

Исследование гелиоширотной зависимости суточных вариаций интенсивности галактических космических лучей

П.Ю. Гололобов, В.Г. Григорьев, С.К. Герасимова, А.С.
Зверев

e-mail: gpeter@ikfia.ysn.ru

Институт космофизических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера
СО РАН

27 июня 2022 г.

Всероссийская конференция по космическим лучам

Москва, 2022 г.

Абстракт

С целью изучения северо-южной асимметрии гелиосферы исследована обнаруженная ранее по данным наземных наблюдений гелиоширотная зависимость солнечно-суточных вариаций интенсивности ГКЛ. Показано, что гелиоширотный ход амплитуды и фазы вектора анизотропии КЛ имеет противоположный характер в северном и южном полушариях Земли. Анализ экспериментальных данных за 1972-2018 гг. позволяет установить, что такая асимметрия обусловлена наличием фактора — устойчивой антисимметричной суточной вариации. Для достоверной оценки величины и направления гелиоширотной зависимости суточной вариации произведен учет вышеуказанного фактора.

Введение

Как было показано в ряде наших ранних работ [(Крымский и др., ПАЖ, 2010; Крымский и др., ЖЭТФ, 2007; Крымский и др., ПАЖ, 2012 и т.д.)], различные параметры плотности и анизотропии интенсивности ГКЛ обнаруживают зависимость от гелиоширотного положения Земли. Изучение этой зависимости позволило установить некоторые интересные и важные факты о глобальной структуре гелиосферы, в частности, ее северюжной асимметрии. В этих работах рассматривались периоды охватывающие ранние 19-22 циклы солнечной активности. Настоящая работа является продолжением вышеуказанных работ по изучению гелиоширотных эффектов в КЛ и отслеживания долговременной динамики северюжной асимметрии гелиосферы.

Введение

В работе [Крымский и др., ПАЖ, 2010] было показано наличие гелиоширотной зависимости суточной анизотропии КЛ (см. рис. 1). Анализ полученных тогда результатов привел к выводу, что причиной такого поведения по видимому является южный сдвиг нейтральной поверхности ММП.

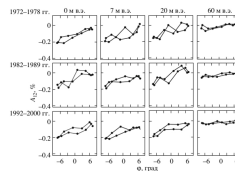


Рис. 5. Планарная зависимость 12-ч компоненты анизотропии космических лучей.

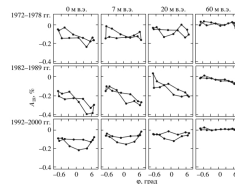


Рис. 6. Планарная зависимость 18-ч компоненты анизотропии космических лучей.

Рис. 1: Поведение радиальной и тангенциальной компонент суточной анизотропии КЛ по данным Якутского спектрографа КЛ за 1972-2000 гг. [Крымский и др., ПАЖ, 2010]

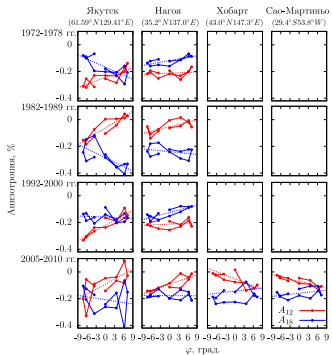


Рис. 2: Гелиоширотная зависимость радиальной A_{12} и тангенциальной A_{18} компонент суточной анизотропии КЛ по данным измерений вертикальных направлений сети МТ

По данным измерений мировой сети мюонных телескопов с использованием подхода использованного в работе получен годовой ход азимутальной A_{12} и тангенциальной A_{18} компонент суточной анизотропии КЛ (рисунок 2) за 19-23 циклы солнечной активности.

Анализ полученных результатов позволяет заключить, что обнаруженный в вышеупомянутой работе [Крымский и др., ПАЖ, 2010] эффект имеет обратный характер для южной и северной полушарий Земли. Наиболее вероятной причиной этого является присутствие антисимметричной суточной анизотропии. Такое предположение наглядным образом подтверждается расчетами приемных векторов для каждой из выбранных нами станций МТ представленной на рисунке 3.

