

Амплитудные и временные характеристики
27-дневных вариаций потока ГКЛ, зарегистрированных в
эксперименте PAMELA с 2006 по 2016 г.

Юлбарисов Р. Ф., Майоров А. Г.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ВККЛ-2020

Цель работы:

Восстановить характеристики 27-дневных вариаций потоков галактических космических лучей, наблюдавшихся в экспериментах PAMELA и ARINA с 2006 по 2016 г.

Задачи:

- Определить амплитуду и период 27-дневных вариаций потоков галактических протонов и ядер гелия с различной энергией.
- Построить временную и энергетическую зависимости амплитуды вариаций.
- Сравнить друг с другом амплитудные спектры для разных эпизодов возникновения вариаций.

Природа возникновения 27-дневных вариаций

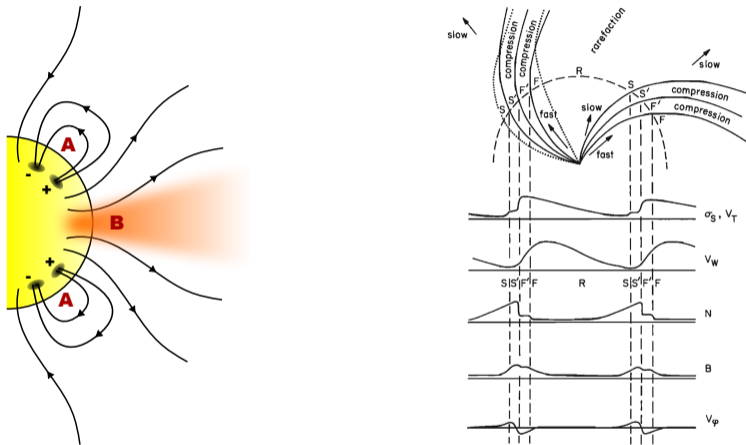


Рис. 1. Слева: силовые линии магнитного поля в корональной дыре. Справа: схематичное изображение двух коротящих областей и вариации в параметрах плазмы на 1 а.е.

Измерение потока протонов в эксперименте PAMELA

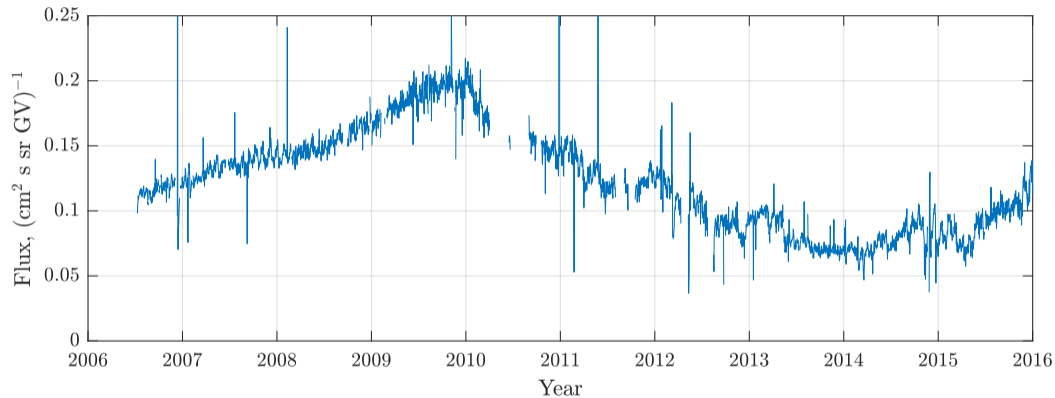


Рис. 2. Поток протонов с жесткостью 1.2–1.5 ГВ по данным PAMELA.

