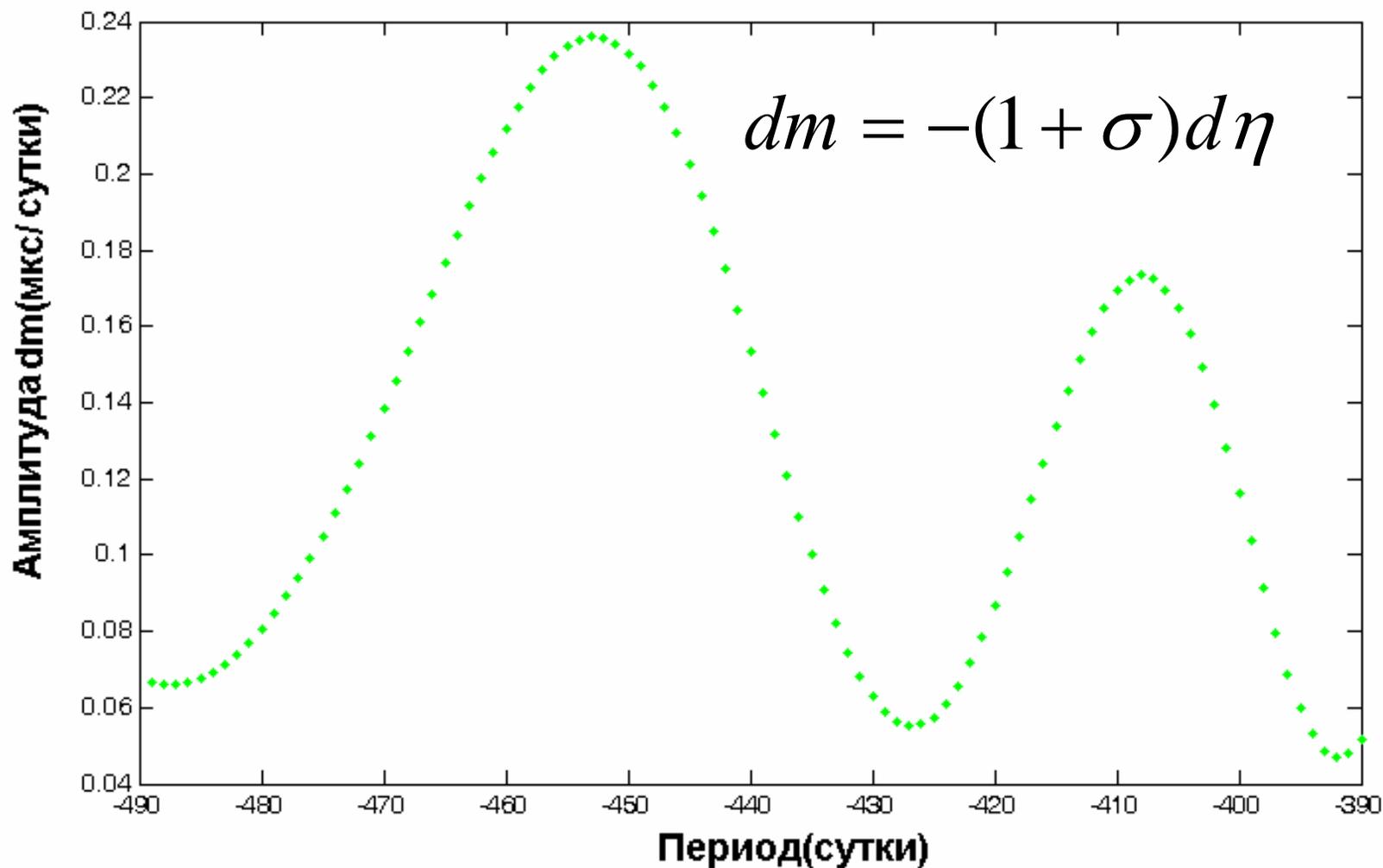
На гипотезе существования двухслойного жидкого ядра основана теория нутации Г.А. Красинского ERA2005



## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

1. Примем гипотезу Малкина-Миллера о том, что остаточные расхождения теории и измерений состоят из двух гармоник.
2. По спектру остаточных расхождений наблюдаемой и теоретической нутации определить угловую скорости мантии.
2. В предположении тех или иных факторов, вызывающих возмущение оценить передаточную функцию.
3. Используя оценку передаточной функции оценить возмущающие силы.
4. Анализ результатов.







