СОЛНЕЧНО-СУТОЧНАЯ АНИЗОТРОПИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В 24 ЦИКЛЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

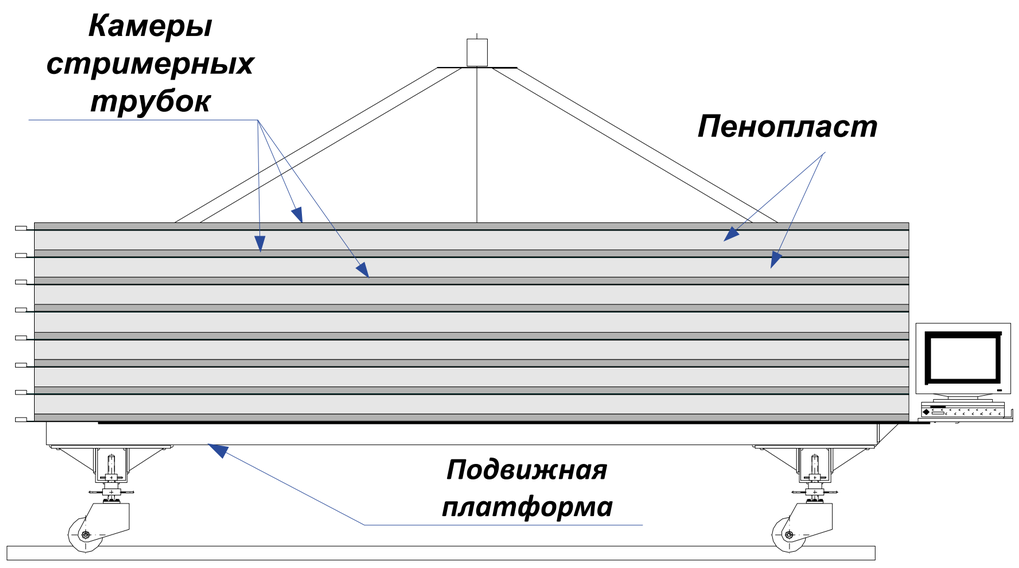
П.С. Кузьменкова[1], И.И. Астапов[1], М.А. Абунина[2], А.В. Белов[2]

[1] НИЯУ МИФИ, Москва, Россия
[2] ИЗМИРАН, Москва, Троицк, Россия
PSKuzmenkova@mephi.ru

Цель работы - исследование среднегодовых характеристик солнечно-суточной анизотропии, определенных по данным мюонного годоскопа УРАГАН, нейтронного монитора ст. Москва, а также сравнение с результатами, полученными методом глобальной съемки сети нейтронных мониторов за период с 2009 по 2019 г.

