

Search for Annual and Daily Variations of Nucleus Decay Parameters

S. Mayburov

Lebedev Institute of Physics, Moscow

**Nuclide decay parameters are supposedly independent
of routine environment and are time invariant.**

Examples: Plutonium α - decay : $^{239}\text{Pu} \rightarrow ^{235}\text{U} + ^4\text{He}$ life-time 87,3 years

Strontium β - decay : $^{90}\text{Sr} \rightarrow ^{90}\text{Y} + e^- + \bar{\nu}_e$ life-time 50,6 years

Last experimental measurements of nuclide decay parameters stability :

E. Rutherford, M. Curie, about 1920

New physics: in surrounding space can exist some spooky objects:

Dark matter, Dark energy, Axions, Relic neutrinos, etc.

Can interactions with some of these objects influence the properties of nuclide decays ?

**Due to high precision of decay parameter measurements
even small temporary variations can be detected.**

First hints were obtained as by-product of applied researches

Methodic : Permanent measurement of decay rates for long-living isotopes

D. Alburger, G. Harbottle, E. Norton - Earth. Sci. Lett. 78 , 168 (1986)

β -decay, Isotopes - Si-32, Cl-36

Oscillation Period: 1 year, oscillation amplitude : $0,054\% \pm 0,014\%$

H. Siegert et al., Appl. Radiat. Isot. 9, 49 (1998)

β -decay, Isotopes - Ag-108, Ba-133, Eu-154, Kr-85, Ra-226, Sr-90

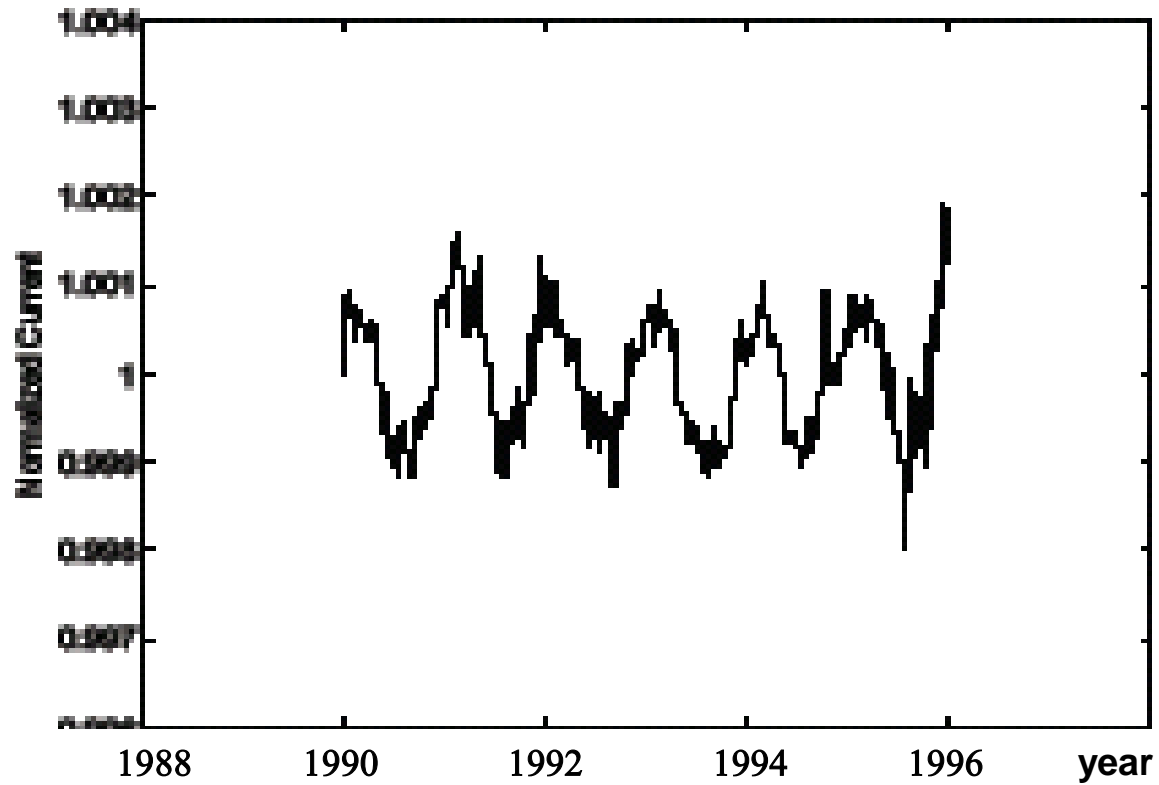
Oscillation Period: 1 year, oscillation amplitudes varied within $(0,068\% - 0,088\%)$

average: $0,081\% \pm 0,0072\%$ (11σ)

maximal counting rate : January 22 ± 10 days

Additional data analysis: P. Sturrock et al., arXive : 1408 .3090

Counting rate versus time for Ag 108



Counting rates versus time for Eu154, Kr85, Ra226, Sr90

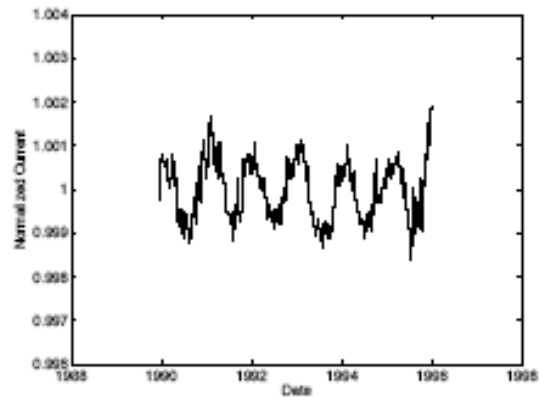


Figure 11. Detrended and normalized relative current measurements versus time for Eu154.

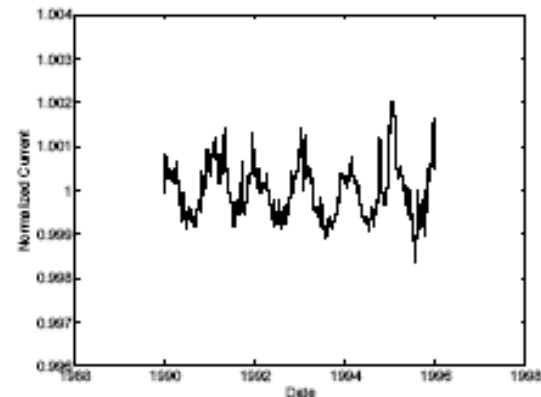


Figure 12. Detrended and normalized relative current measurements versus time for Kr85.

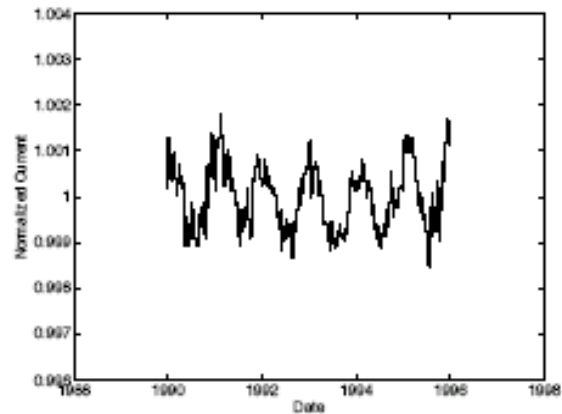


Figure 13. Detrended and normalized relative current measurements versus time for Ra226.

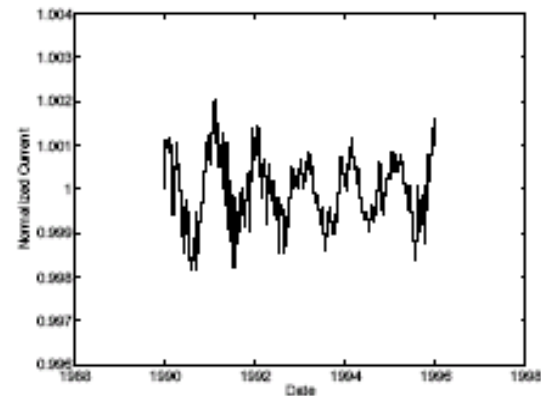


Figure 14. Detrended and normalized relative current measurements versus time for Sr90.

Other results

K.J. Ellis et al., Phys. Med. Biol. 35,1079 (1990)

α -decay, Isotope : Pu 238

Oscillation Period: 1 year, oscillation amplitude : $0,5\% \pm 0,18\%$

P.A. Sturrock et al. , Astropart. Phys. 36, 18 (2012)

γ -decay, Isotope : Rn 222

Oscillation Period: 1 year, oscillation amplitude : $\sim 0,1\%$

A. Parkhomov et al. , Astropart. Phys. 35, 755 (2012)

β - decay , Isotopes : Co 60, Sr 90

Oscillation Periods: 1 year, 29.5 days, 24 hours,

oscillation amplitude : $\sim 0,1\%$

Y. Baurov et al., Int. J. Pure & Appl. Phys. 6, 469 (2010)

β - decay , Isotope : Co - 60

Oscillation periods: 27 days , 24 hours , amplitude $\sim .1\%$

Advantages of counting rate methodics :

technical simplicity, high counting rates permit to get small statistical errors

Problems - to guarantee detector performance stability during large time periods, avoid environment influence, in particular, atmospheric radon γ -radiation

Alternative option : permanent measurement of short-living nuclide life-time τ

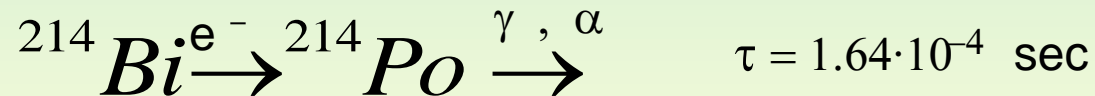
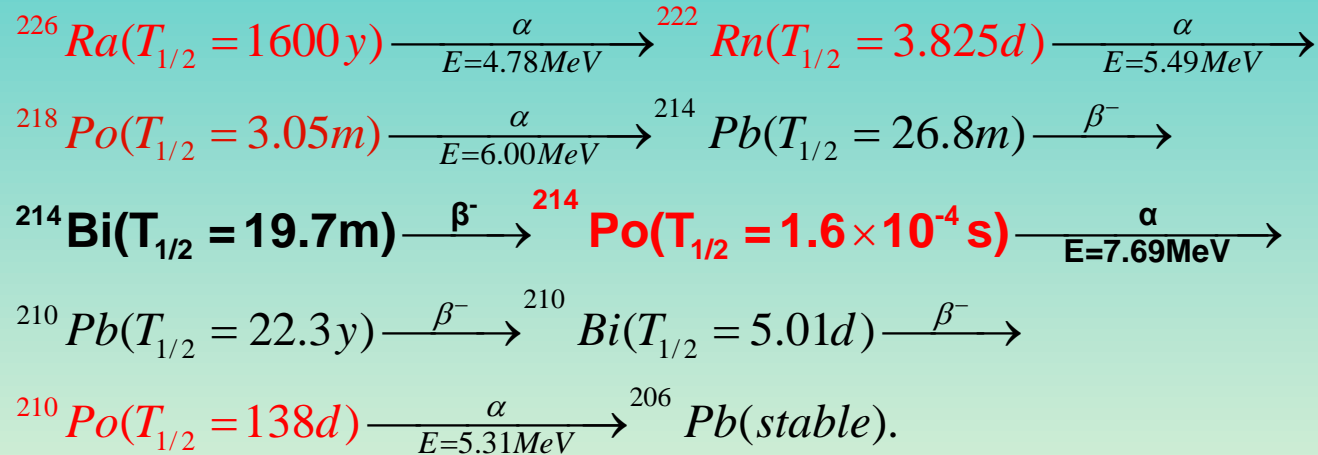
Advantages: possibility to monitor each nuclide from its production to decay, less problems with detector stability and background

