

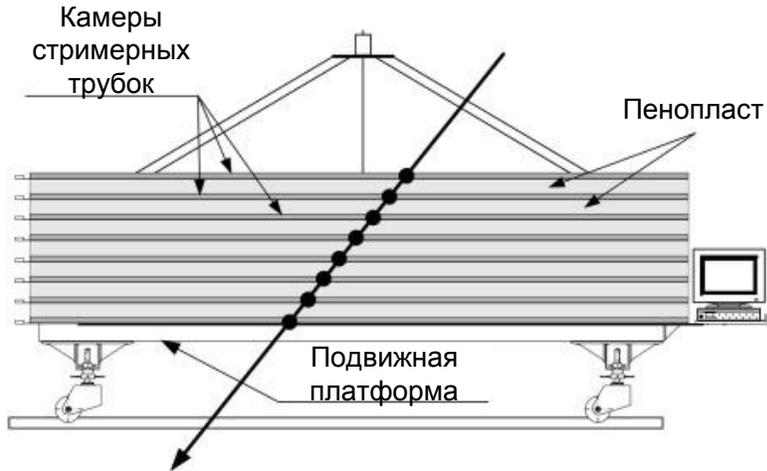
37 Всероссийская конференция по космическим лучам
27 июня – 2 июля 2022
МГУ, Физический факультет

СОЛНЕЧНО-СУТОЧНАЯ АНИЗОТРОПИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ПО ДАННЫМ МЮОННОГО ГОДОСКОПА УРАГАН И НЕЙТРОННЫХ МОНИТОРОВ

П.С. Кузьменкова¹, И.И. Астапов¹, Н.С. Барбашина¹, М.А. Абунина², А.В. Белов²

¹Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», pskuzmenkova@mephi.ru

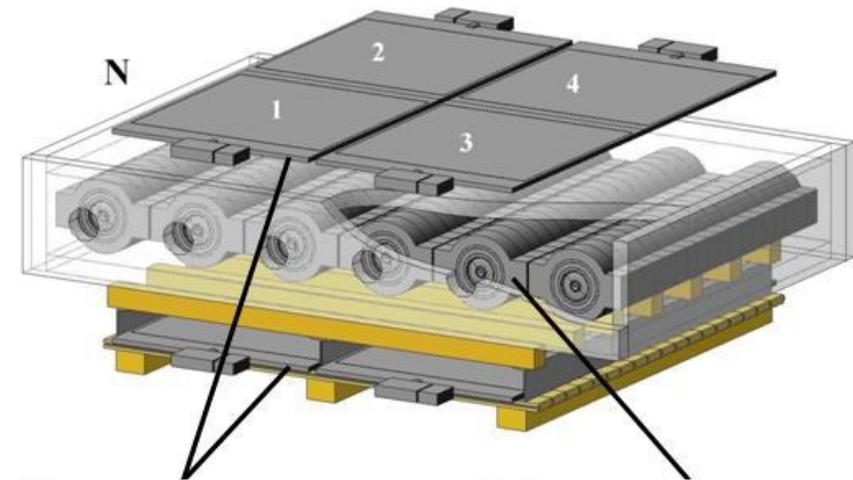
²Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова
РАН (ИЗМИРАН)



Мюонный годоскоп УРАГАН (НИЯУ МИФИ) состоит из четырех супермодулей ($S = 11.5 \text{ м}^2$). Каждый супермодуль содержит восемь координатных XY-плоскостей. Установка позволяет регистрировать мюоны в диапазоне зенитных углов $0 \div 84^\circ$ с точностью до 1° .

Широта, °	Долгота, °	R_c , ГВ	E , ГэВ
55.65	37.67	2.43	10 – 400

Широта, °	Долгота, °	R_c , ГВ	E , ГэВ
55.47	37.32	2.43	0.5 – 100



Мюонный телескоп Нейтронный монитор

Нейтронный монитор ст. Москва представляет собой типовой детектор 24NM64 и состоит из трех секций с шестью газонаполненными счетчиками на основе BF_3

Цель работы: совместный анализ солнечно-суточной анизотропии космических лучей по локальным данным мюонного годосокпа УРАГАН (НИЯУ МИФИ) и нейтронного монитора ст. Москва (ИЗМИРАН), а также сопоставление результатов с данными, полученными методом глобальной съемки (ИЗМИРАН)

Суточная вариация может быть получена из функции распределения космических лучей по небесной сфере:

$$I(\theta, \varphi) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^n (a_n^m \cos m\varphi + b_n^m \sin m\varphi) P_n^m(\sin \theta)$$