Подготовка данных

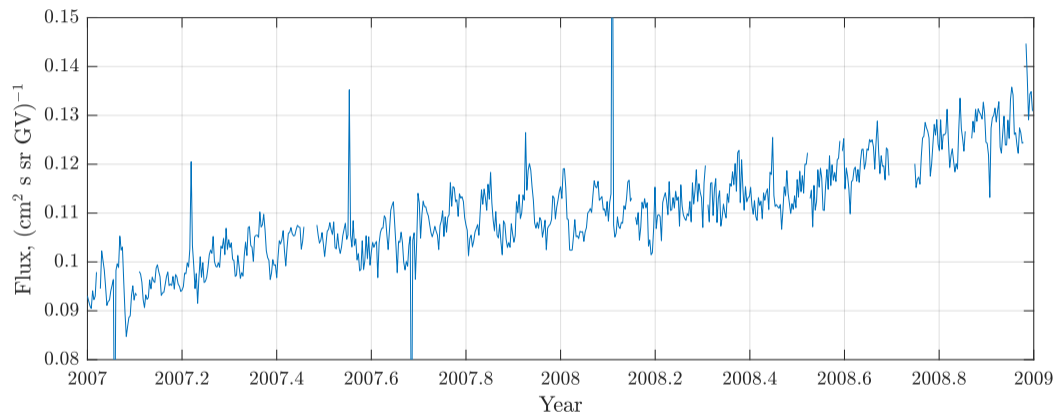


Рис. 3. Поток протонов с жесткостью 1.2–1.5 ГВ по данным PAMELA.

Подготовка данных

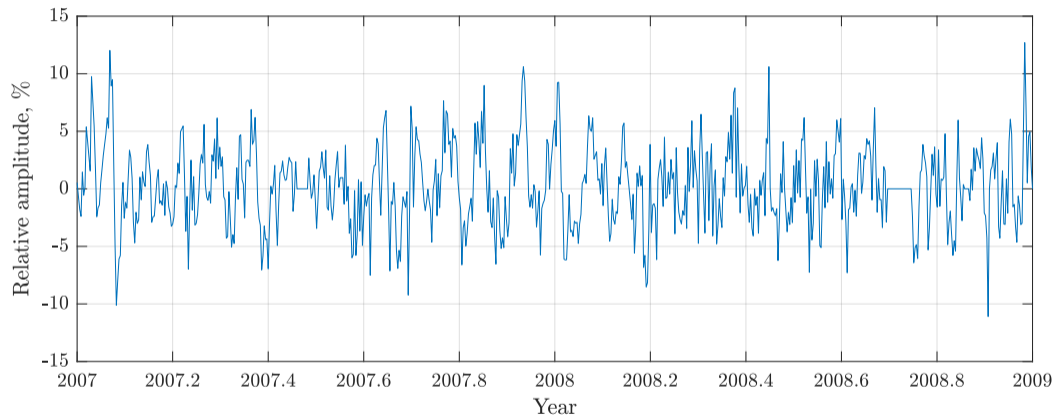


Рис. 4. Нормированный поток протонов с жесткостью 1.2–1.5 ГВ по данным PAMELA.

Восстановление амплитуды 27-дневных вариаций

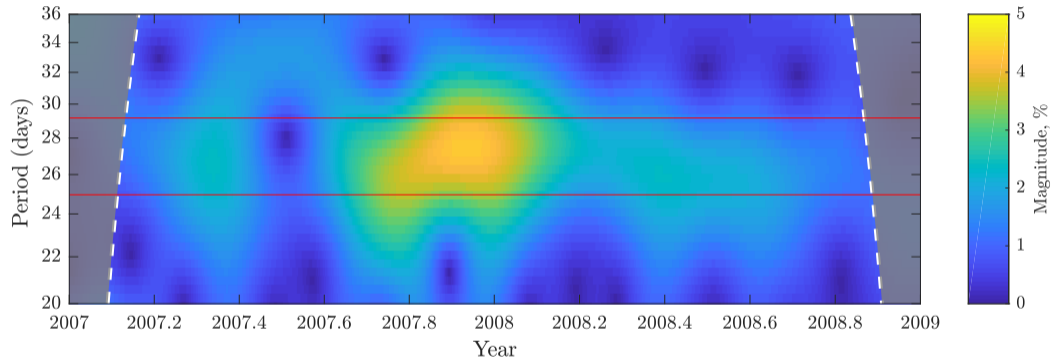


Рис. 5. Скалограмма вейвлет-преобразования нормированного потока.

