



Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ
Кафедра №7 «Экспериментальная ядерная физика и космофизика»

Определение сечения неупругого взаимодействия ядерной компоненты космических лучей с вольфрамом по данным эксперимента PAMELA

Голуб О.А.



Цель работы

Цель работы:

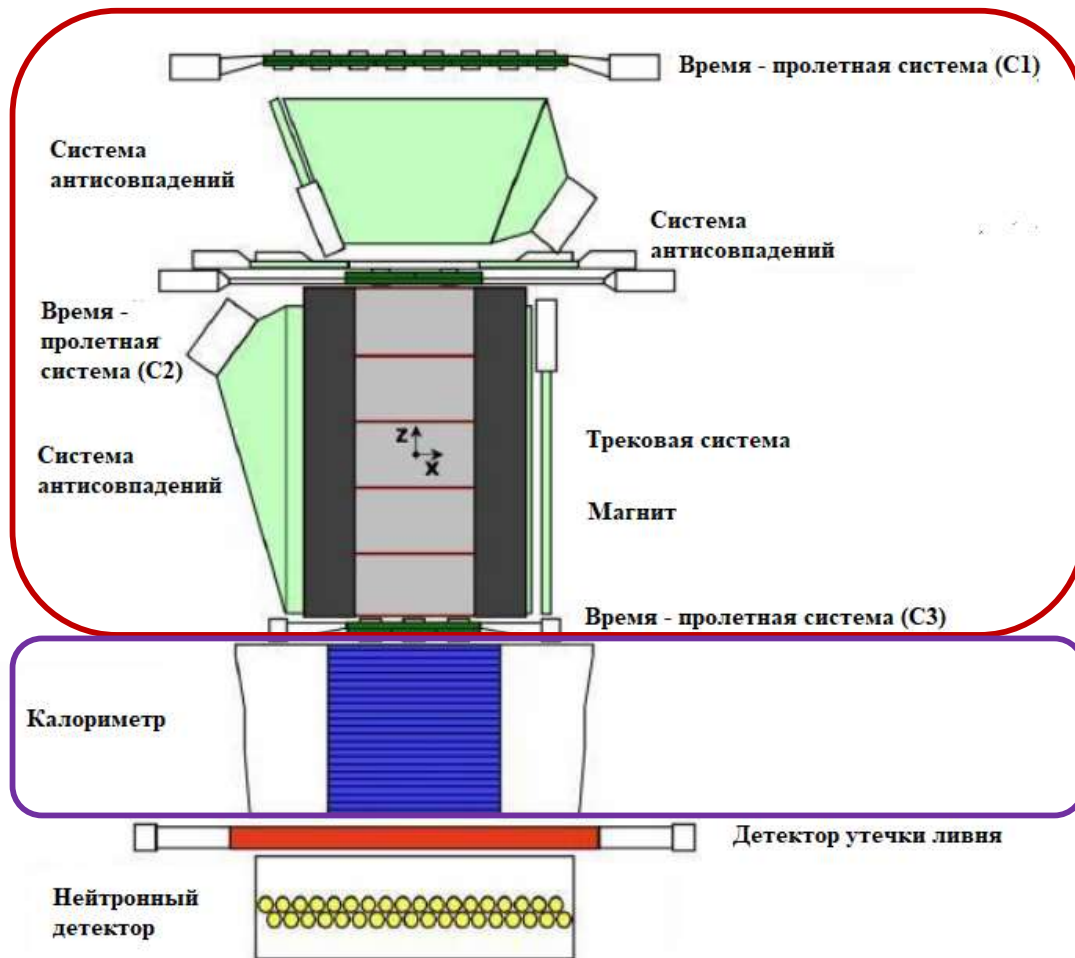
- Получить энергетическую зависимость сечения неупругого взаимодействия ядер с зарядом до 10 с ядрами вольфрама на основе данных, полученных в эксперименте PAMELA.