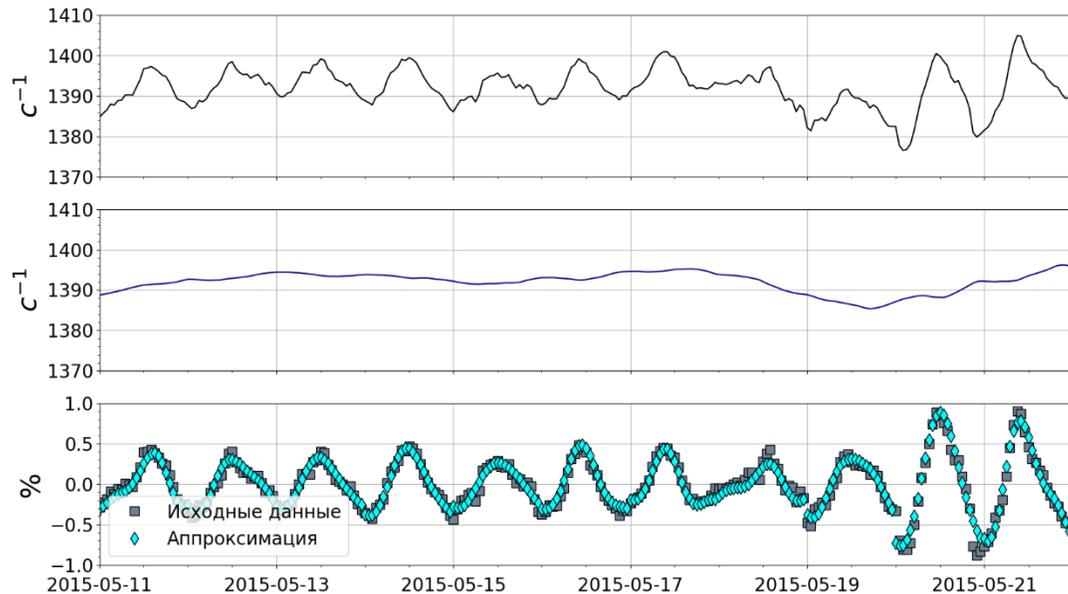
Для неподвижного наземного детектора для суточной вариации справедливо соотношение:

$$I(t) = \sum_{m=0}^{\infty} (A_m \cos m\omega t + B_m \sin m\omega t)$$

$$A_m = \sum_{n=m}^{\infty} (a_n^m x_n^m + b_n^m y_n^m) \quad B_m = \sum_{n=m}^{\infty} (-a_n^m y_n^m + b_n^m x_n^m)$$

Использование двух детекторов с одинаковой жесткостью геомагнитного обрезания, но различной средней энергией первичных частиц, позволяет получить дополнительную информацию о характеристиках анизотропии, а также расширить возможности при исследовании долгопериодных и короткопериодных вариаций.

Вариации скорости счета δ в относительных единицах в общем виде могут быть описаны как сумма вариаций внеземного $\delta_{\text{ВН}}$, атмосферного $\delta_{\text{АТ}}$, магнитосферного $\delta_{\text{МАГ}}$, аппаратного $\delta_{\text{АП}}$ происхождения и случайных флуктуаций ε :

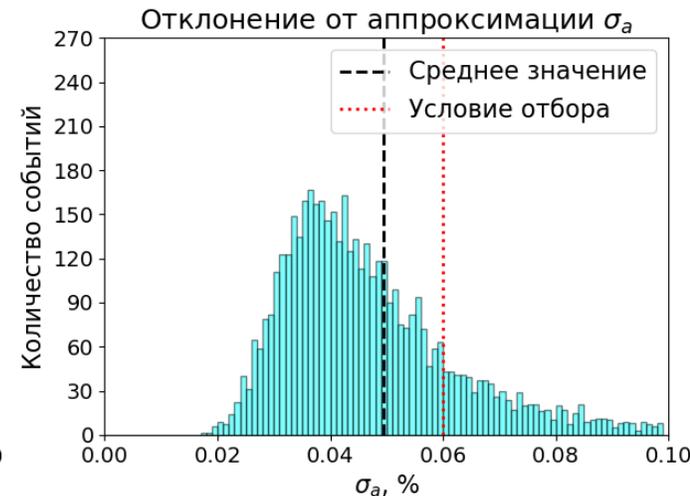
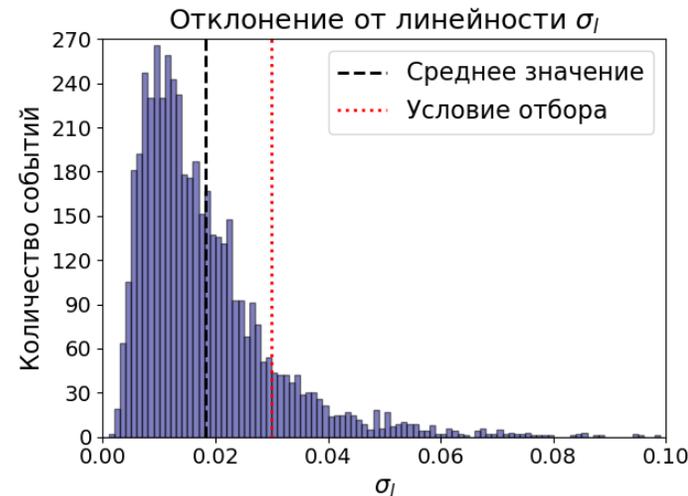