Problem : low statistics rate

Experiment *Tau-2* in Baksan laboratory - τ Measurement for Po-214

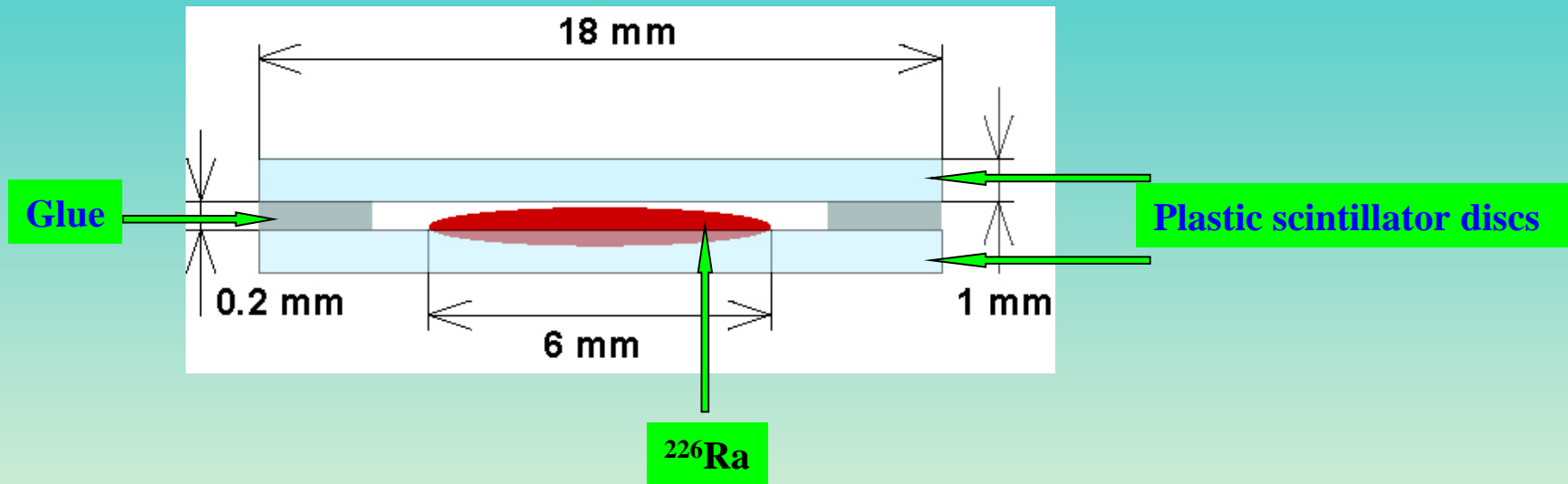
E. Alekseev et al. arXiv : 1505.01752

Decay Scheme of nuclide ^{226}Ra



$^{214}\text{Po}^* \longrightarrow ^{214}\text{Po} + \gamma$; ^{214}Po nuclide birth marked by e^- , γ emission

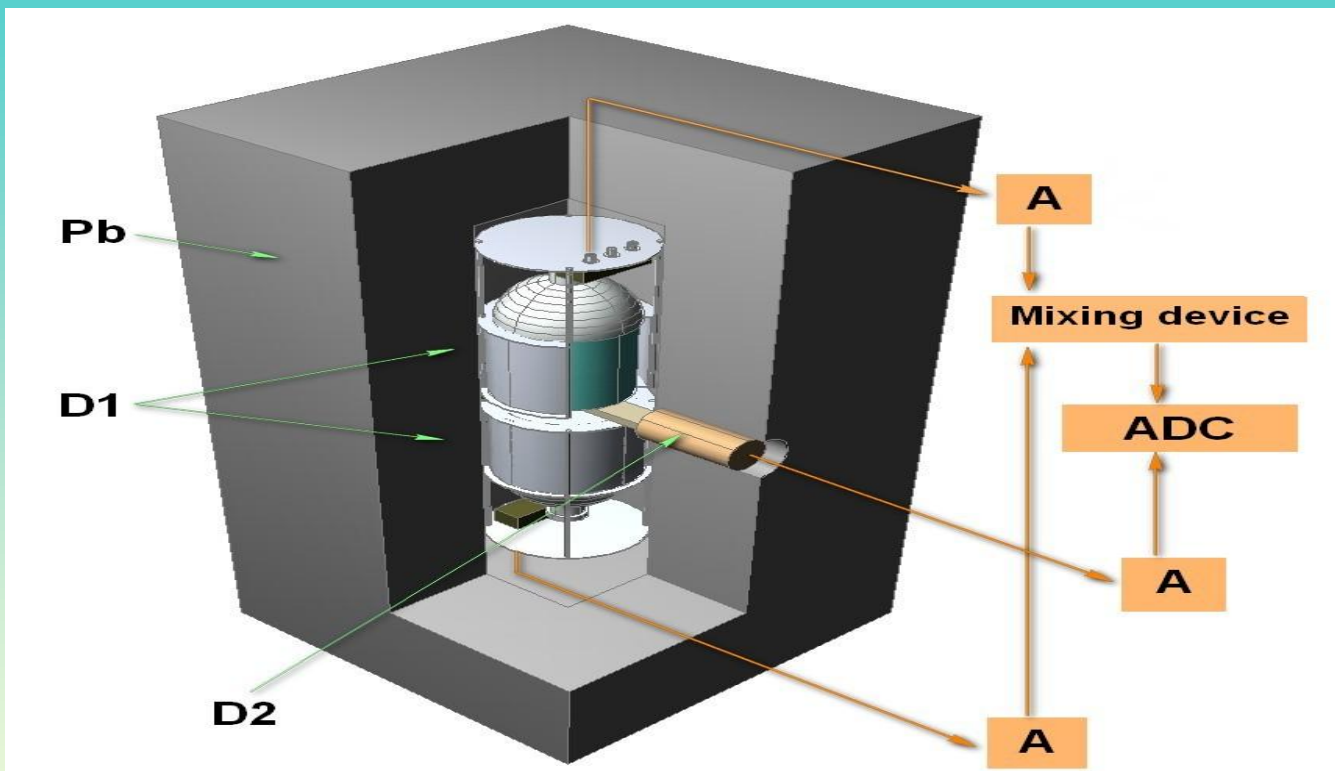
^{214}Po nuclide decay marked by α emission



^{226}Ra -source + (β, α)-detector (PS1+PS2)

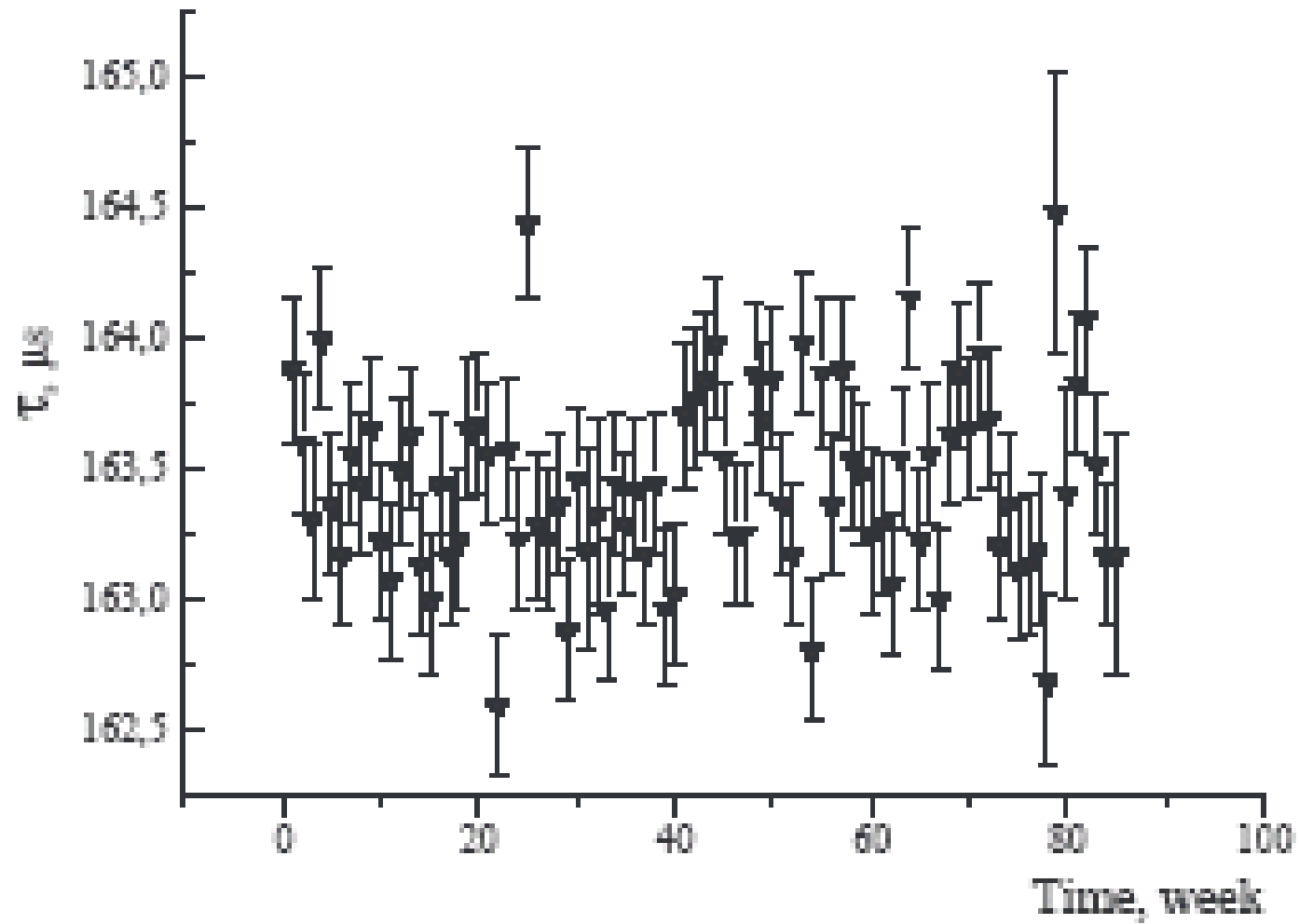
^{214}Po nuclide birth / decay rate ~ 12 events / sec