Задачи:

- Разработать методику разделения неупруго взаимодействующих и невзаимодействующих ядер в калориметре спектрометра.
- Применить полученную методику к данным моделирования и оценить ее эффективность.
- Применить полученную методику к данным эксперимента и провести сравнение полученного результата с существующими теоретическими моделями.

Эксперимент PAMELA

PAMELA — спутниковый эксперимент, предназначенный для изучения потоков заряженных частиц в космическом излучении. Запущен на околоземную орбиту 15 июня 2006 г. и завершил измерения 23 января 2016 г.



— Измерение характеристик частиц (направление прилета, магнитная жесткость, скорость, тип частицы и т.п.)

— Измерение характеристик взаимодействия частиц с вольфрамом, входящим в состав калориметра

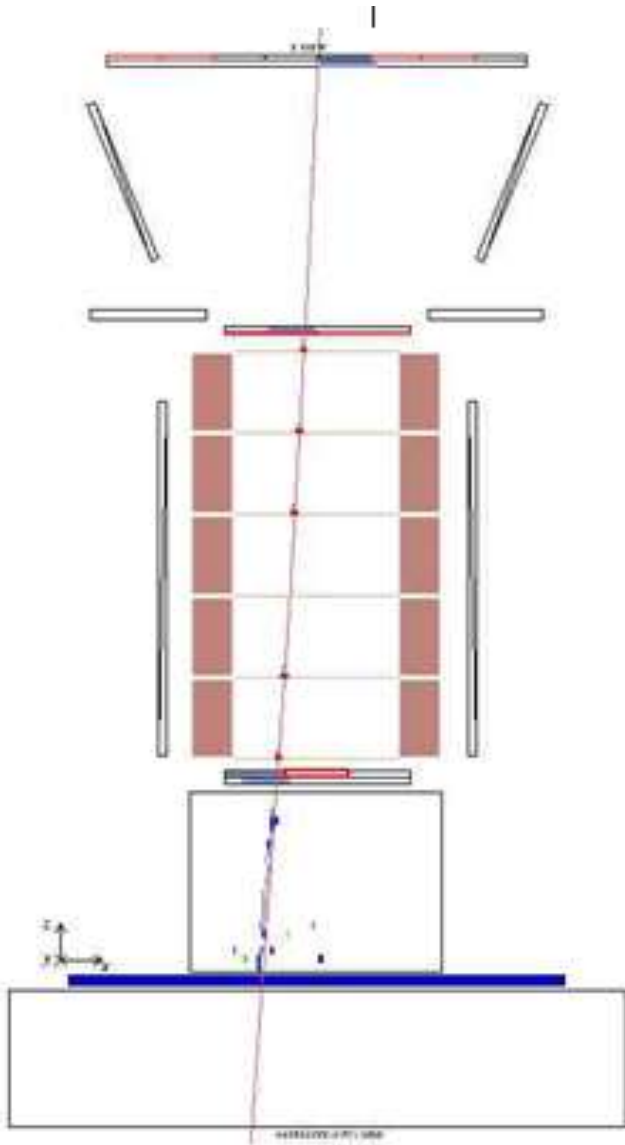
Схема научной аппаратуры PAMELA



Кол-во ядер космических лучей, идентифицированных в эксперименте РАМЕЛА

Тип	Кол-во
p	~ 170 млн.
He	~ 17 млн.
Li	~ 150 тыс.
Be	~ 32 тыс.
B	~ 28 тыс.
C	~ 42 тыс.
N	~ 55 тыс.
O	~ 54 тыс.
F	~ 143
Ne	~ 76