Восстановление амплитуды 27-дневных вариаций

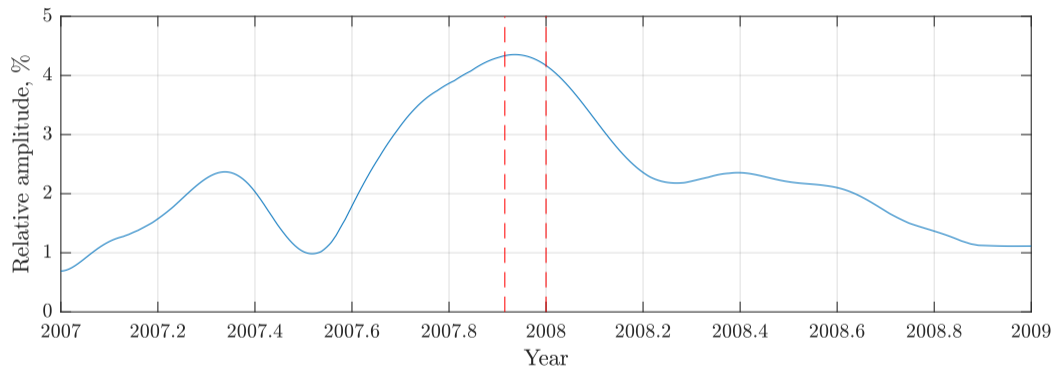


Рис. 6. Временная динамика амплитуды 27-дневных вариаций.

Восстановление амплитуды 27-дневных вариаций

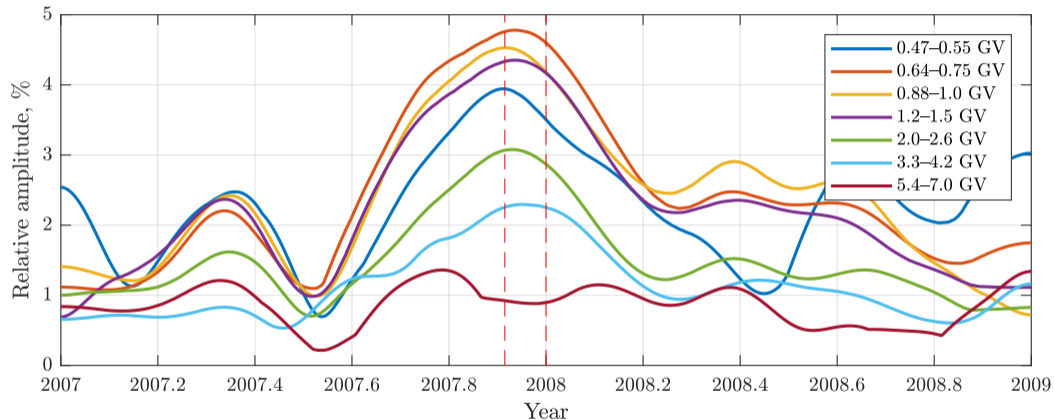


Рис. 7. Временная динамика амплитуды 27-дневных вариаций в разных энергетических диапазонах.