Мюонный годоскоп УРАГАН

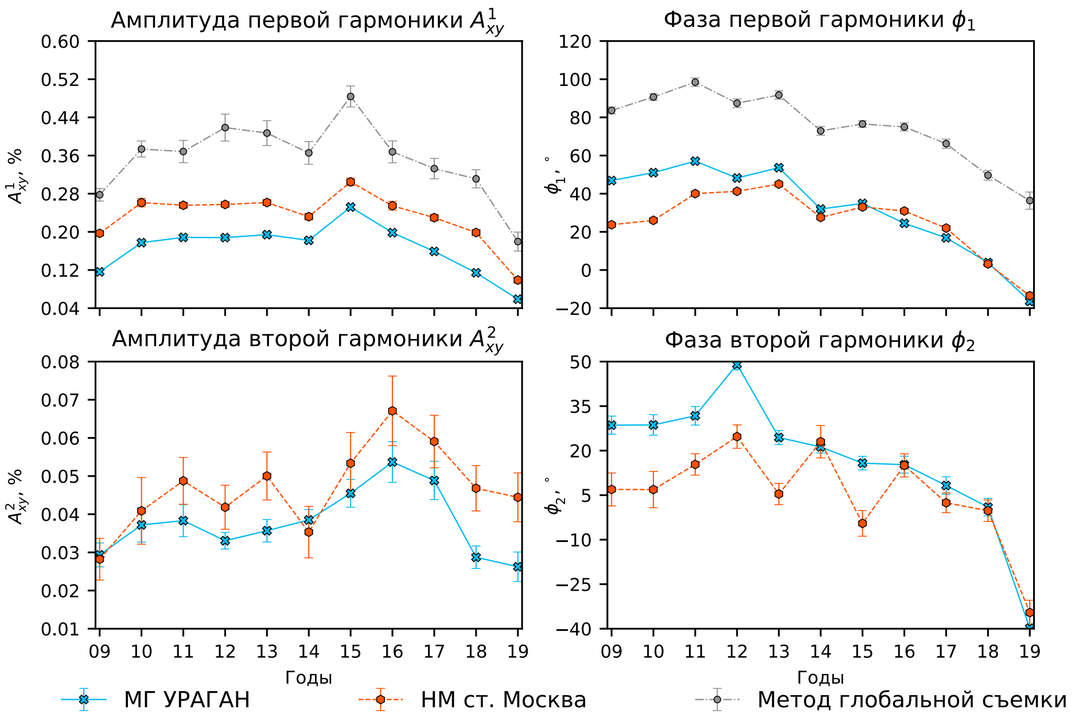
Мюонный годоскоп УРАГАН - координатно-трековый детектор, позволяющий регистрировать мюоны в диапазоне зенитных углов от 0 до 80° с угловым разрешением ~1°. Энергетический порог регистрации варьируется от 200 до 600 МэВ.



Обработка данных

Интегральная скорость счета, а также скорость счета в различных диапазонах зенитных углов МГ УРАГАН и данные нейтронного монитора ст. Москва обработаны с использованием единого подхода. Коэффициент корреляции между рассчитанной и средней вариациями для МГ составил 0.9986, для НМ – 0.9992.

Среднегодовые параметры



Заключение

- Динамика изменения амплитуды и фазы первой гармоники демонстрирует согласие с данными НМ ст. Москва и характеристиками векторной анизотропии, определенными методом глобальной съемки сети НМ.
- На МГ наблюдается меньшая амплитуда первой гармоники суточной анизотропии, чем на НМ в течение всего цикла. Амплитуды второй гармоники совпадают в пределах погрешности, однако с 2018 г. наблюдаются расхождения, что может свидетельствовать об изменении спектра первичных космических лучей.
- С 2015 по 2018 г. наблюдаются расхождения в характере изменения фазы второй гармоники анизотропии, что может быть связано со сменой магнитных полюсов.
- Показана возможность экспериментального определения жесткостного спектра анизотропии по данным МГ УРАГАН.

Метод обработки данных

Пусть $N(t_k)$ – наблюдаемая скорость счета детектора в t_k час, а $N_R(t_k)$ – соответствующая сглаженная скорость счета за каждые 24 часа. Тогда для вариации

$$\delta_k = \frac{N(t_k) - N_R(t_k)}{N_R(t_k)} \cdot 100\%$$

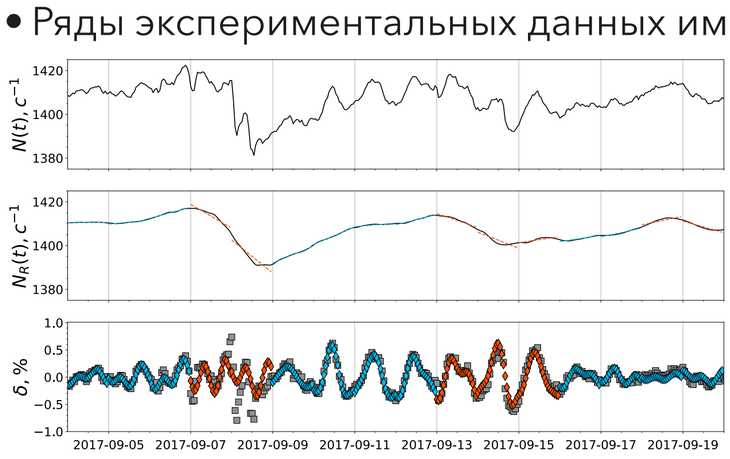
суточная анизотропия может быть аппроксимирована разложением