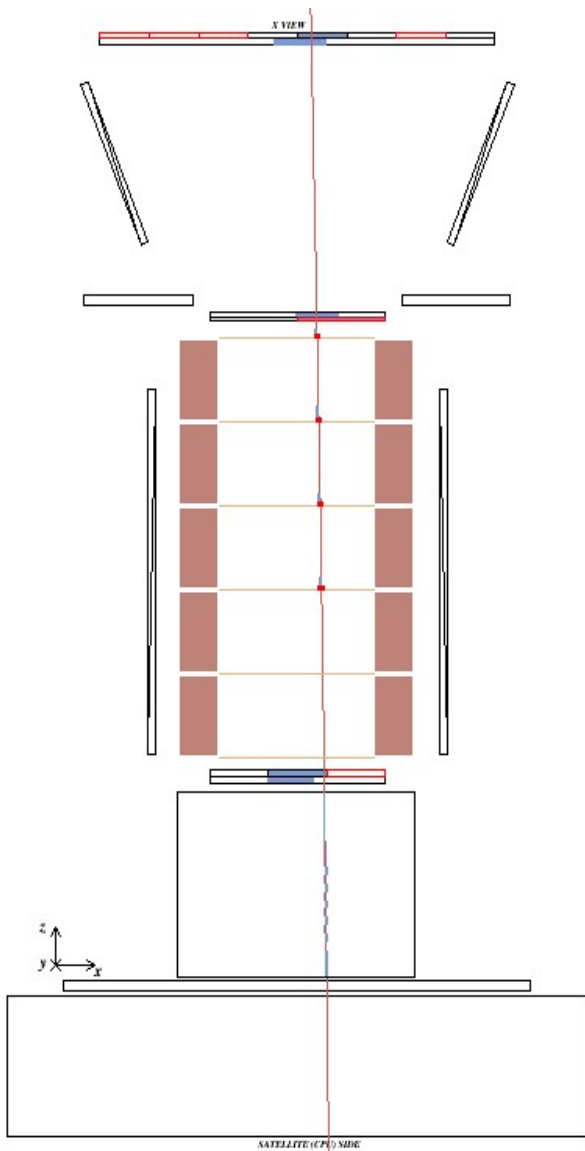
Построение методики. Часть 1



Визуализация
взаимодействующего в
калориметре события

- Отсутствие сигнала в верхних счетчиках системы антисовпадений.
- Не более 1-ой сработавшей полосы в каждом из верхних счетчиков 1й плоскости ВПС.
- Обязательное срабатывание полосы хотя бы в одном из них.
- Одно срабатывание в каждом из счетчиков 2й плоскости ВПС.
- Хотя бы одно срабатывание в каждом из счетчиков 3й плоскости ВПС.
- Отбор частиц, попадающих в прибор из зенитного направления.
- В магнитном спектрометре восстановлена только одна траектория, не касающаяся магнита.
- Число точек в отклоняющей проекции $N_x \geq 4$, в другой проекции $N_y \geq 3$.

Построение методики. Часть 2



Визуализация
невзаимодействующего в
калориметре события

- Обязательное срабатывание первой или второй плоскости калориметра.
- Обязательное срабатывание последней или предпоследней плоскости калориметра.
- В каждой плоскости калориметра сработало не более 3х стрипов.
- Ограничение на энерговыделение в сработавшем стрипе.
- Ограничение на среднее энерговыделение во всех сработавших стрипах.
- Разброс между сработавшими стрипами в каждой плоскости калориметра не более 2х стрипов.
- Ограничение на отношение энерговыделения в верхней и нижней половинах калориметра.
- Ограничение на разницу между треком, восстановленным по калориметру, и треком, восстановленным по трекеру.



Сечение неупругого взаимодействия

$$\sigma_{sim} = \frac{1}{xn} \ln \frac{N_0}{N}$$

$$\varepsilon_{eff} = \frac{\sigma_{sim}}{\sigma_{Geant4}}$$

$$\sigma_{exp} = \frac{1}{xn} \ln \frac{N_0}{N} * \varepsilon_{eff}$$

σ_{sim} - сечение неупругого взаимодействия, полученное после применения методики к данным моделирования

σ_{Geant4} - сечение неупругого взаимодействия, полученное по данным Geant4

$x = 0.26$ см (толщина одной вольфрамовой плоскости) $\times 22$ (количество вольфрамовых плоскостей) = 5.72 см