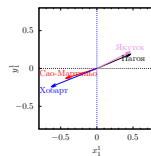


Рис. 3: Приемные вектора антисимметричной суточной вариации для станций мировой сети МТ

Выделение симметричной и антисимметричной суточных вариаций

При помощи метода тензорной анизотропии КЛ [Крымский и др., ПАЖ, 2014] по данным многонаправленного мюонного телескопа станции Нагоя было произведено разложение наблюдаемых суточных вариаций на векторную (R_1^1) и тензорную (R_2^1, R_2^2) составляющие (см. рис. 4).

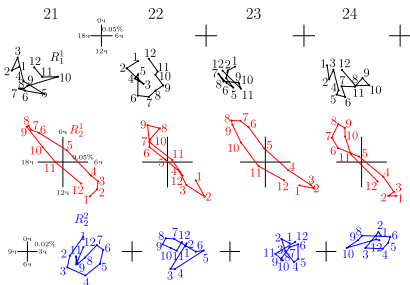


Рис. 4: Результаты разложения суточной анизотропии на симметричную (R_1^1) и антисимметричную (R_2^1) составляющие, а также полусуточные вариации КЛ (R_2^2) за 21-24 циклы солнечной активности

Моделирование годового хода суточных и полусуточных вариаций интенсивности КЛ

Для определения ожидаемых на Земле вариаций векторной и тензорной анизотропии КЛ произведено моделирование их годового хода при предположении, что существует сдвиг ММП к югу ($\lambda = -10^\circ$) и к северу ($\lambda = 10^\circ$) от плоскости солнечного экватора. Результаты моделирования представлены на рисунке 5.

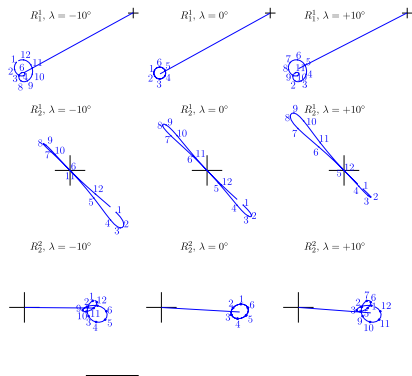


Рис. 5: Результаты моделирования годового хода компонент суточных вариаций интенсивности КЛ для разных вариантов смещения плоскости симметрии ММП

Сопоставление наблюдательных и расчетных данных

Полученные результаты моделирования сравниваются с экспериментальными данными. На рисунке 6 представлены результаты сопоставления. Показано, что наилучшее согласие достигается при предположении, что существуют южный сдвиг ММП к югу от плоскости солнечного экватора.

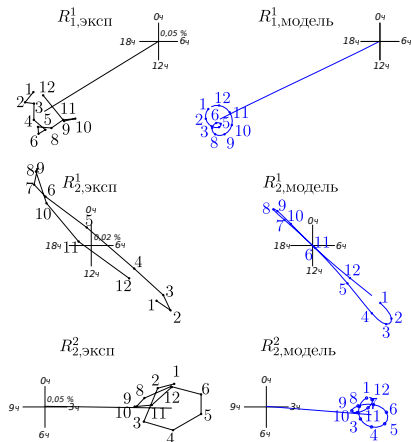


Рис. 6: Сопоставление наблюдаемых годовых ходов компонент R_1^1 , R_2^1 , R_2^2 суточных вариаций интенсивности КЛ с расчетным при предположении $\lambda = -10^\circ$).

Заключение

- По данным МТ Нагоя произведено разложение суточной анизотропии КЛ на симметричную и антисимметричную составляющие;
- Произведено моделирование годового хода суточных вариаций интенсивности КЛ ожидаемых на Земле;
- Сопоставление наблюдательных и расчетных данных позволило подтвердить существование северо-южной асимметрии ММП ($\sim 10^\circ$);
- Таким образом полученные результаты подтверждают и дополняют ранее полученные результаты.

Работа выполнена в рамках госзадания, регистрационный номер ЕГИСУ НИОКТР 122011700180-7.