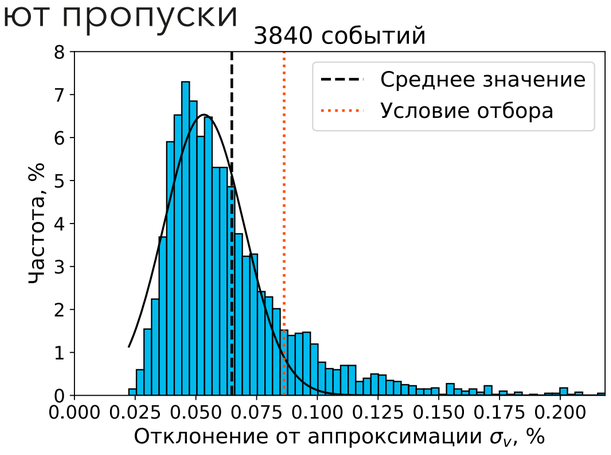
$$\tilde{\delta}_k = A_0 + A_x \cos \omega t_k + A_y \sin \omega t_k + A_{2x} \cos 2\omega t_k + A_{2y} \sin 2\omega t_k$$

где $\omega = {}^{2\pi}/_{24}$, а t_k - московское время в часах.

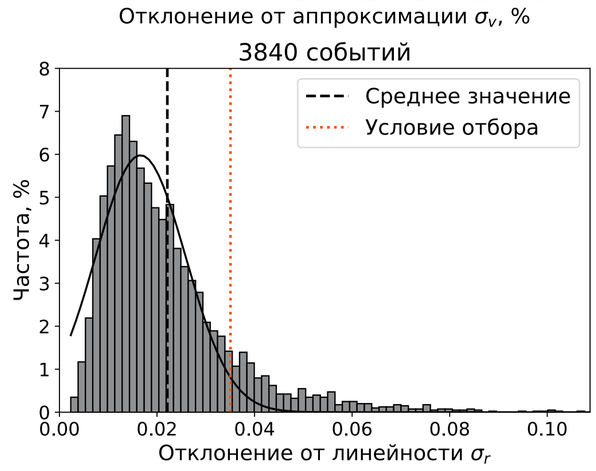
Ограничения метода

- Представление анизотропии в виде первых двух гармоник ряда Фурье не описывает экспериментальные данные с достаточной точностью
- Вариации изотропной составляющей КЛ содержат нелинейности
- Ряды экспериментальных данных имеют пропуски