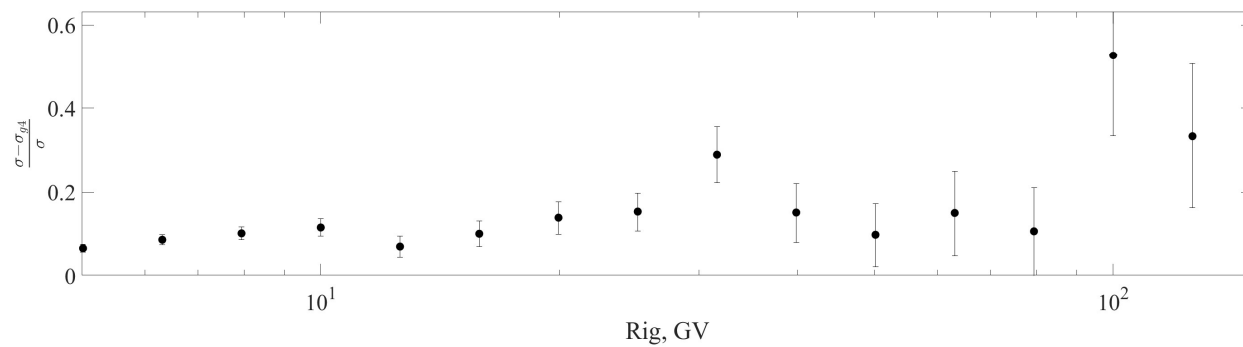
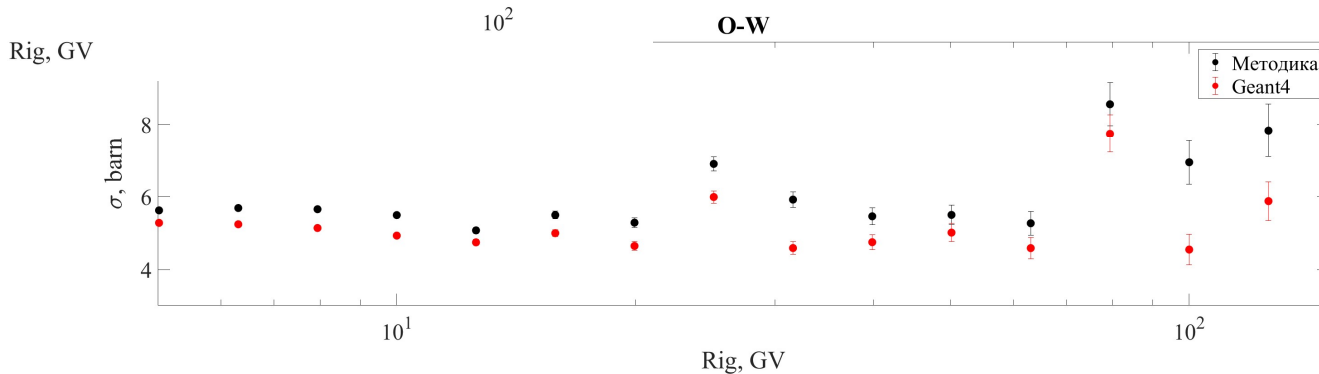