Schematic view of TAU-2 installation, Baksan lab. – 2000m rock equivalent



NaI(Tl)×2 - 150×150 mm
25 cm PE+1mm Cd+(15 cm+15 cm Pb)
 $A_2 \approx 20 \text{ Bk/m}^3$

Time dependence of ^{214}Po life-time τ weekly average



**Life-time oscillations obtained from moving - average
(moving-summation) algorithm**

To extract oscillations with period T :

i) Choose interval $\Delta t \ll T$, for $T = 1$ year, it taken $\Delta t = 1$ week

ii) Calculate life-time $\langle \tau_n \rangle$ for period $.5 T$ over t and shift $n \Delta t$:

$$n\Delta t \leq t \leq .5T + n\Delta t; \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

iii) To find best fit for $\langle \tau_n \rangle$:

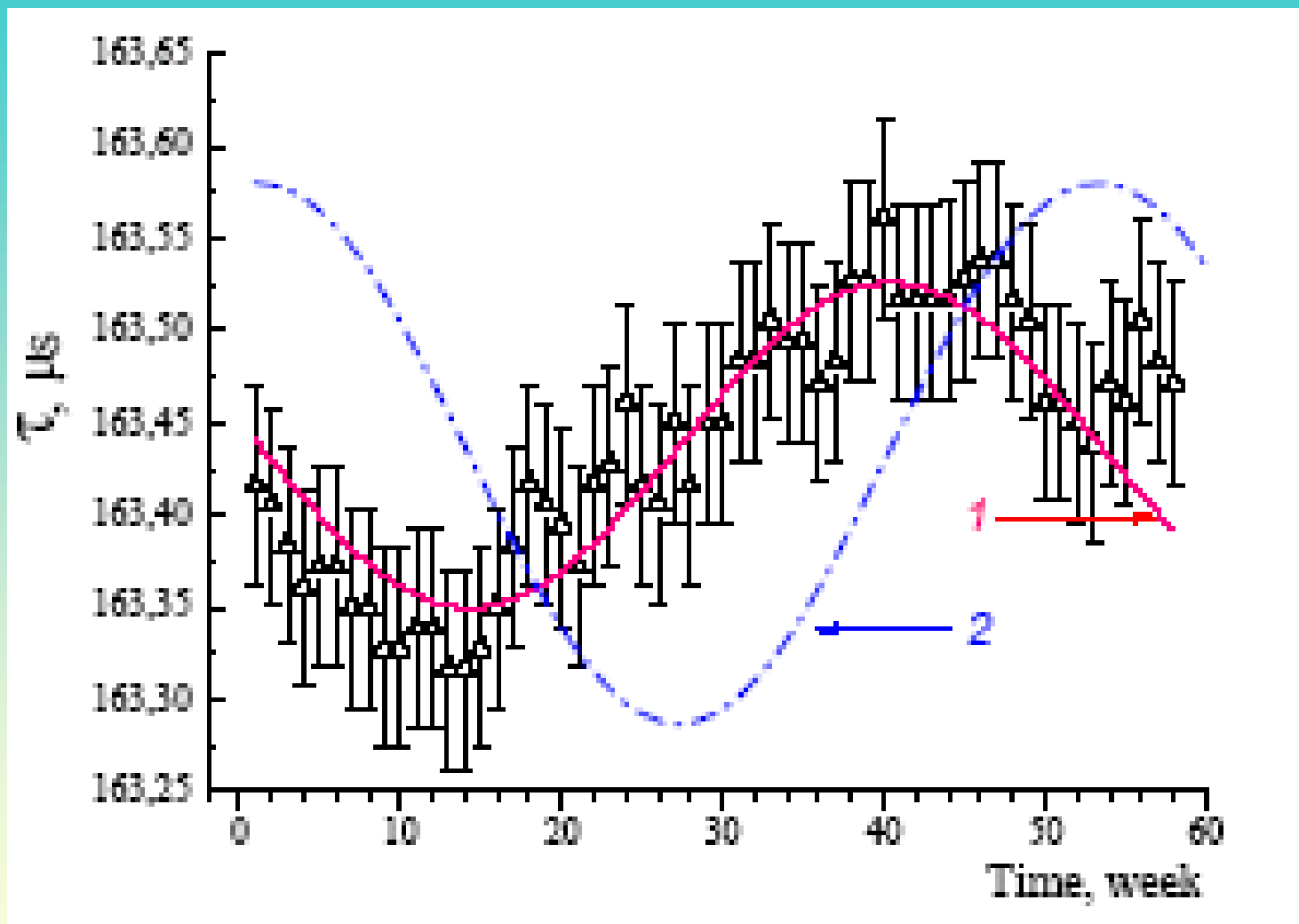
$$F(t) = F_0[1 + r \sin(\omega t + \alpha)] ; \quad \omega = 2\pi / 365 \text{ days}$$

iv) To derive from $F(t)$ true $\tau(t)$ dependence:

$$\tau(t) = \tau_0 [1 + A \sin(\omega t + \varphi)]$$

$$A = .5 \pi r ; \quad \varphi = \alpha + 91 \text{ (days)}$$

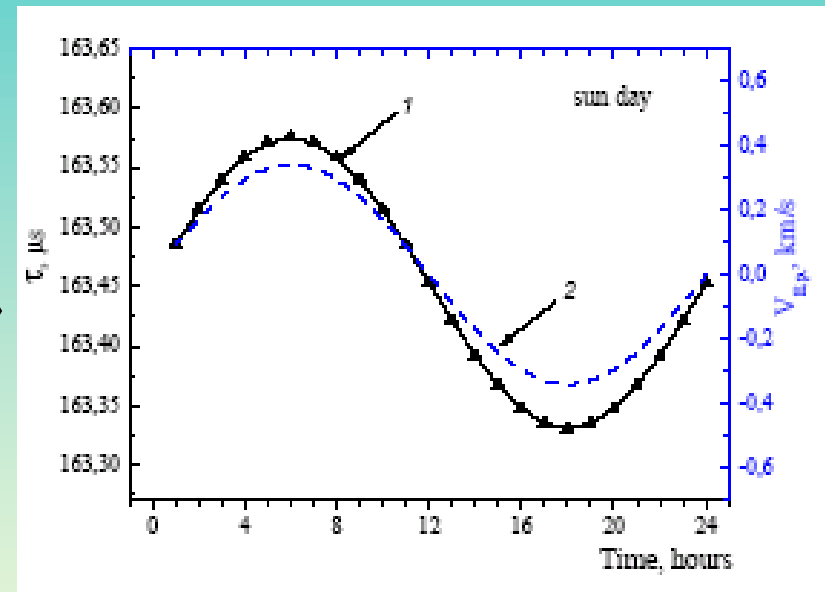
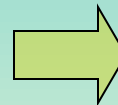
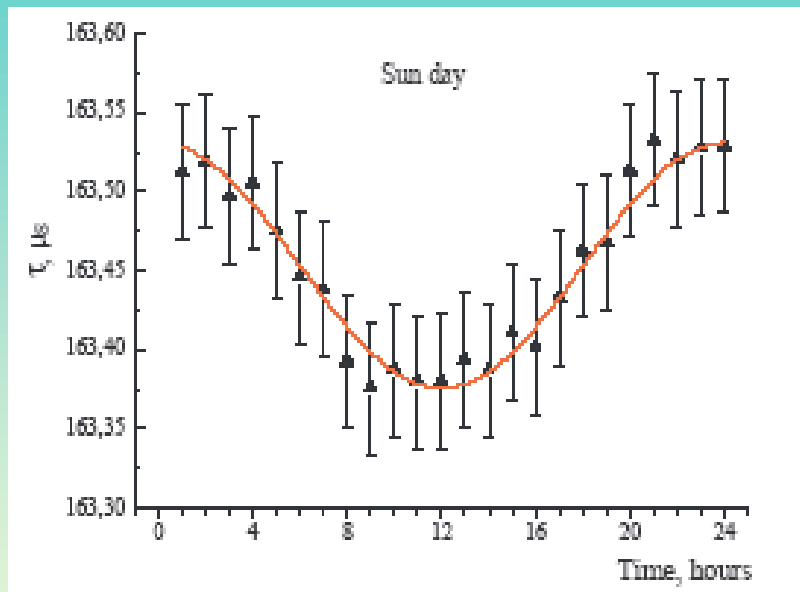
Time dependence of ^{214}Po lifetime for moving - average algorithm



Fit $F(t) : 1 \rightarrow 2 ; \tau(t) = \tau_0 [1 + A \sin(\omega t + \varphi)] ; A = (8,9 \pm 2,3) 10^{-4}$