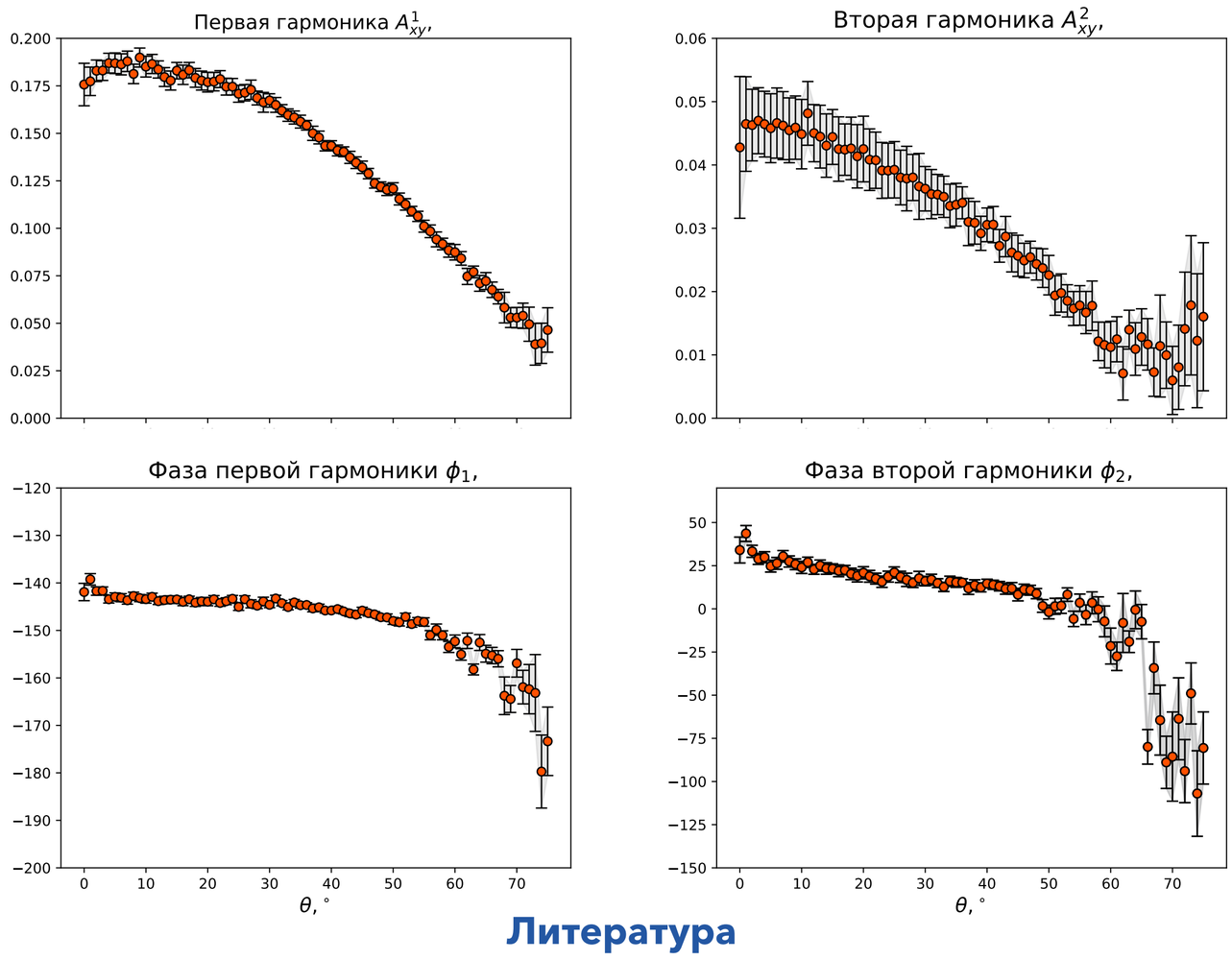




- Сутки, имеющие допустимое отклонение от линейности $\sigma_r^2 = \frac{1}{22}\sum_{k=1}^{24}(N_R(t_k) - N(t_k))^2$
- Вариации изотропной составляющей содержат нелинейности
- Исходные данные δ_k
- Аппроксимация $\tilde{\delta}_k$. Сутки, имеющие допустимое отклоенение от аппроксимации $\sigma_v^2 = \frac{1}{19}\sum_{k=1}^{24}(\delta_k^{obs} - \delta_k)^2$
- Исходные данные δ_k содержат гармоники более высоких порядков



Угловая зависимость



Литература

Barbashina N.S., Kokoulin R.P. et al. // Instruments and Experimental Techniques. 2008. V. 51. I. 2, P. 180
Yashin I.I., Astapov I.I. et al. // Advances in Space Research. 2015. V. 56. No. 12. P. 2693.
Dorman L.I. Cosmic rays in the Earth's atmosphere and underground. Kluwer Academic Publishers, 2004.
Belov A.V, Eroshenko E.A. et al. // Solar Physics. 2018. V. 293. No. 68.