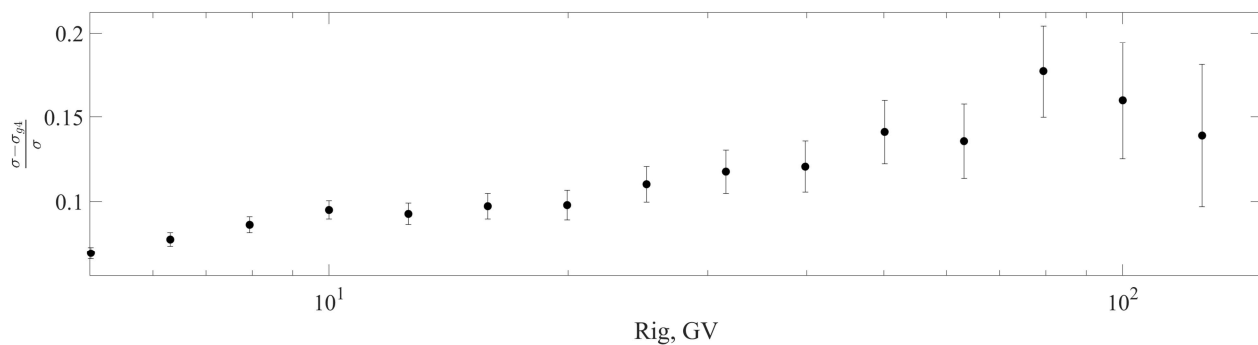
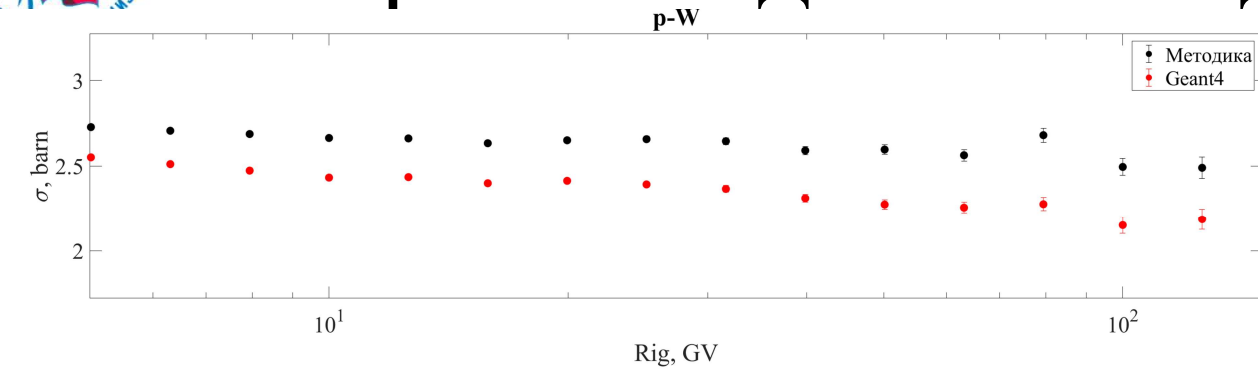
n - концентрация ядер мишени