Энергетическая зависимость амплитуды 27-дневных вариаций

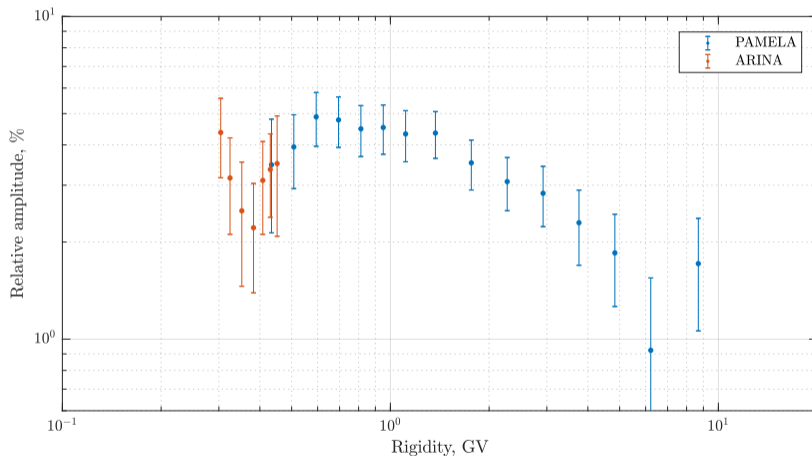


Рис. 8. Зависимость амплитуды 27-дневных вариаций от жесткости.

Энергетическая зависимость амплитуды 27-дневных вариаций

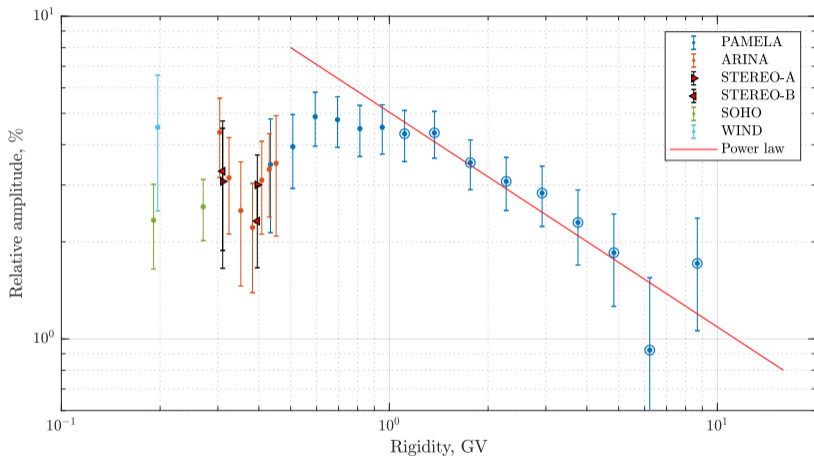


Рис. 9. Зависимость амплитуды 27-дневных вариаций от жесткости.

Анализ 27-дневных вариаций в эксперименте PAMELA за весь период его работы

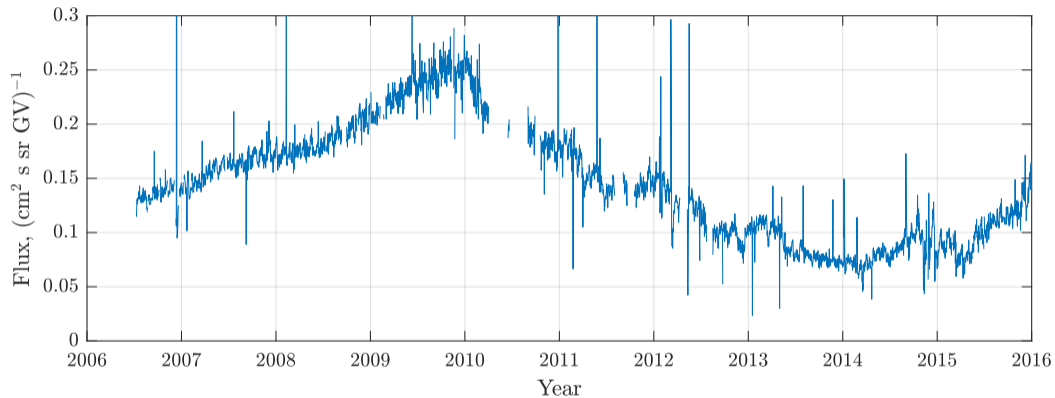


Рис. 10. Поток протонов с жесткостью 1.0–1.2 ГВ по данным PAMELA.