$$\delta = \delta_{\text{ВН}} + \delta_{\text{АТ}} + \delta_{\text{МАГ}} + \delta_{\text{АП}} + \varepsilon$$

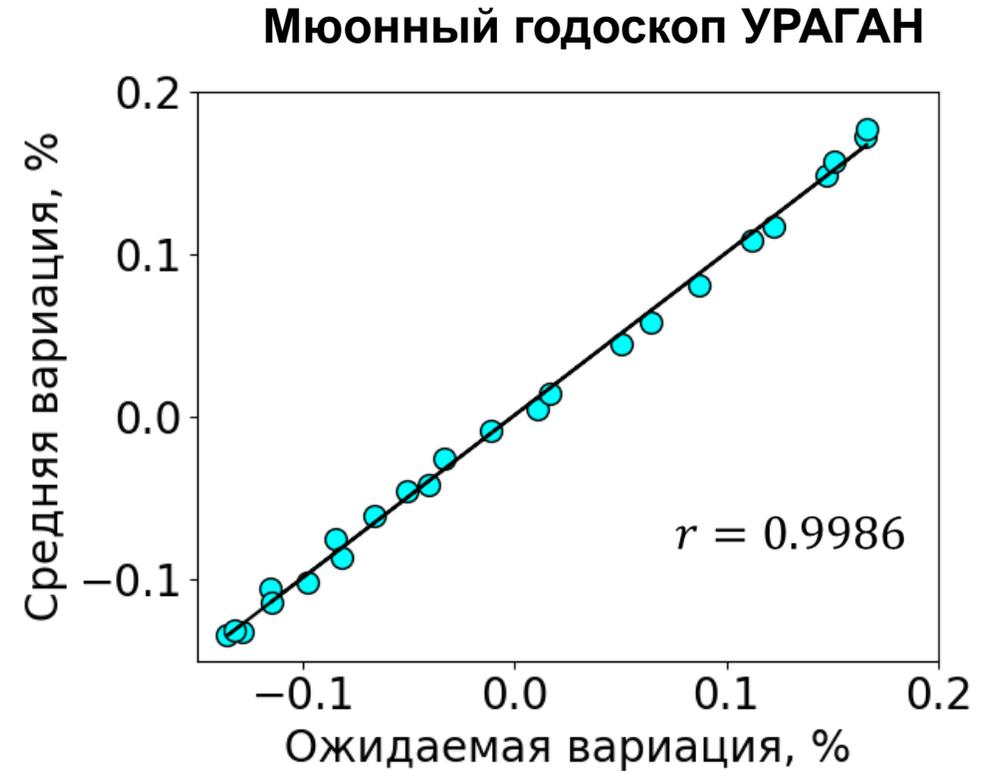
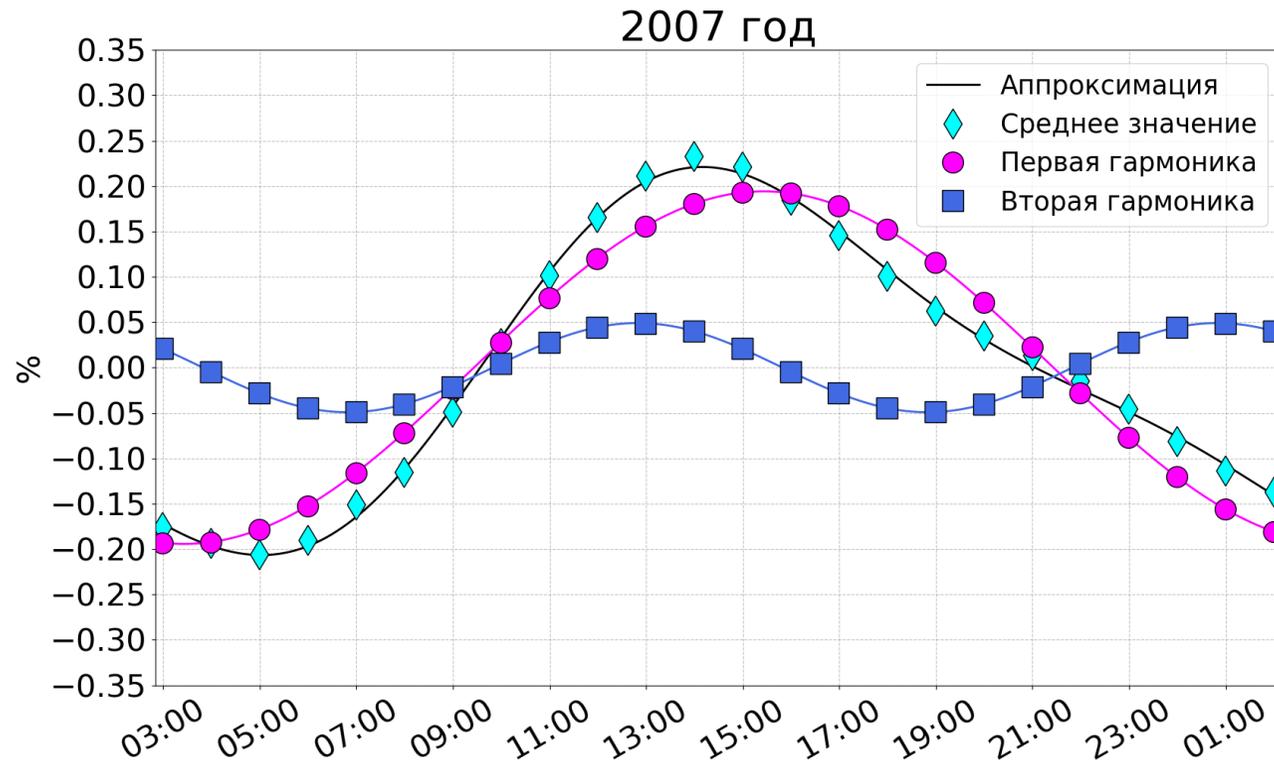
При этом $\delta_{\text{ВН}} = \delta_0 + \delta_a$, где δ_0 - вклад изотропной составляющей ПКЛ, а δ_a - анизотропии. Рассматривая спокойные периоды с незначительным влиянием $\delta_{\text{АТ}}$, $\delta_{\text{МАГ}}$ и $\delta_{\text{АП}}$, анизотропия может быть выделена как:

$$\delta_a = A_x \cos \frac{\pi}{12} t + A_y \sin \frac{\pi}{12} t + A_{2x} \cos 2 \frac{\pi}{12} t + A_{2y} \sin 2 \frac{\pi}{12} t$$

где t [ч] - московское время

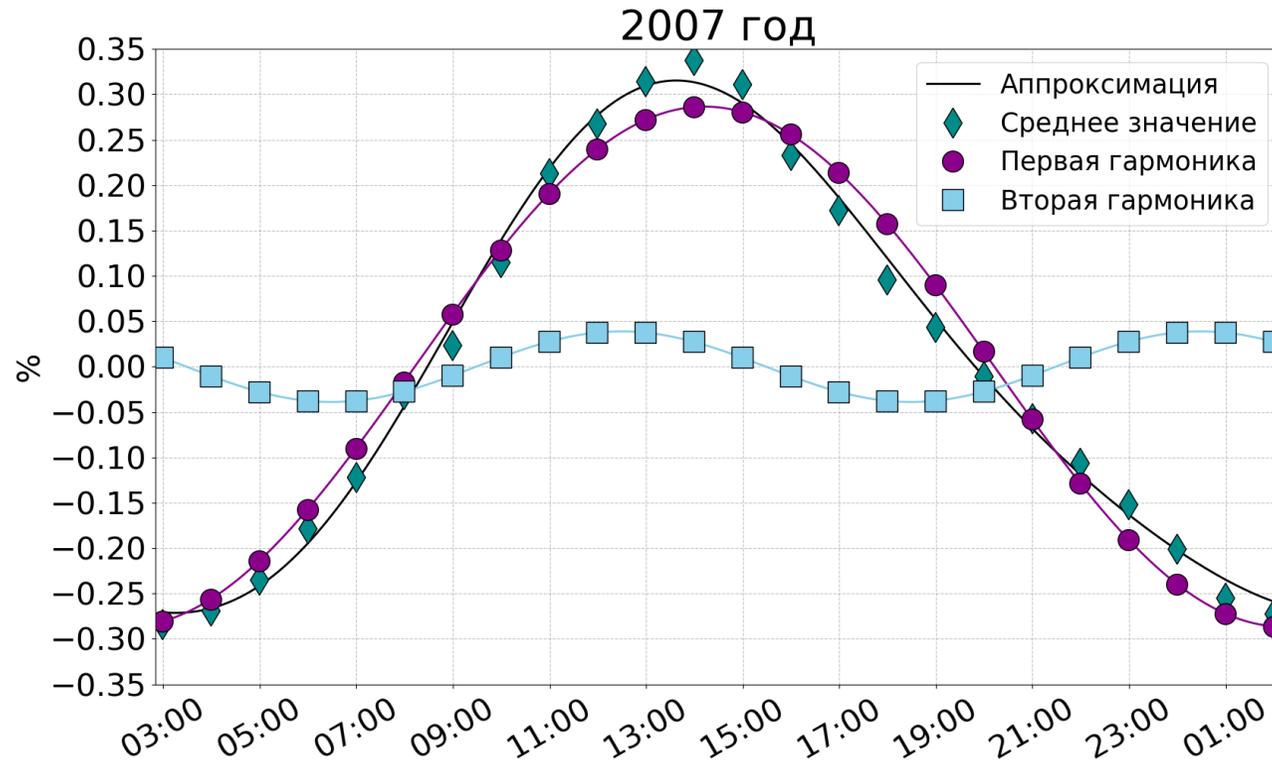


Среднегодовой суточный ход за период с 2007 по 2020 год

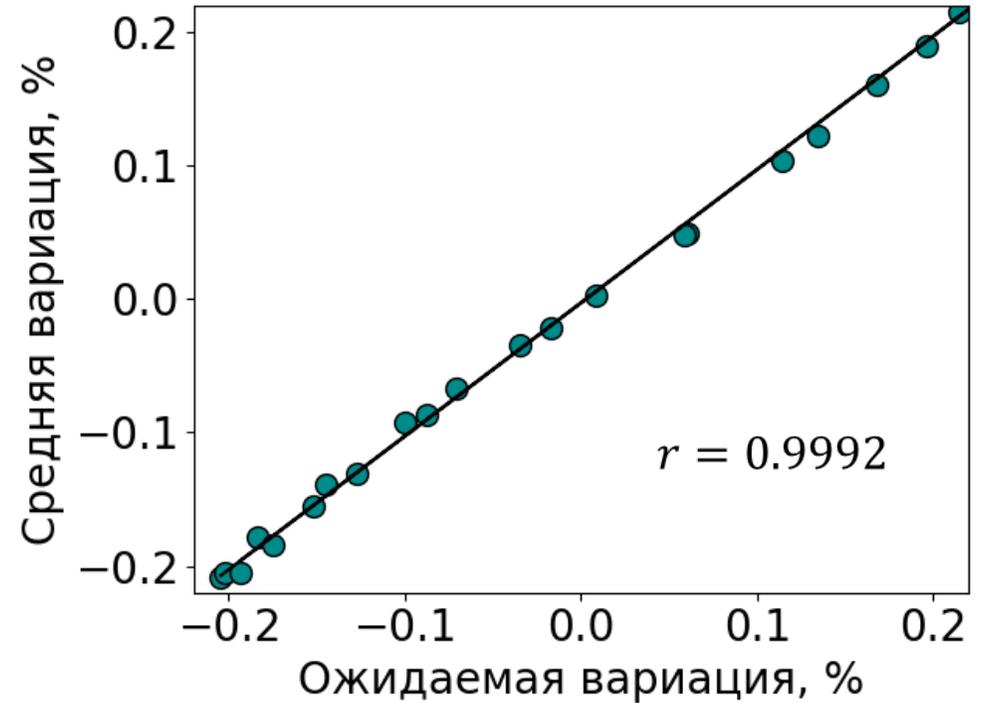


2015 год		2019 год	
A_{xy}	P_1	A_{xy}	P_1
0.2470 ± 0.0049	35.3 ± 0.9	0.0639 ± 0.0031	-18.1 ± 2.7