N_0 - количество событий, попавших в калориметр

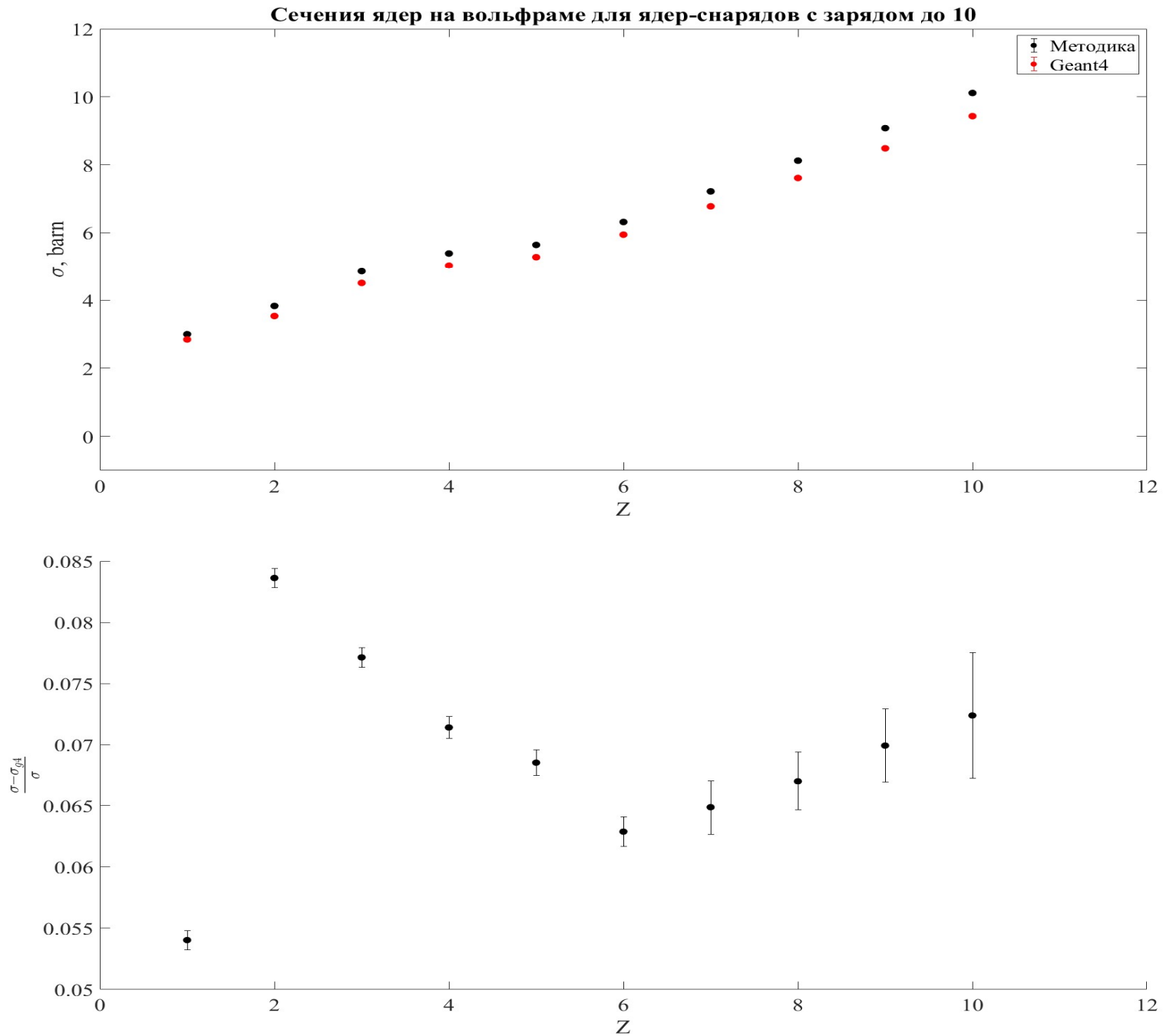
N - количество событий, прошедших калориметр без неупругого взаимодействия