Анализ 27-дневных вариаций в эксперименте PAMELA за весь период его работы

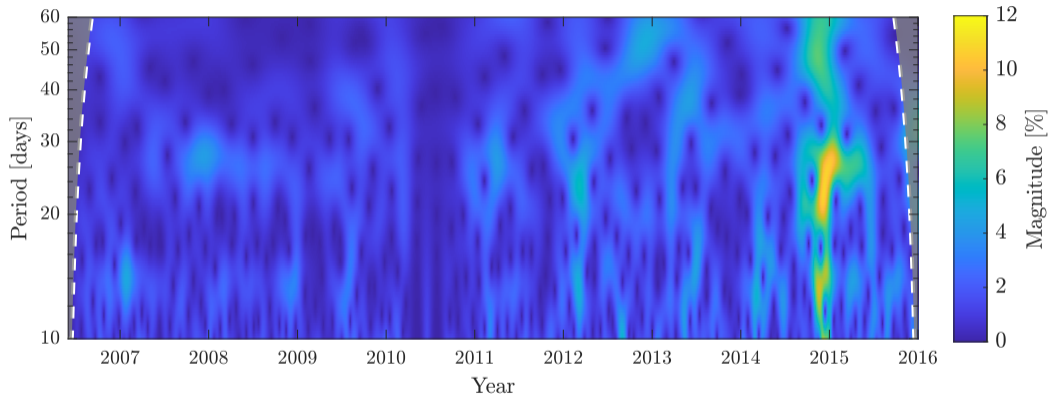


Рис. 11. Скалограмма временного ряда потока протонов с жесткостью 1.0–1.2 ГВ за весь период работы PAMELA.

Анализ 27-дневных вариаций в эксперименте PAMELA за весь период его работы

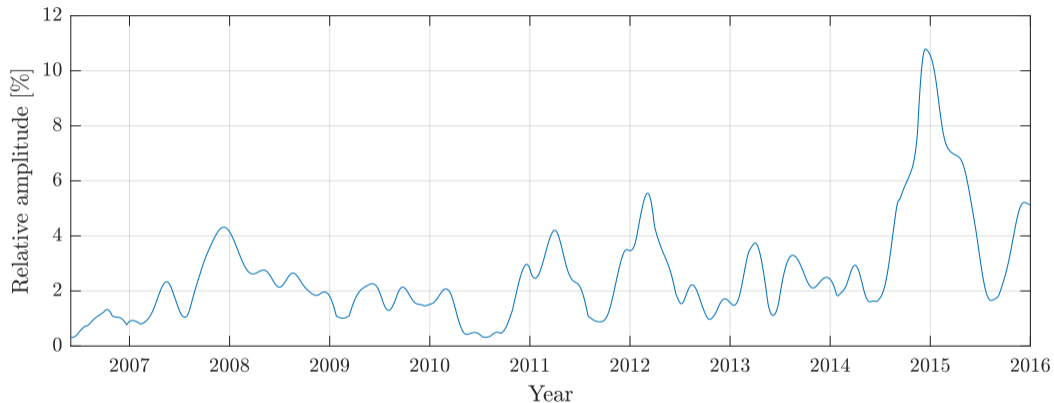


Рис. 12. Временная динамика амплитуды 27-дневных вариаций потока протонов с жесткостью 1.0–1.2 ГВ за весь период работы PAMELA.