## ОЦЕКА ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ

**Вариант 1. Если остаточные отклонения на частоте свободной нутации ядра возбуждаются неучтенной гармоникой приливного потенциала, то:**

$$q(\sigma, e | e_R) = \frac{e_R - \sigma}{e_R + 1} \left( N_0 + (1 + \sigma) \left( Q_0 + \sum_{\alpha=1}^4 \frac{Q_\alpha}{\sigma - s_\alpha} \right) \right)$$

**Вариант 2\* Если свободная нутация возбуждается неприливыми, процессами в ядре Земли, то из закона сохранения момента импульса:**

$$q_{core}(e_R) = -\frac{A_m}{A_f}$$

**Вариант 3\* Если свободная нутация возбуждается неприливыми, процессами в атмосфере Земли, то из закона сохранения момента импульса:**

$$q_a(e_R) = -\frac{A}{A_a}$$

\* В случае 2 (3) под передаточной функцией понимается коэффициент пропорциональности между неприливыми вариациями угловой скорости вращения ядра (атмосферы) и мантии

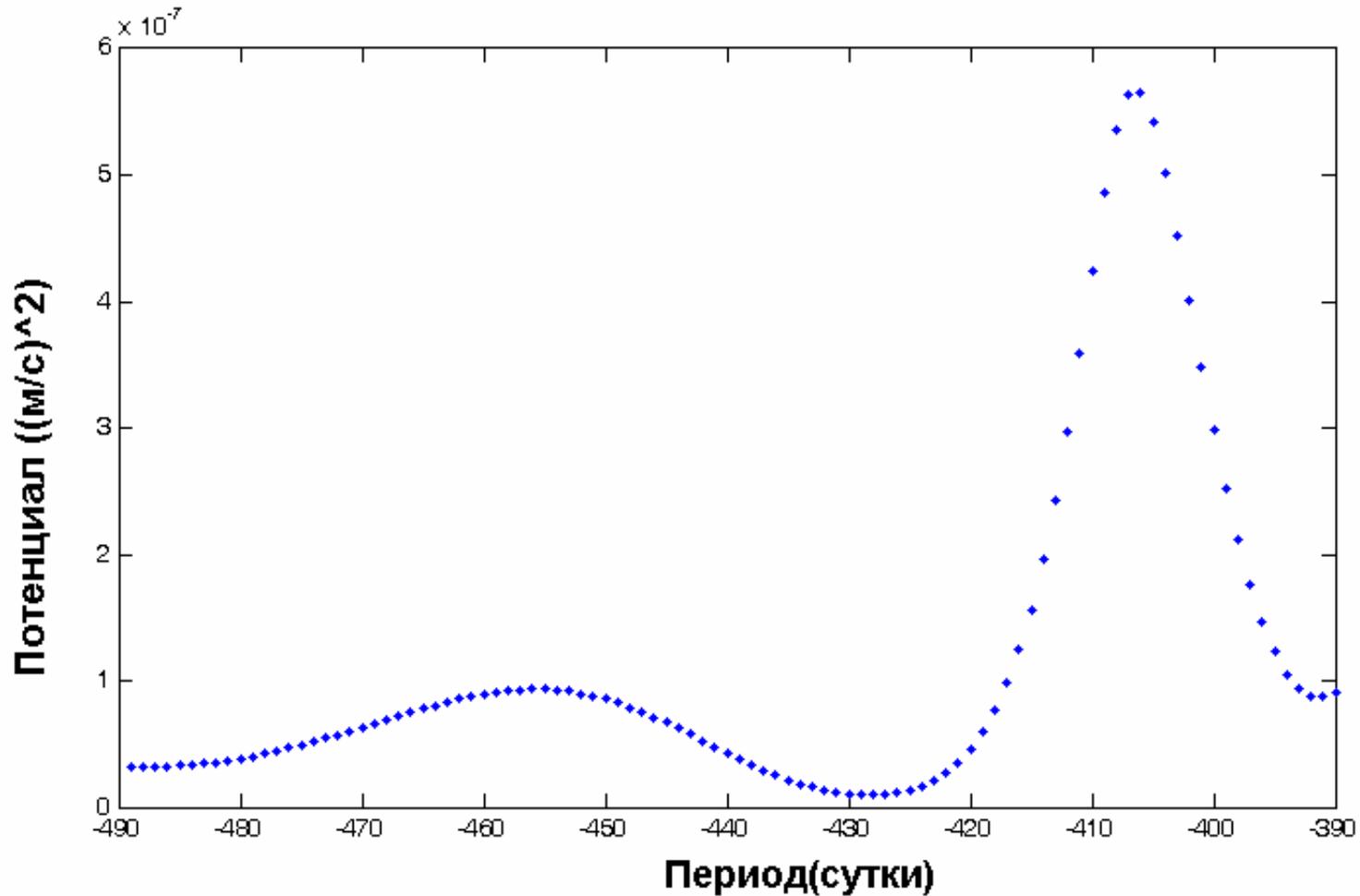


## Параметры передаточной функции теории МАС2000, использованной в варианте 1

Parameters	Re Part	Im Part
$N_0$	$1+1.011 \times 10^{-5}$	.....
$s_1$	$3.15746 \times 10^{-3}$	$4.1782 \times 10^{-4}$
$s_2$	$-1-2.32816 \times 10^{-3}$	$2.6034 \times 10^{-5}$
$s_3$	$-1+1.06120 \times 10^{-3}$	$7.0674 \times 10^{-4}$
$s_4$	$4.13512 \times 10^{-4}$	$2.9329 \times 10^{-7}$
$Q_0$	$-1.8101 \times 10^{-1}$	$3.4367 \times 10^{-2}$
$Q_1$	$-9.6175 \times 10^{-1}$	$7.2734 \times 10^{-2}$
$Q_2$	$4.8977 \times 10^{-2}$	$1.6520 \times 10^{-3}$
$Q_3$	$2.9148 \times 10^{-4}$	$-8.3506 \times 10^{-5}$
$Q_4$	$-1.0713 \times 10^{-5}$	$-1.2571 \times 10^{-6}$
$e_R$	0.0032737875	0