$\varphi \sim \text{october } 22 \pm 8 \text{ days}$

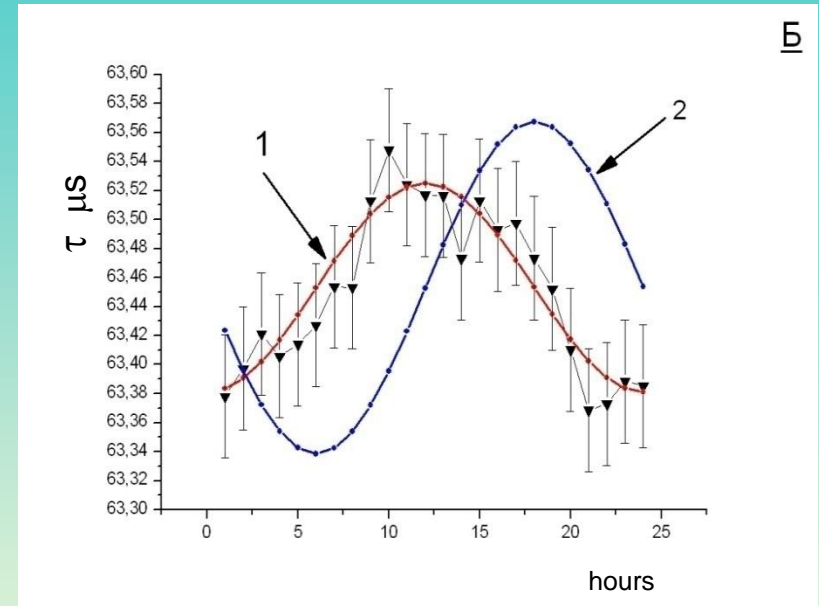
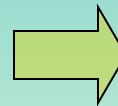
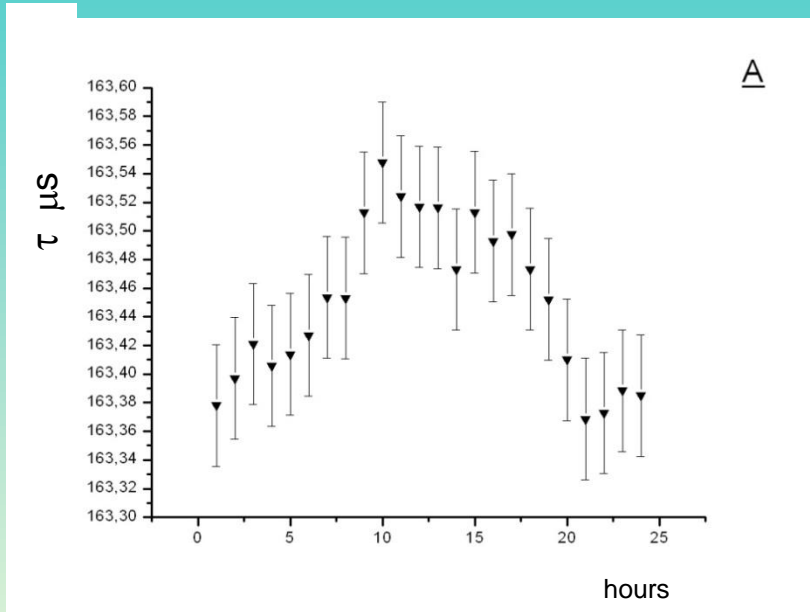
^{214}Po life-time sun-day (24 h) oscillations from moving-average algorithm



Daily amplitude: $A = (7,5 \pm 1,2) \cdot 10^{-4}$

Maximal life-time at : 6 a.m. \pm 20 min.

^{214}Po life-time lunar-day oscillations from moving-average algorithm (average lunar-day= 24 h 50 min. 28,2 sec.)



hours

$$\text{Amplitude } A = (6,9 \pm 2) \cdot 10^{-4}$$

Quantum properties of gravity are practically unknown experimentally

Theory predictions - metric fluctuations become large at Plank scale

But may be already at Fermi scale, i. e. nucleon radius ?

Other explanations : anomalous relic neutrinos, anomalous interactions

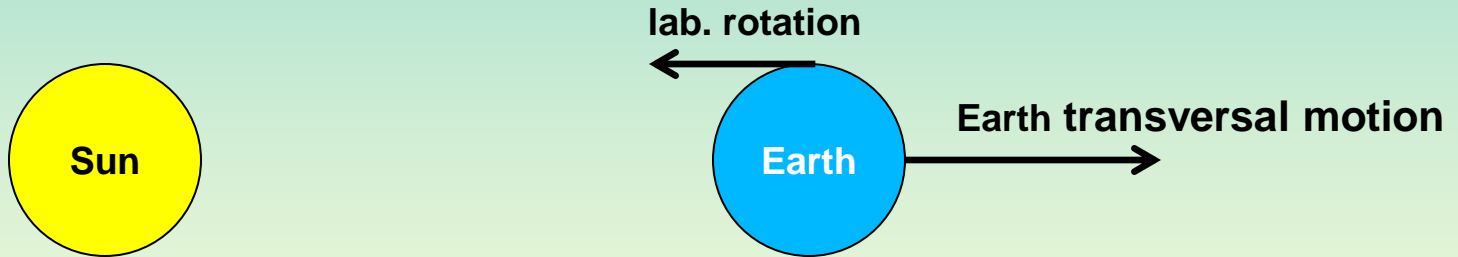
of sun neutrino - difficult to reconcile with α, β decay universality

and moon influence

Moon position influence on Po life-time probably excludes axions and neutrinos as possible explanation. It seems that the effect can be related to sun and moon gravity influence.

In particular, for annual and sun day variation amplitude it follows that :

$$A \sim \frac{\partial U_g}{\partial t} \quad U_g = \frac{gM}{r} \quad - \text{ Sun gravitation potential in lab.}$$



$$\frac{\partial U_g}{\partial t} \neq 0 \quad \text{due to Earth rotation and seasonal variation of its orbit radius}$$

DODO project for International Space Station

Decay Oscillations Detected on the Orbit

**Aim – simultaneous measurement of α and β decay
counting rates on Earth and on the orbit**

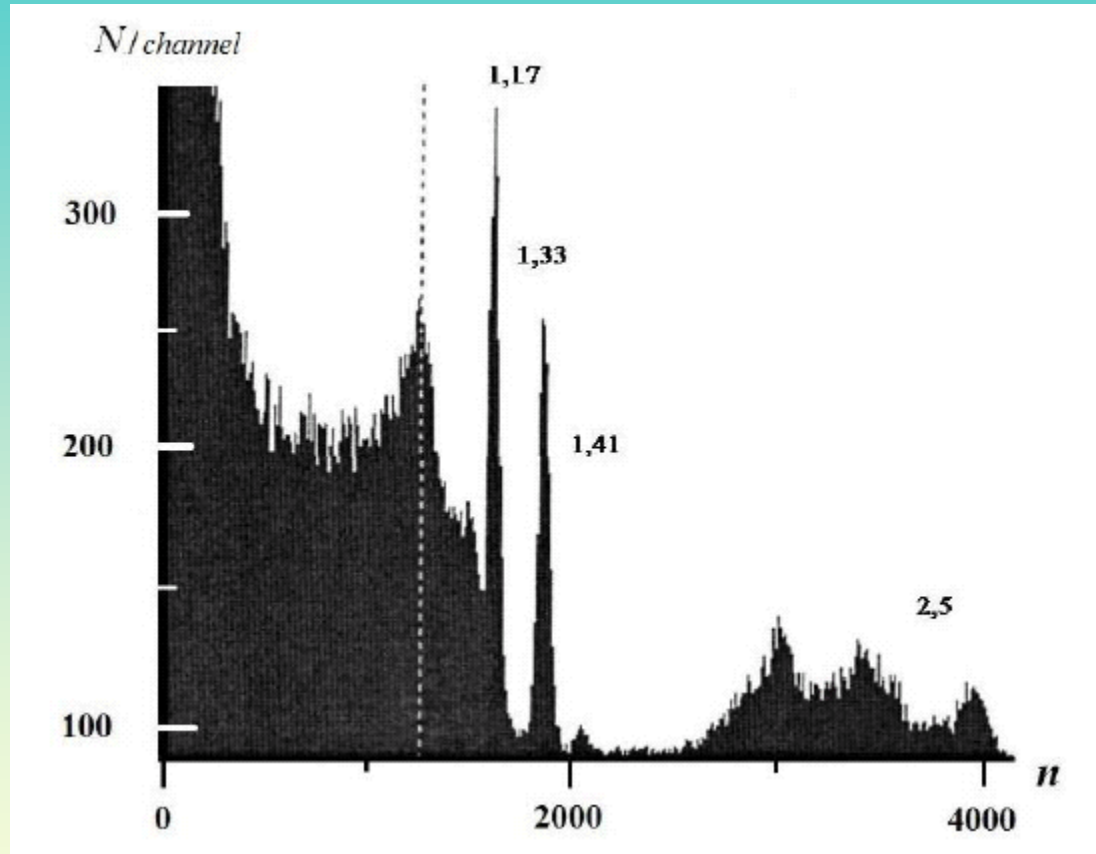
α – decay : Pu – 239 , silicon detector

β – decay : Co - 60 , scintillator detector

Start is planned for 2017

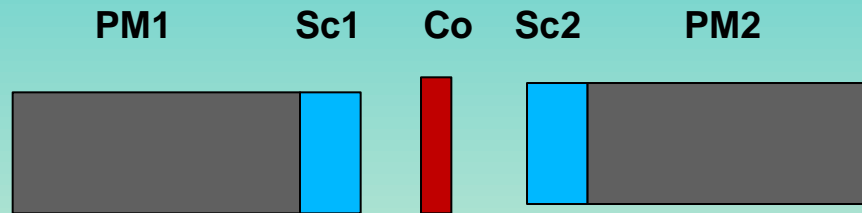
Now decay statistics in lab. conditions is collected

^{60}Co γ - radiation spectra in $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ scintillator

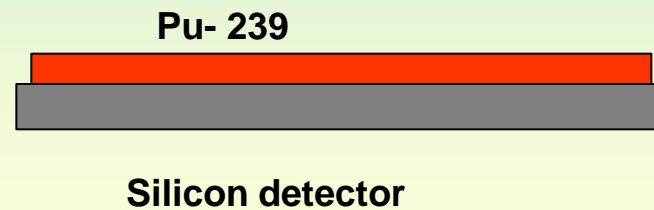


$\text{Co} \rightarrow 2 \gamma + e + \nu + \text{Nuclide} \dots$

Scheme of β -decay counting rate measurement



Scheme of α - decay counting rate measurement



Conclusions

- 1) Multiple experiments on nuclide decay rate measurements indicate the possible existence of annual variations at the level about 10^{-3}
- 2) Experiment *TAU-2* found annual and daily oscillations of Po 214 life-time at the level $\sim 8 \cdot 10^{-4}$
- 3) Evidence of moon motion influence on decay parameters supposedly was found
- 4) Decay parameter measurements on Earth orbit can bring new important insights into the experimental situation