Среднегодовой суточный ход за период с 2007 по 2020 год

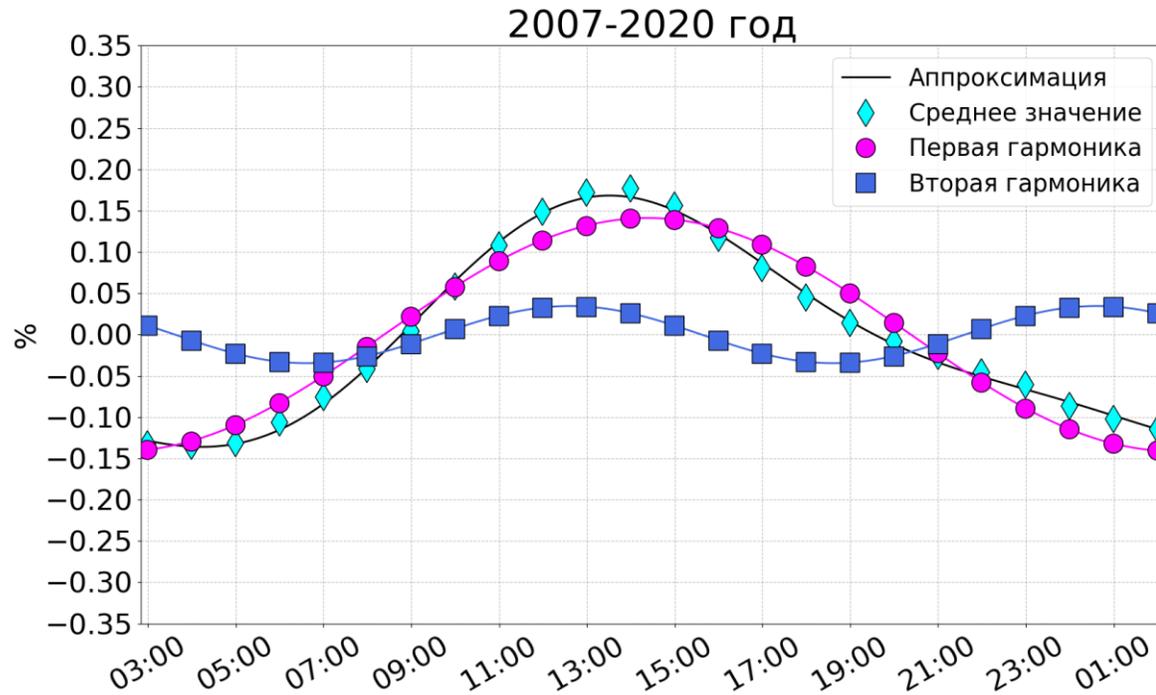


Нейтронный монитор ст. Москва



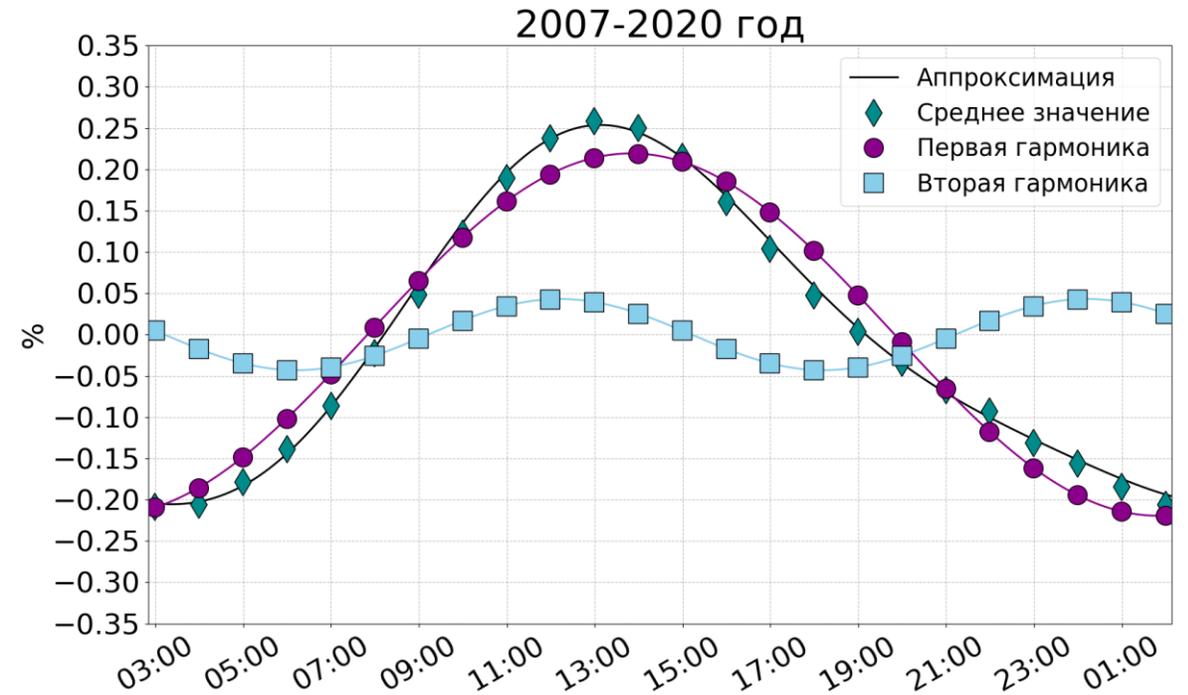
2015 год		2019 год	
A_{xy}	P_1	A_{xy}	P_1
0.3048 ± 0.0061	33.0 ± 0.8	0.0990 ± 0.0048	-13.5 ± 2.0