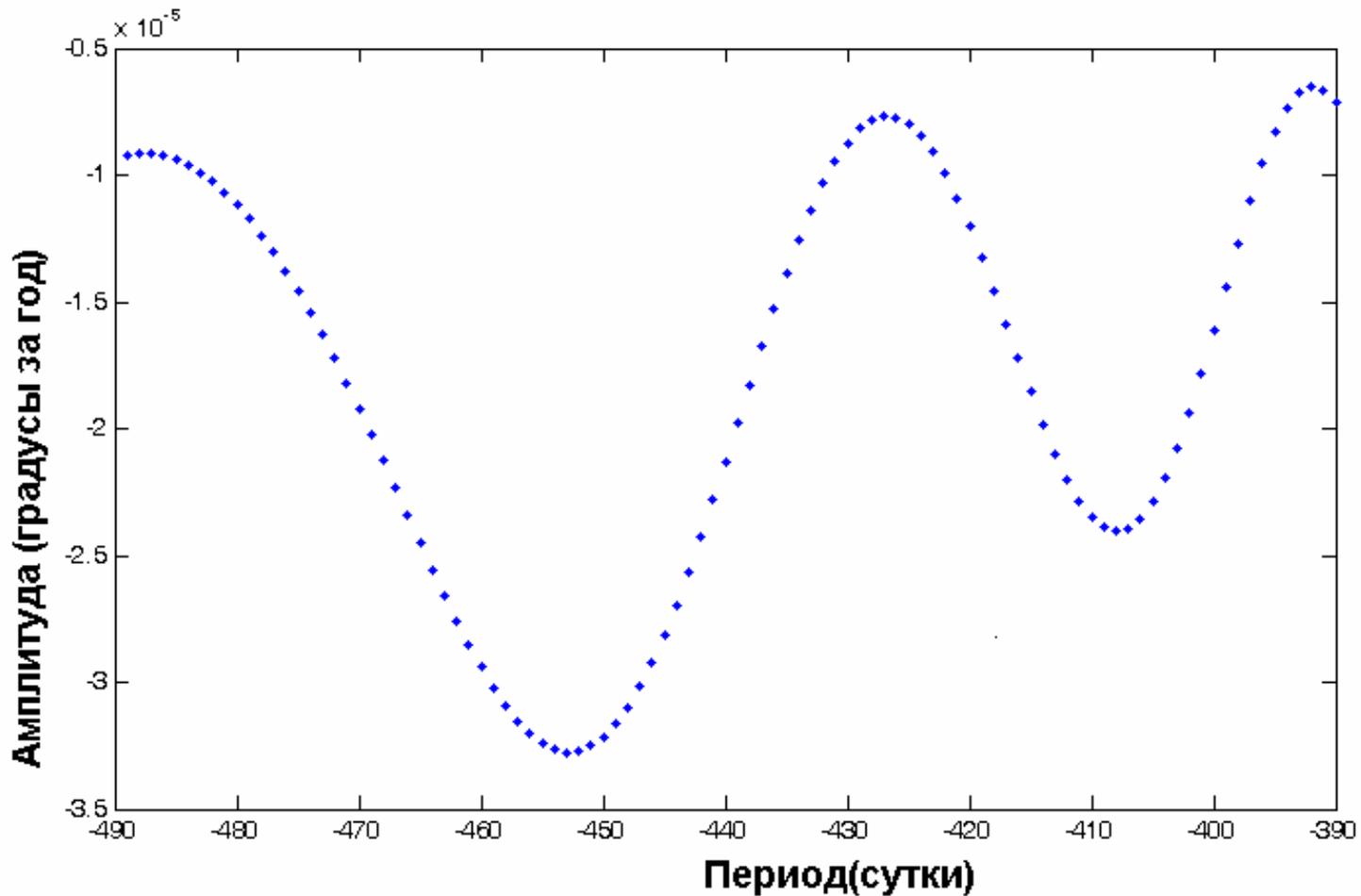


Для варианта 1 вычислен вид возмущающего приливного потенциала



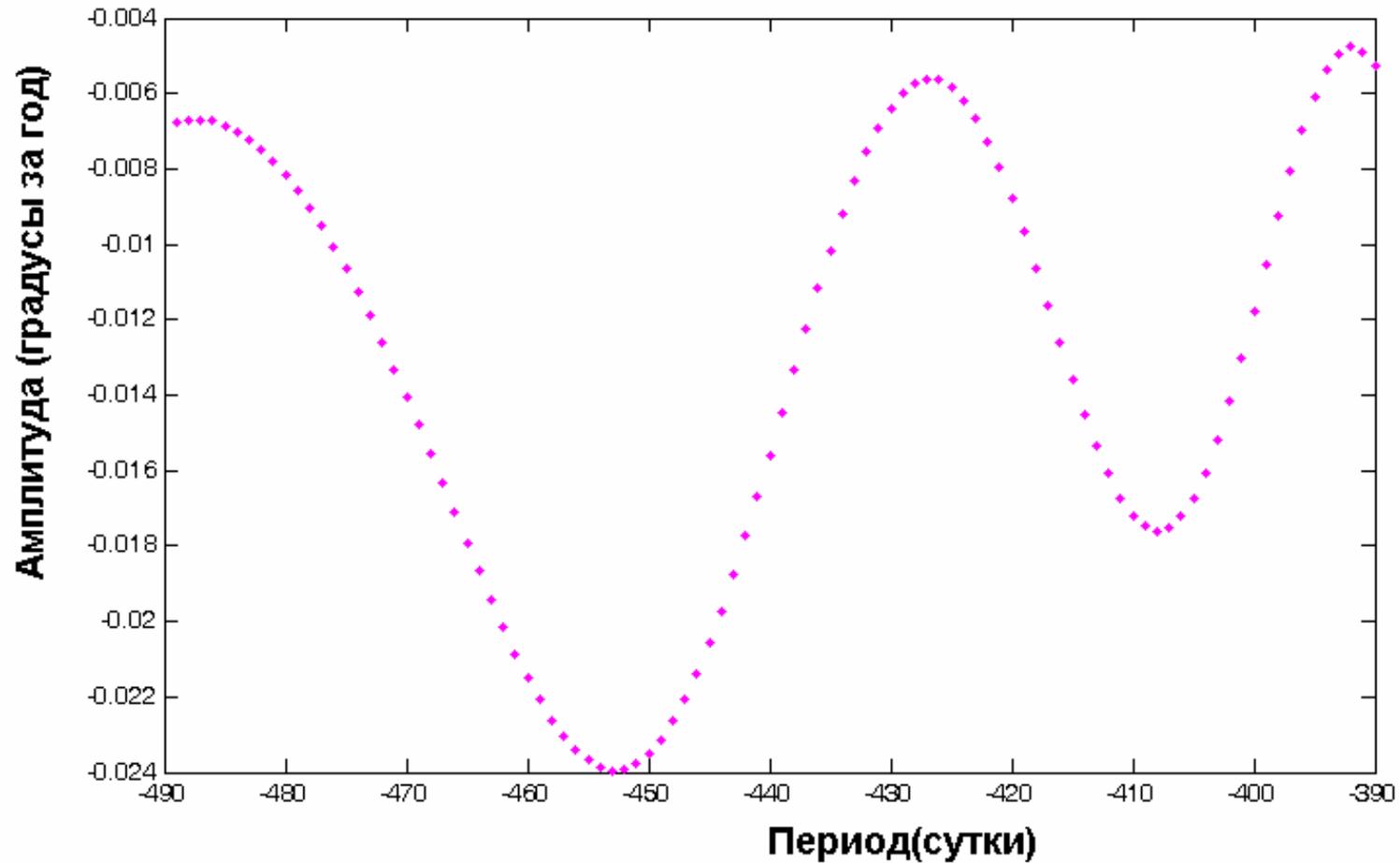


Для варианта 2 вычислим неприливную составляющую средней





Для варианта 3 вычислим неприливную составляющую средней





## Вывод:

Наиболее вероятной гипотезой объяснения остаточных отклонений на частоте свободной нутации ядра представляется наличие в гравитационном потенциале дополнительной гармонике амплитудой около  $0,0000006 \text{ (м/с)}^2$  с периодом около 405 суток по следующим причинам:

- достаточно всего одной возбуждающей гармонике для объяснения наблюдаемой картины;
- ядро и атмосфера вращаются вместе с Землей, а потому не должны иметь заметных гармоник относительно инерциального пространства.



## Благодарности:

работа выполнена при поддержке грантов РФФИ  
08-02-00971 и 08-05-00256

# Благодарю за внимание!