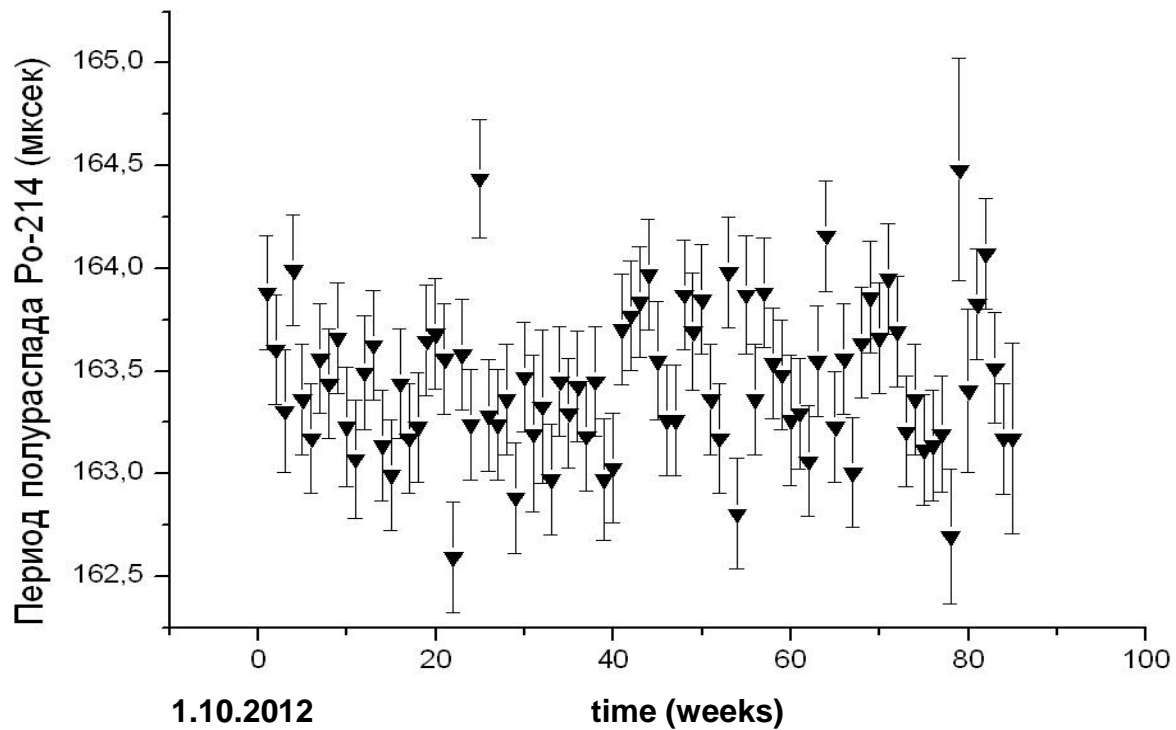


Рис. 4. Распределение величин периода полураспада Po-214 по недельным данным.

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma^2} \{Y_i - f(t_i)\}^2 \rightarrow \text{Min} \quad f(t) = \exp(-t/\tau)$$

Поиск периодической составляющей с периодом ≈ 1 год

Метод последовательного суммирования

Суть метода – выбирается интервал $\approx 0,5$ ожидаемого периода и вычисляется период полураспада, далее интервал сдвигается на 1 шаг и процедура повторяется. В данном случае был выбран интервал = 0,5 года, шаг = 1 неделя.

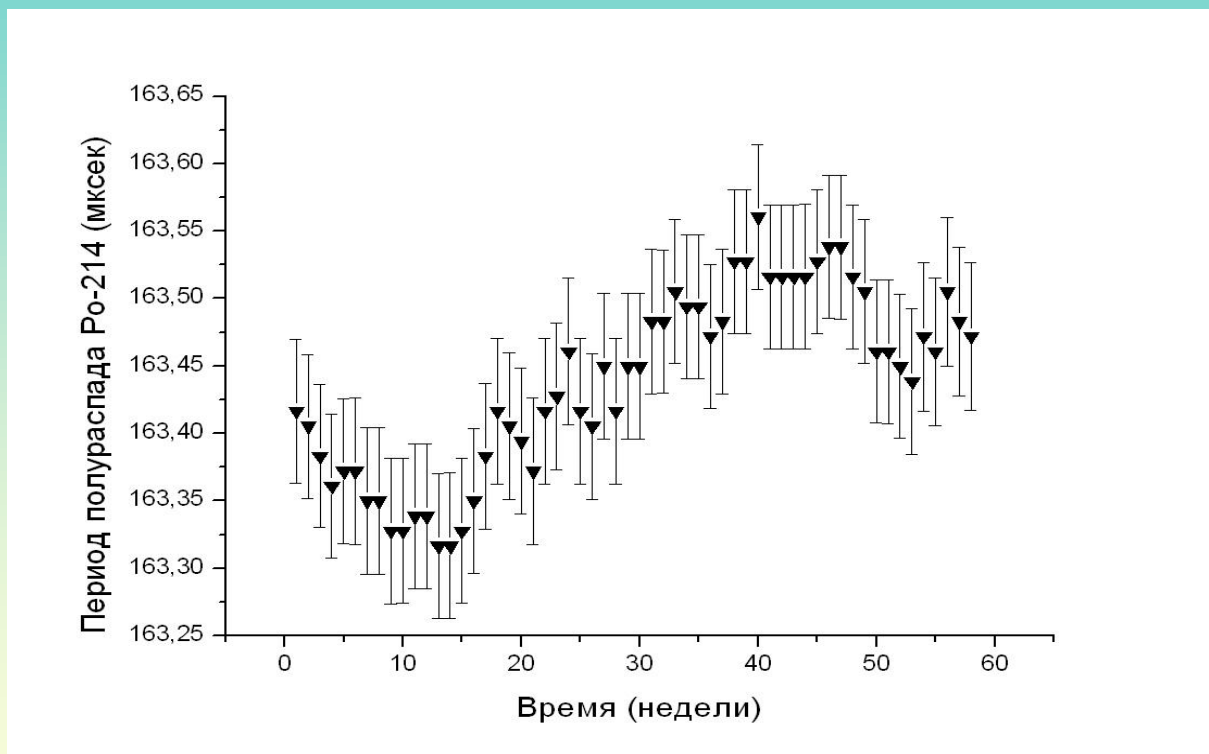


Рис. 5. Распределение величин периода полураспада $Po-214$ полученная методом скользящего суммирования

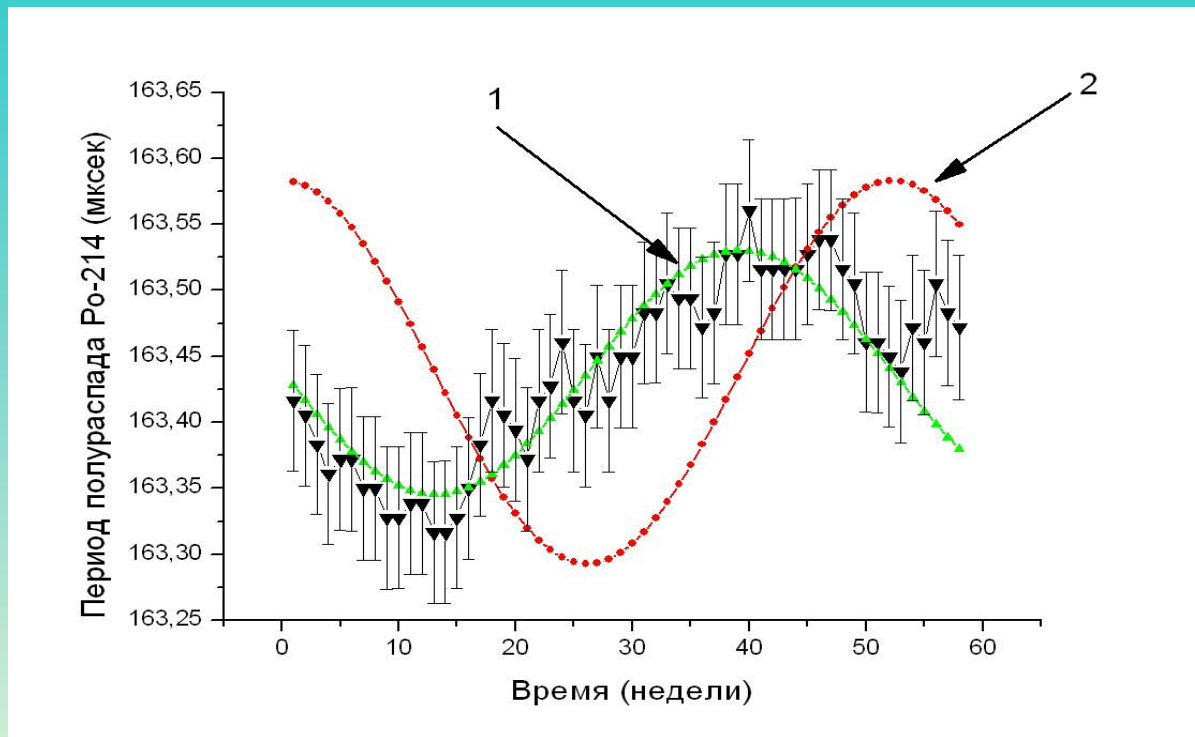


Рис.6. Распределение величин периода полураспада Po-214 полученное методом скользящего суммирования. Кривая 1 – аппроксимация $Y = A \cdot \sin(bx)$, кривая 2 – искомая периодическая составляющая.

Очевидно, что найденная таким образом гармоника будет иметь тот же период, что и исходная, амплитуду в $2/\pi$ меньше и сдвиг по Фазе на $1/4$ периода.

$$Y = \sin(ax) \quad \langle Y \rangle = \frac{1}{\pi} \int_x^{x+\pi} \sin(ax) = \frac{2}{\pi} \cos(ax)$$

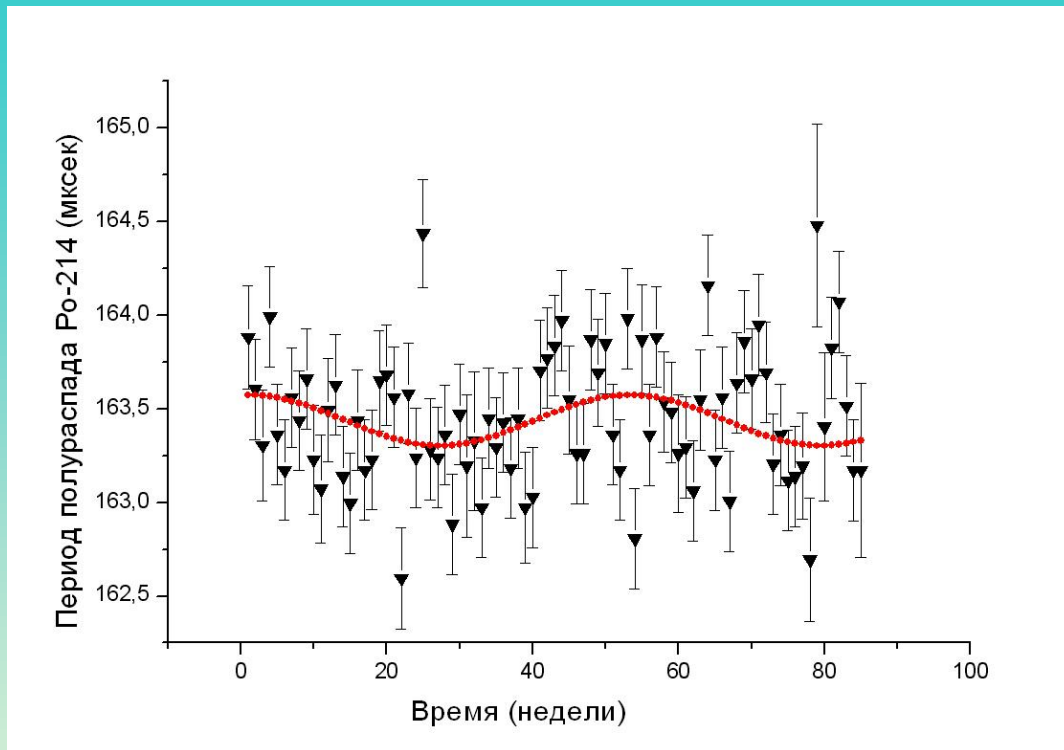


Рис.7. Распределение величин периода полураспада Po-214 по недельным данным. Кривая – аппроксимация, полученная из метода скользящего суммирования с периодом 1 год, относительная

амплитуда $A = (8,9 \pm 2,3) \cdot 10^{-4}$

Суточные вариации

Для поиска суточных вариаций также использовался метод скользящего суммирования. Интервал суммирования равнялся 12 часам, шаг – 1 час. По всей имеющейся статистике суммировались данные, полученные в интервале 0 – 12 часов и вычислялся период полураспада Рo-214. Далее интервал сдвигался на 1 час и процедура повторялась.