Анализ 27-дневных вариаций в эксперименте PAMELA за весь период его работы

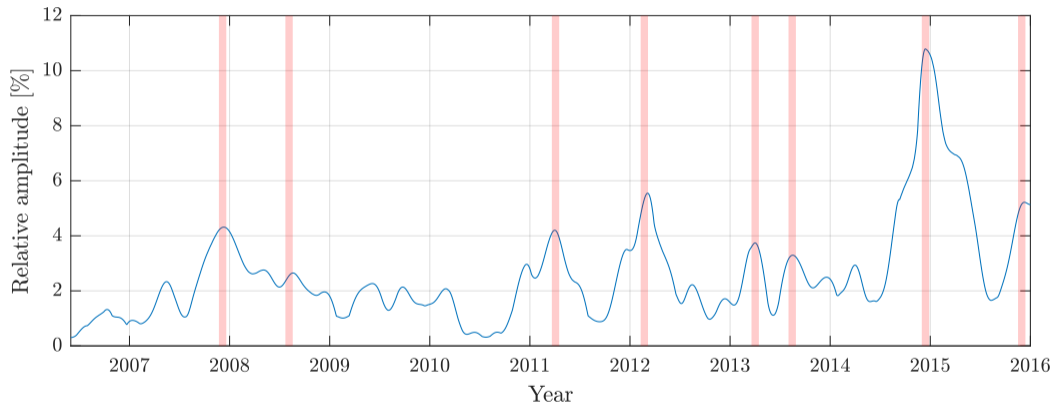
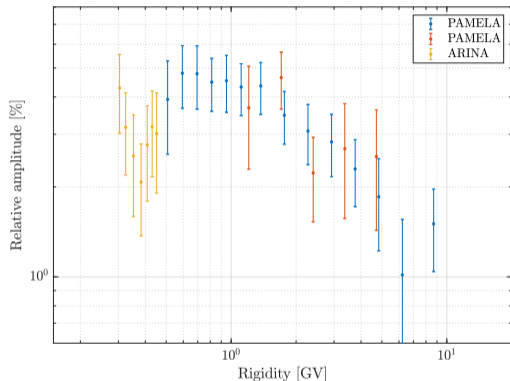
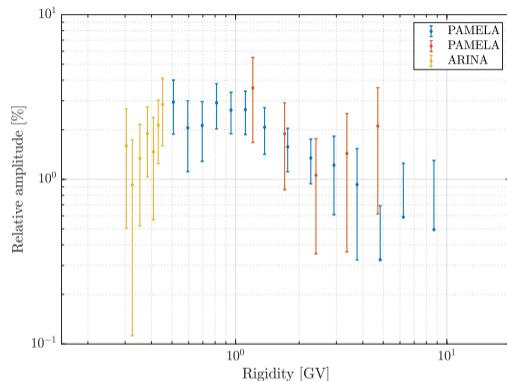


Рис. 13. Эпизоды интенсивных 27-дневных вариаций.

Амплитудные спектры 27-дневных вариаций



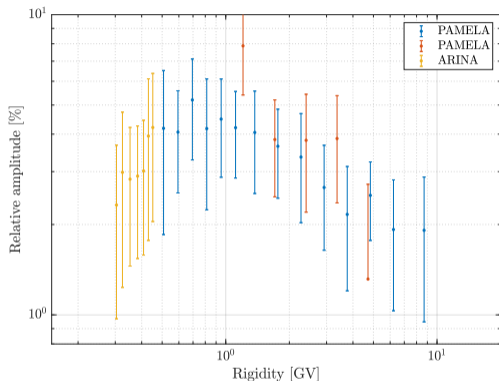
(a) 23.11.2007 – 20.12.2007
BR: 2379



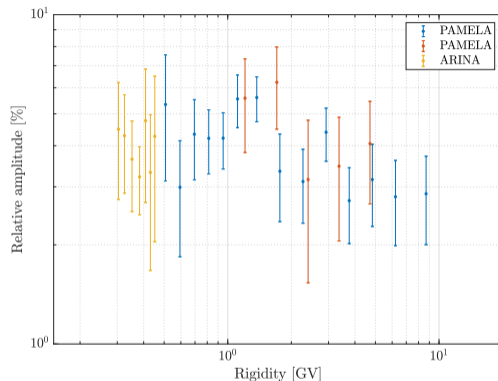
(b) 23.07.2008 – 19.08.2008
BR: 2388

Рис. 14. Амплитудные спектры 27-дневных вариаций ГКЛ для разных эпизодов их возникновения.