Мюонный годоскоп УРАГАН



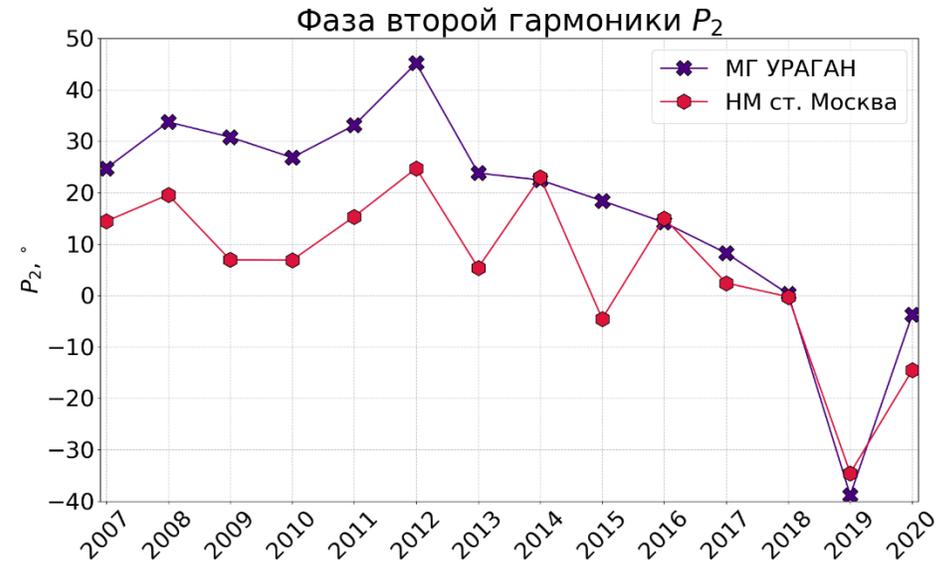
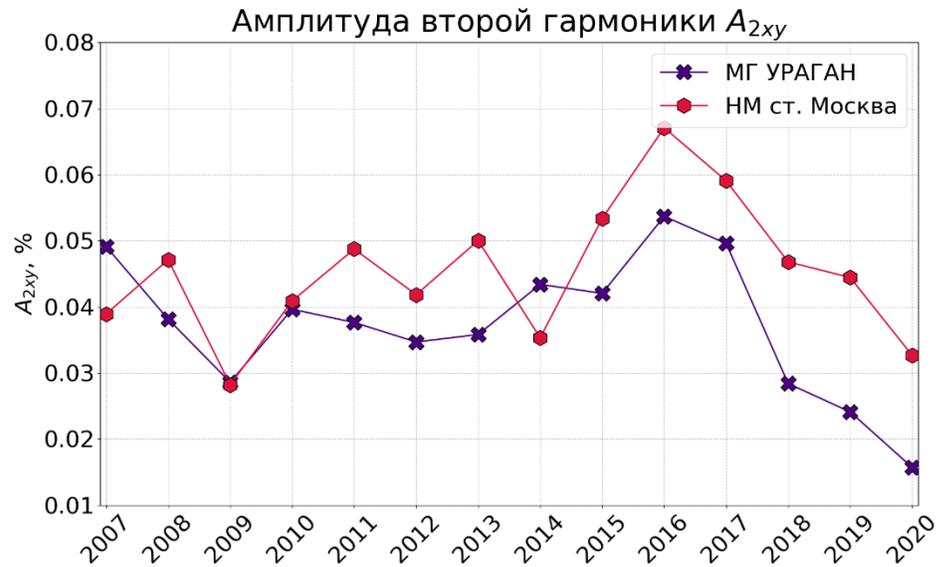
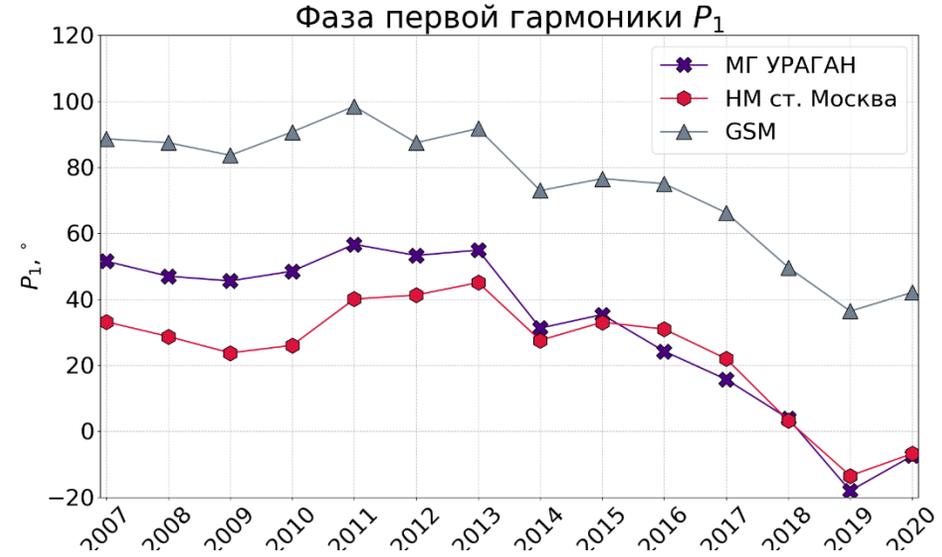
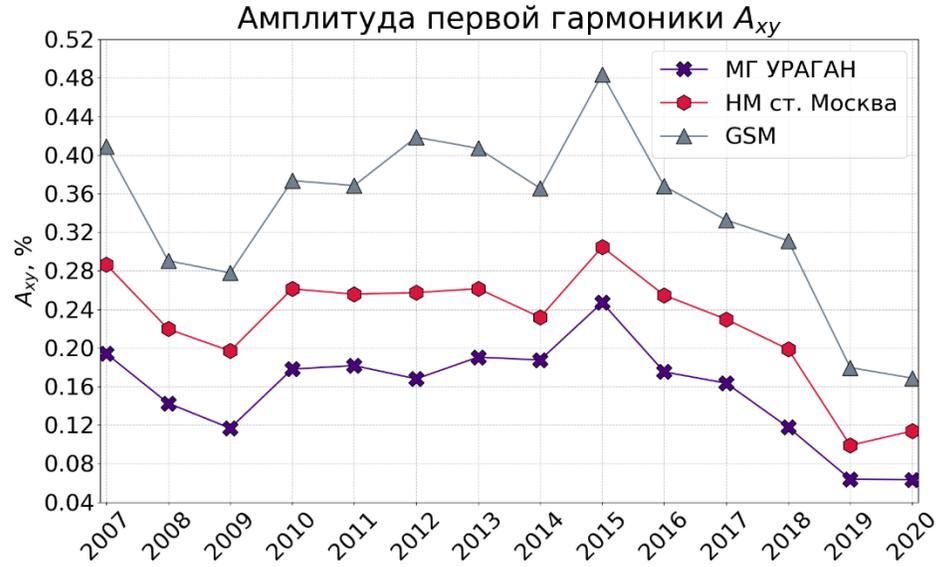
$A_{xy} [\%]$	$P_1 [^\circ]$
0.1412 ± 0.0018	35.7 ± 0.6

Нейтронный монитор ст. Москва



$A_{xy} [\%]$	$P_1 [^\circ]$
0.2194 ± 0.0028	27.5 ± 0.5

Среднегодовые фаза и амплитуда суточной вариации



- По данным мюонного годоскопа УРАГАН и нейтронного монитора ст. Москва получены характеристики солнечно-суточной вариации космических лучей
- Среднегодовые данные описываются двумя гармониками анизотропии. Вклад более высоких гармоник не обнаружен.
- Наблюдается взаимное согласие данных мюонного годоскопа УРАГАН, нейтронного монитора ст. Москва и данных, полученных методом глобальной съемки для нейтронных мониторов
- Амплитуда и фаза первой гармоники анизотропии уменьшаются вблизи минимумов солнечной активности
- Дальнейшее комплексное исследование и получение жесткостного спектра анизотропии космических лучей

Спасибо за внимание!