1. Солнечно – суточные вариации. (Сутки = 24 часа)

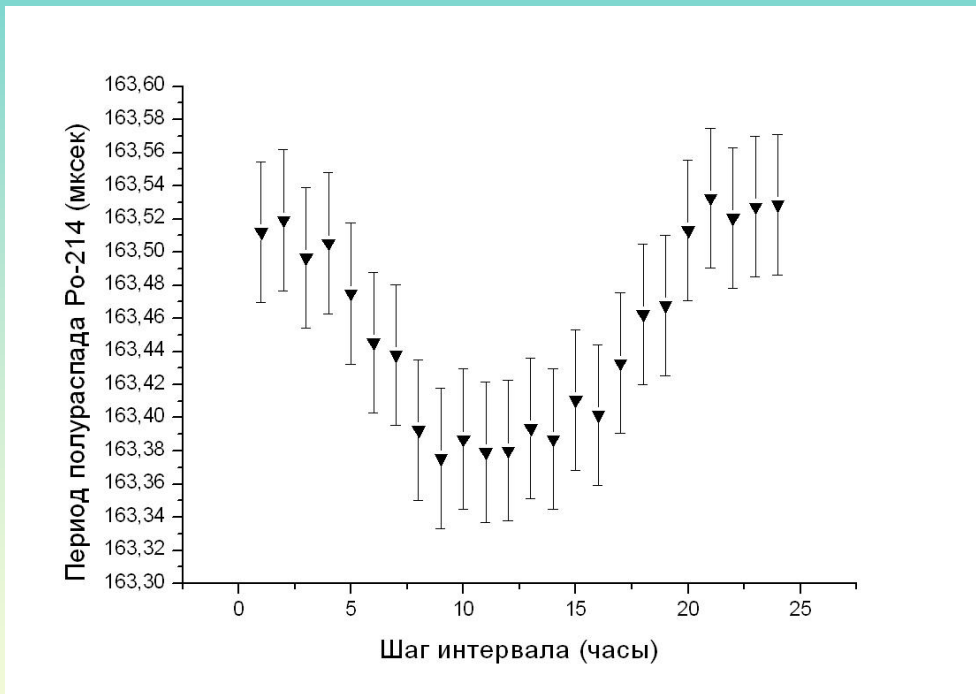


Рис. 8. Солнечно-суточные вариации периода полураспада Рo-214, полученные методом скользящего суммирования.

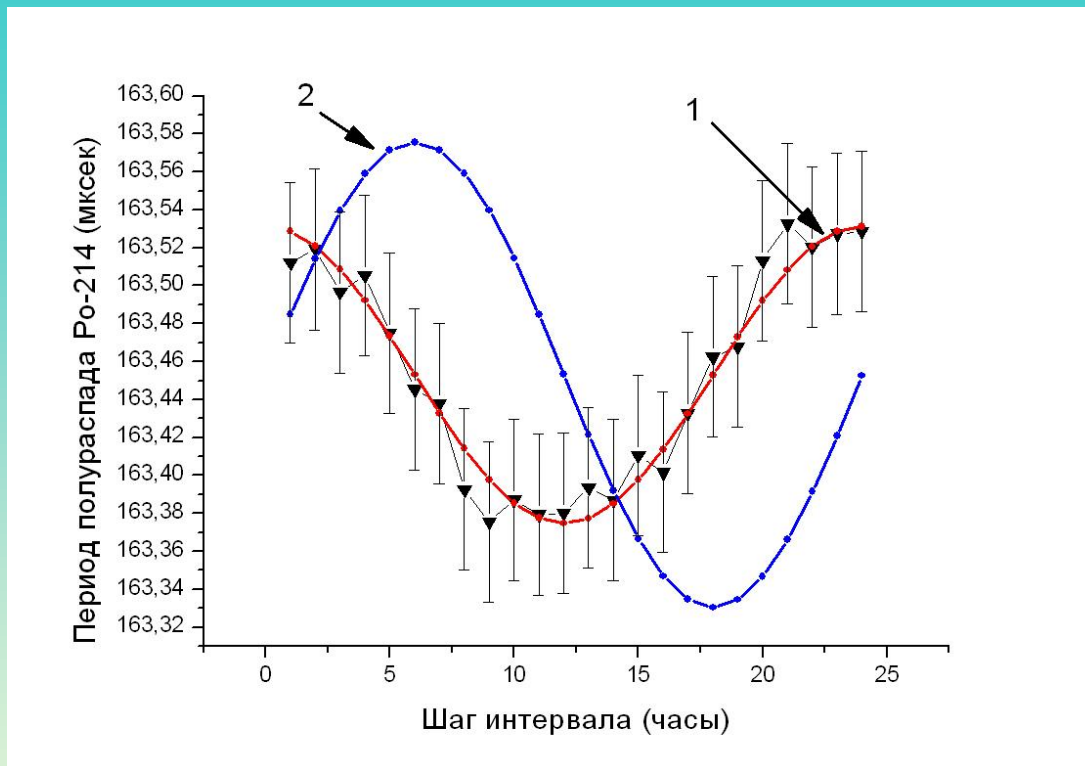


Рис.9. Распределение величин периода полураспада Po-214 в интервалах. Кривая 1 – аппроксимация данных функцией $Y=A*\sin(bx)$ с периодом 24 часа. Кривая 2 – искомая солнечно-суточная волна.

Амплитуда солнечно-суточной волны $A = (7,5 \pm 1,2)*10^{-4}$

3. Лунно – суточные вариации

(Средние лунные
сутки = 24 часа 50 мин. 28,2 сек.)

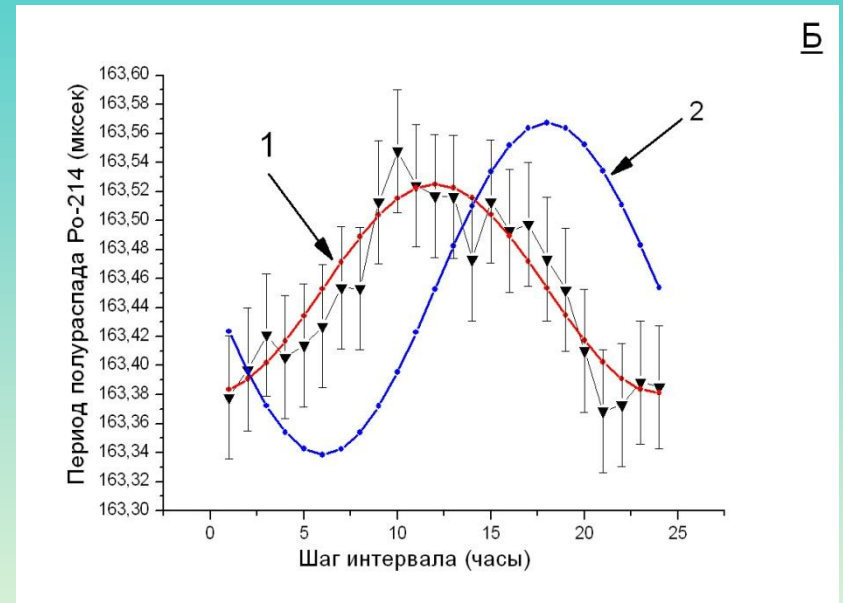
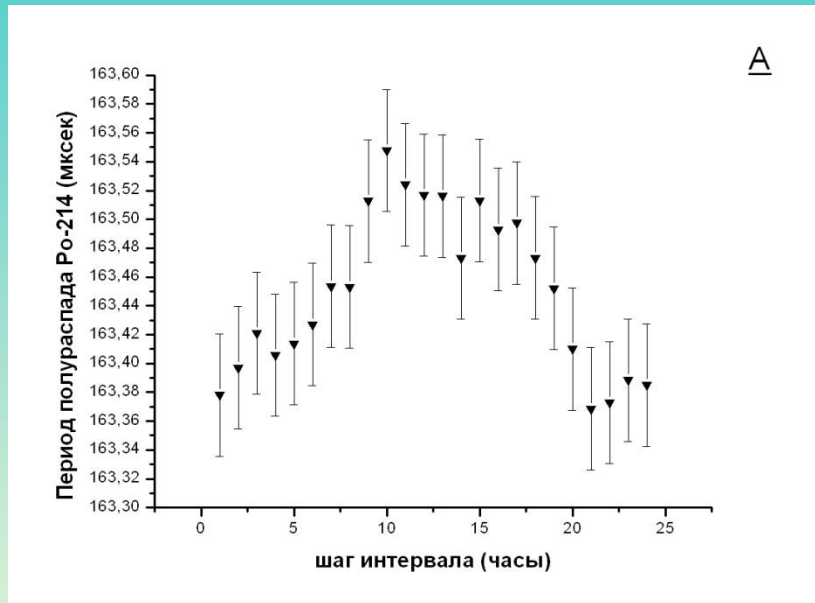


Рис.12 Распределение величин периода полураспада Po-214, полученное методом скользящего суммирования. Кривая 1- (Рис.12Б) аппроксимация данных функцией $Y = A \cdot \sin(bx)$. Кривая 2 – искомая лунно-суточная волна.