Амплитудные спектры 27-дневных вариаций



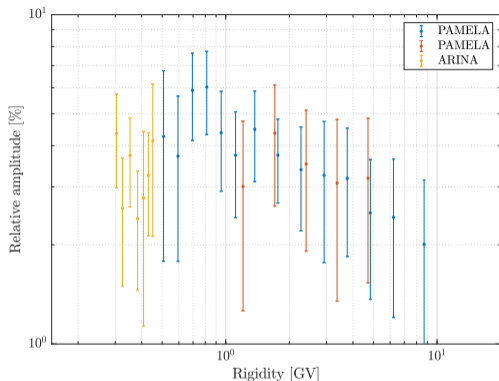
(a) 22.03.2011 – 18.04.2011
BR: 2424



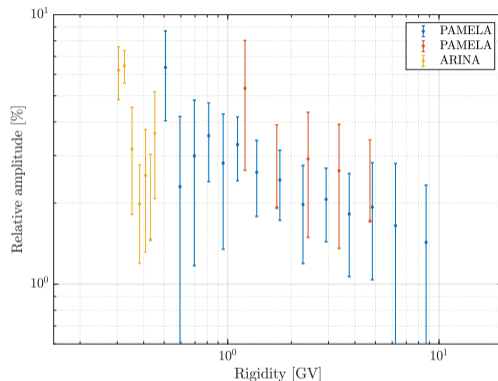
(b) 09.02.2012 – 07.03.2012
BR: 2436

Рис. 15. Амплитудные спектры 27-дневных вариаций ГКЛ для разных эпизодов их возникновения.

Амплитудные спектры 27-дневных вариаций



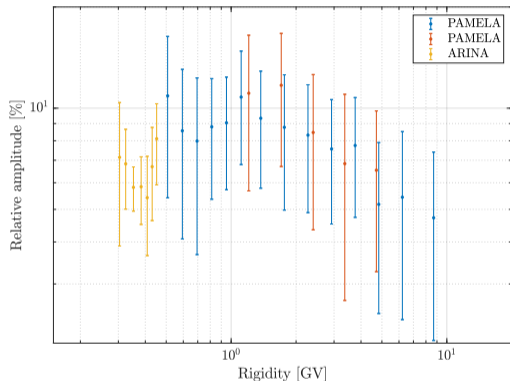
(a) 20.03.2013 – 16.04.2013
BR: 2451



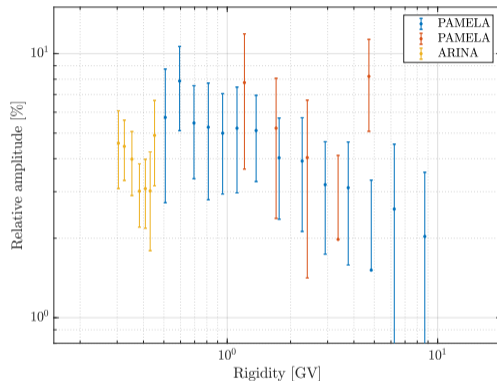
(b) 02.08.2013 – 29.08.2013
BR: 2456

Рис. 16. Амплитудные спектры 27-дневных вариаций ГКЛ для разных эпизодов их возникновения.

Амплитудные спектры 27-дневных вариаций



(a) 01.12.2014 – 28.12.2014
BR: 2474



(b) 17.11.2015 – 14.12.2015
BR: 2487

Рис. 17. Амплитудные спектры 27-дневных вариаций ГКЛ для разных эпизодов их возникновения.

Заключение

- Восстановлена временная динамика амплитуд 27-дневных вариаций потока ГКЛ, зарегистрированных в эксперименте PAMELA с 2006 по 2016 г., для разных энергий. Наблюдается их возрастание в период максимума солнечной активности.
- Получены энергетические спектры амплитуд вариаций для различных эпизодов их возникновения.
- Наблюдается схожая форма энергетической зависимости амплитуд для разных случаев. При высоких энергиях она может быть описана степенным законом. При низких энергиях наблюдается уменьшение амплитуды и отклонение от этого закона.
- Планируется дальнейшее развитие исследования. Будет проанализировано влияние уровня солнечной активности на форму спектров. Также ведётся работа над воспроизведением поведения исследуемых характеристик вариаций путем численного моделирования прохождения космических лучей в гелиосфере, что поможет в изучении физики этого процесса.

Спасибо за внимание!