Амплитуда лунно-суточной волны $A = (6,9 \pm 2) \cdot 10^{-4}$

Лунно-суточные вариации

Синодический период Луны (средний) $T = 29,530589$ дней

Сдвиг начала суммирования на ~ 0.5 периода (15 дней)
фаза сдвигается на 12 часов

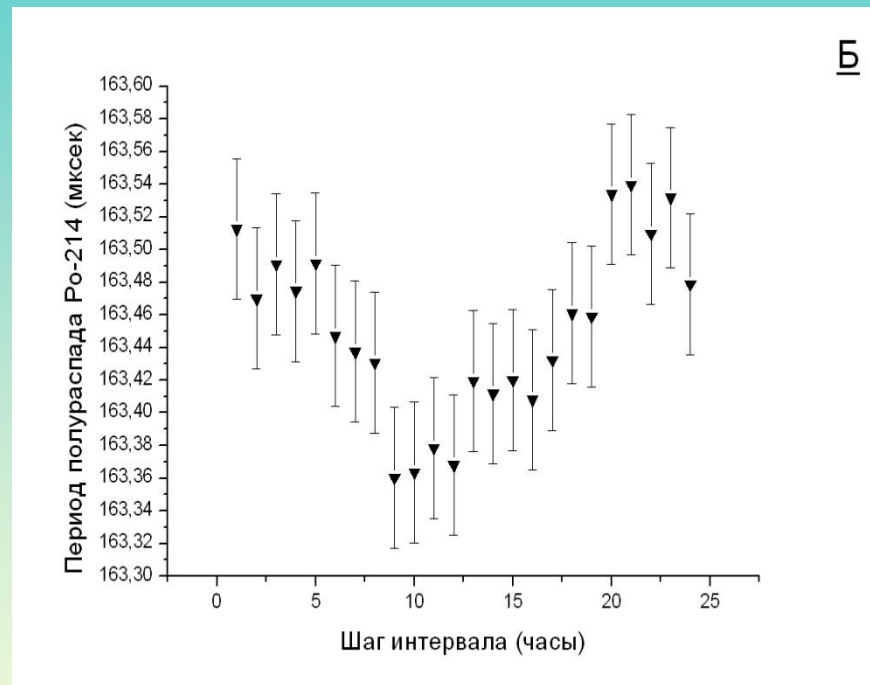
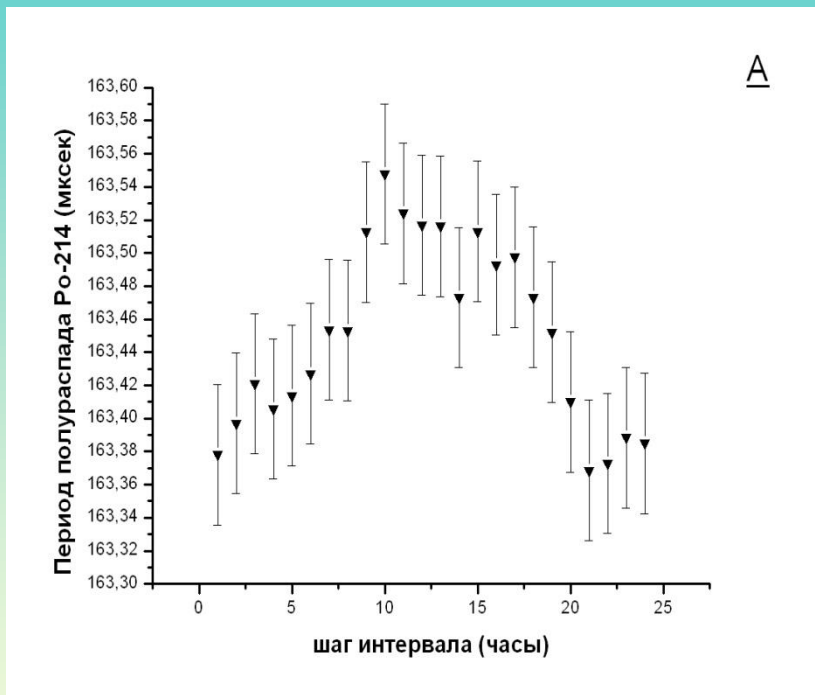


Рис.13. Распределение величин периода полураспада Po-214, полученное методом скользящего суммирования. Рис.13 А – начало суммирования 30 сентября 2012 г., Рис13 Б – начало суммирования 15 октября 2012 г.

Анализ данных

1. Годовые вариации

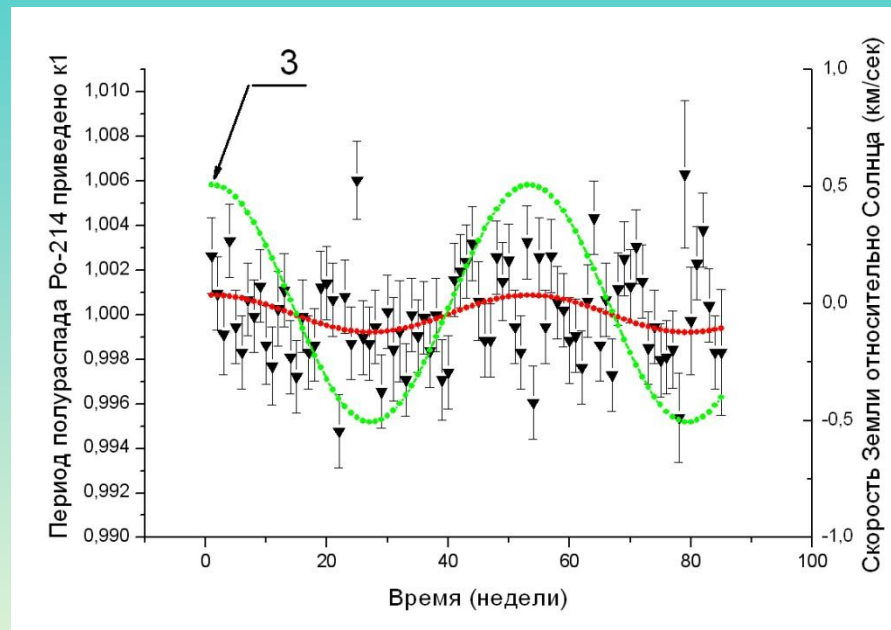
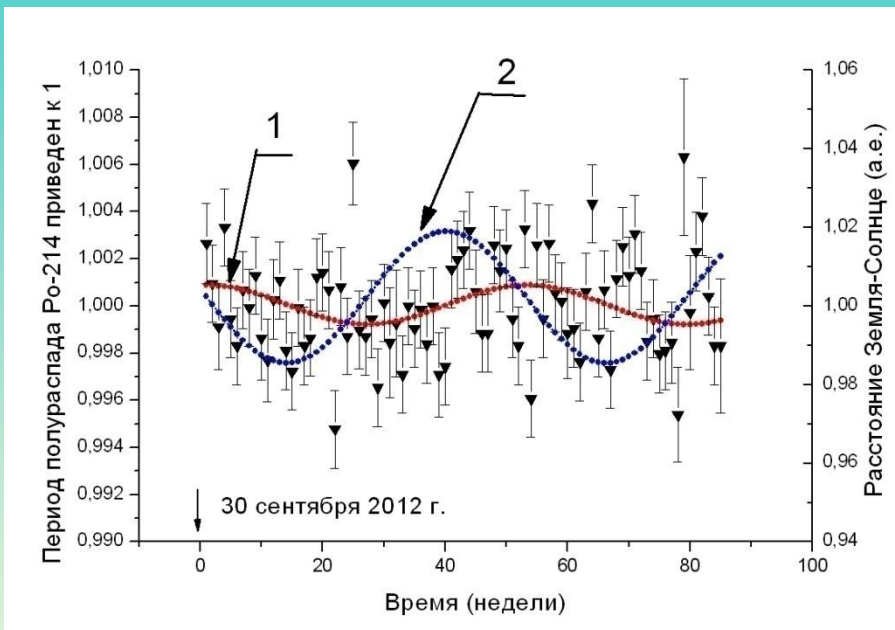


Рис.14 Распределение величин периода полураспада $Po-214$ по недельным данным. Кривая 1 – аппроксимация функцией $Y = A \cdot \sin(bx)$ с периодом ~ 1 год. Кривая 2 – расстояние между Солнцем и Землей. Кривая 3 – скорость Земли по отношению к Солнцу при орбитальном движении вокруг Солнца.

Совпадение Фаз ± 1 неделя.

2. Солнечно-суточные вариации

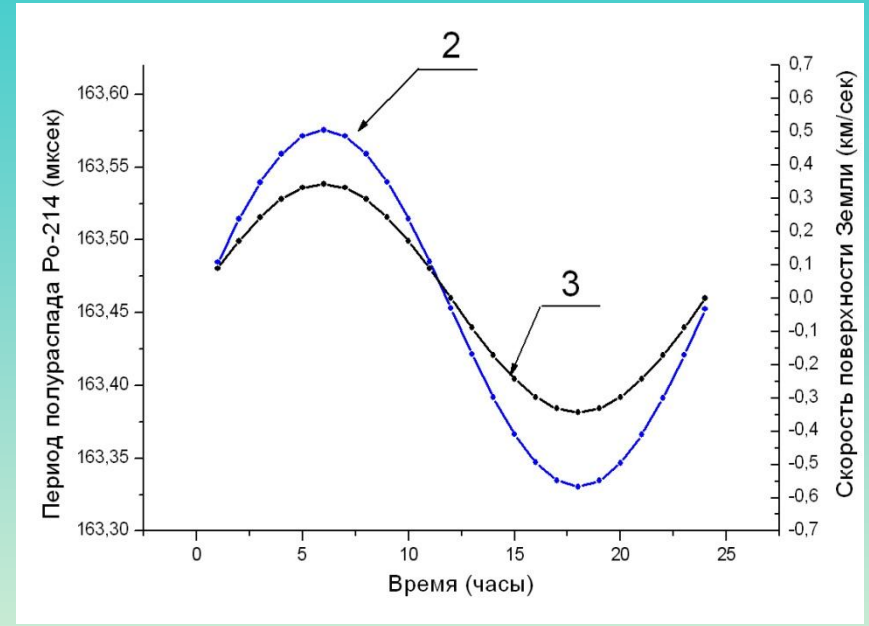
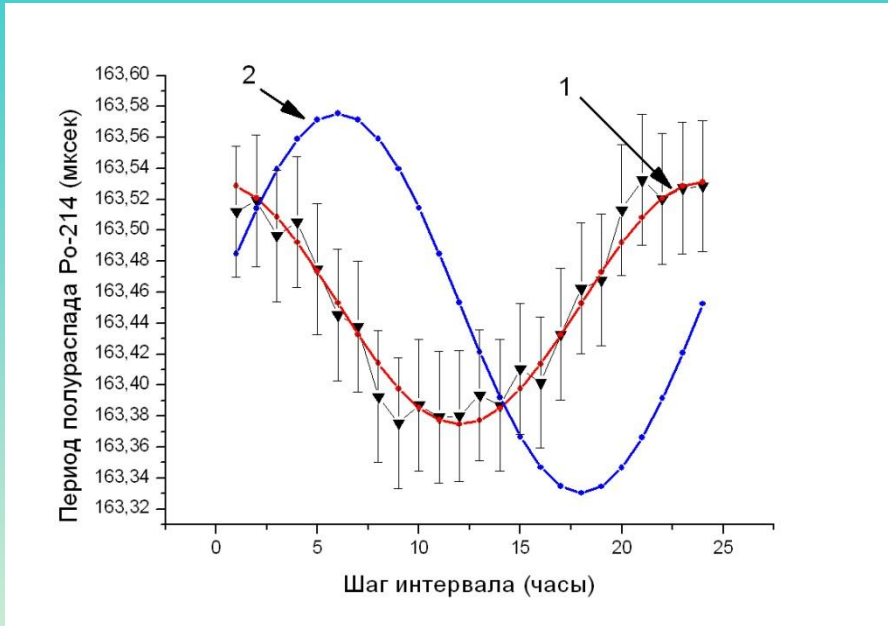
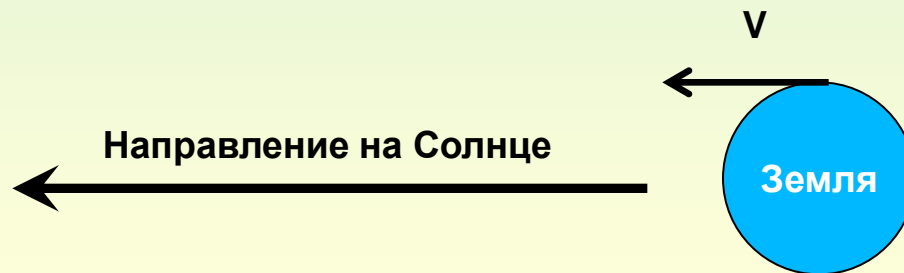


Рис.15. Распределение величин периодов полураспада. Кривая 2 – найденная искомая солнечно-суточная волна. Кривая 3 – скорость движения точки земной поверхности по отношению к Солнцу вследствие вращения Земли.



3. Лунно-суточные вариации

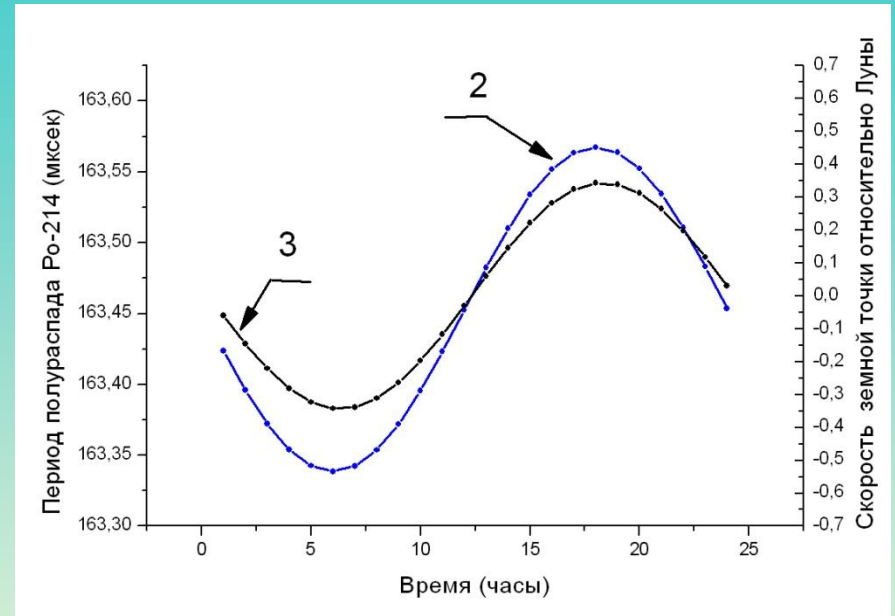
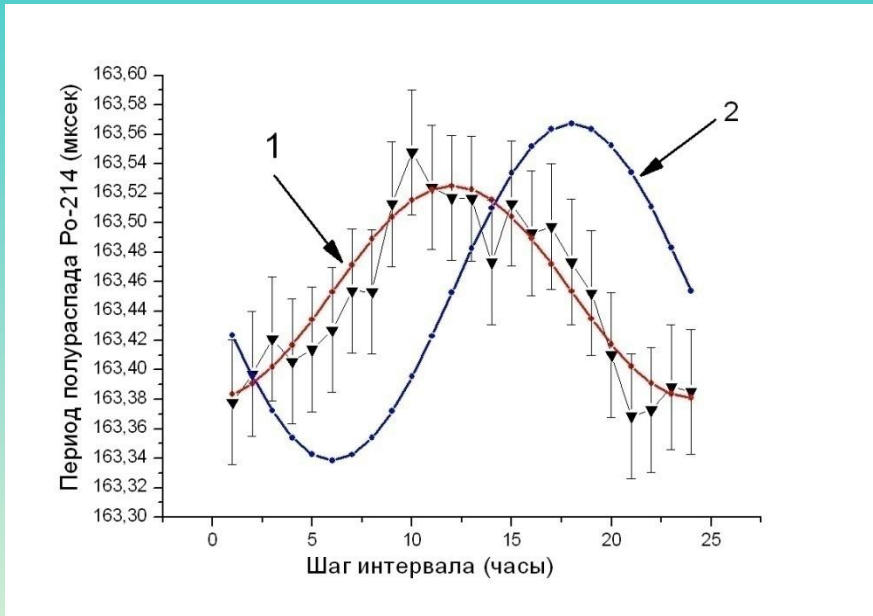
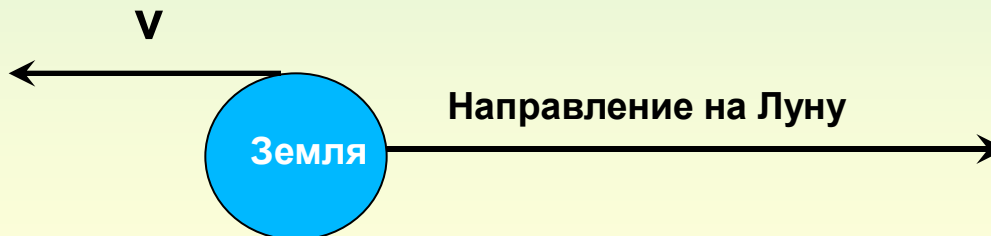
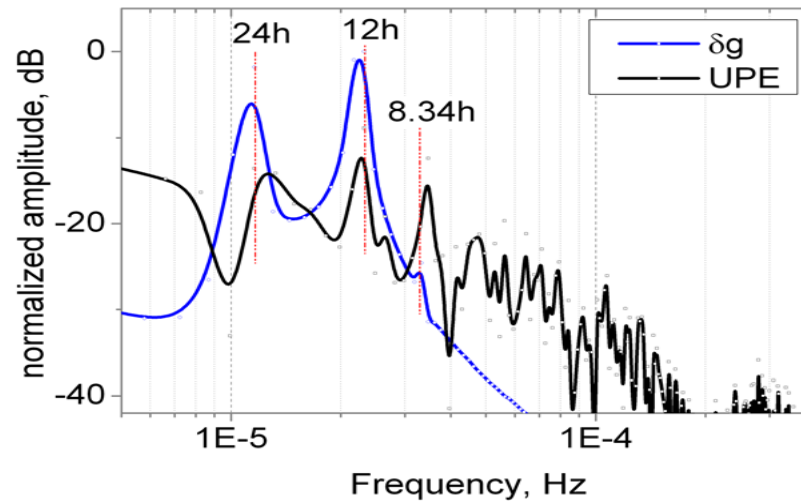
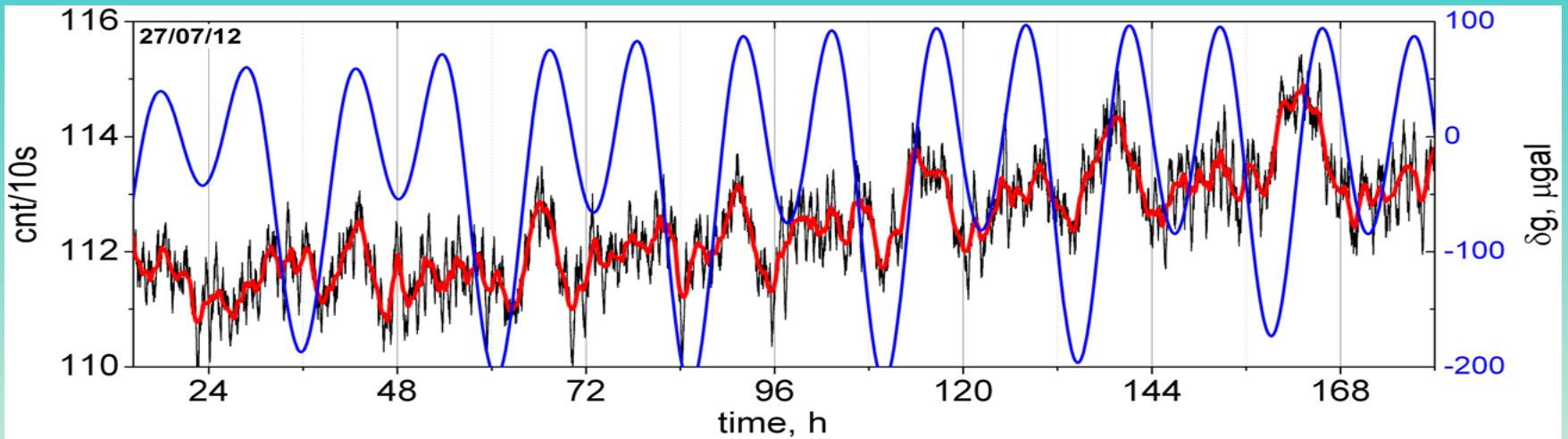


Рис.16. Распределение величин периодов полураспада Po-214 в лунных сутках. Кривая 2 – найденная искомая лунно-суточная. Кривая 3 – скорость движения точки земной поверхности относительно Луны вследствие вращения Земли.



Зенит Луны 30.09.2012г. - 23 часа 40 минут

Influence of astrophysical factors – moon tide cycle (*Gallep,2013*)



Sunflower seedlings