Обработка данных моделирования

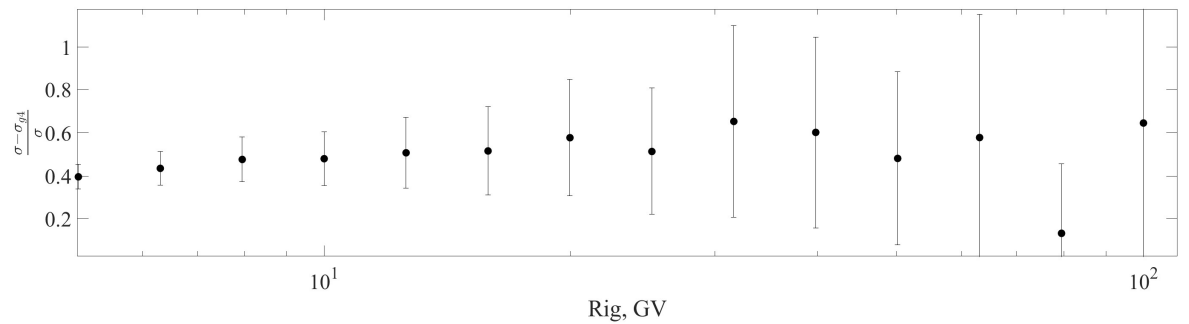
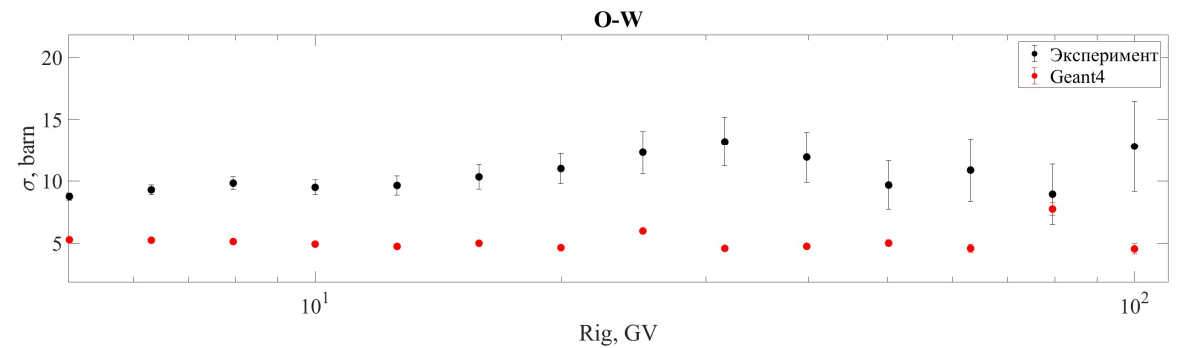
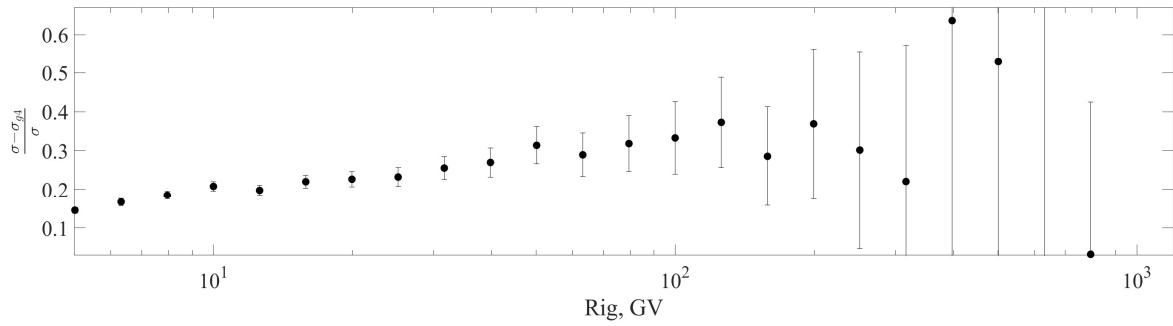
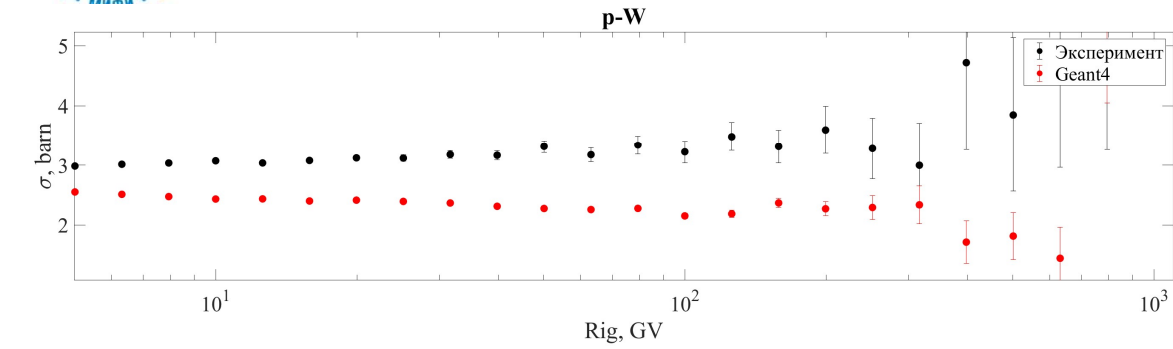


Обработка данных моделирования

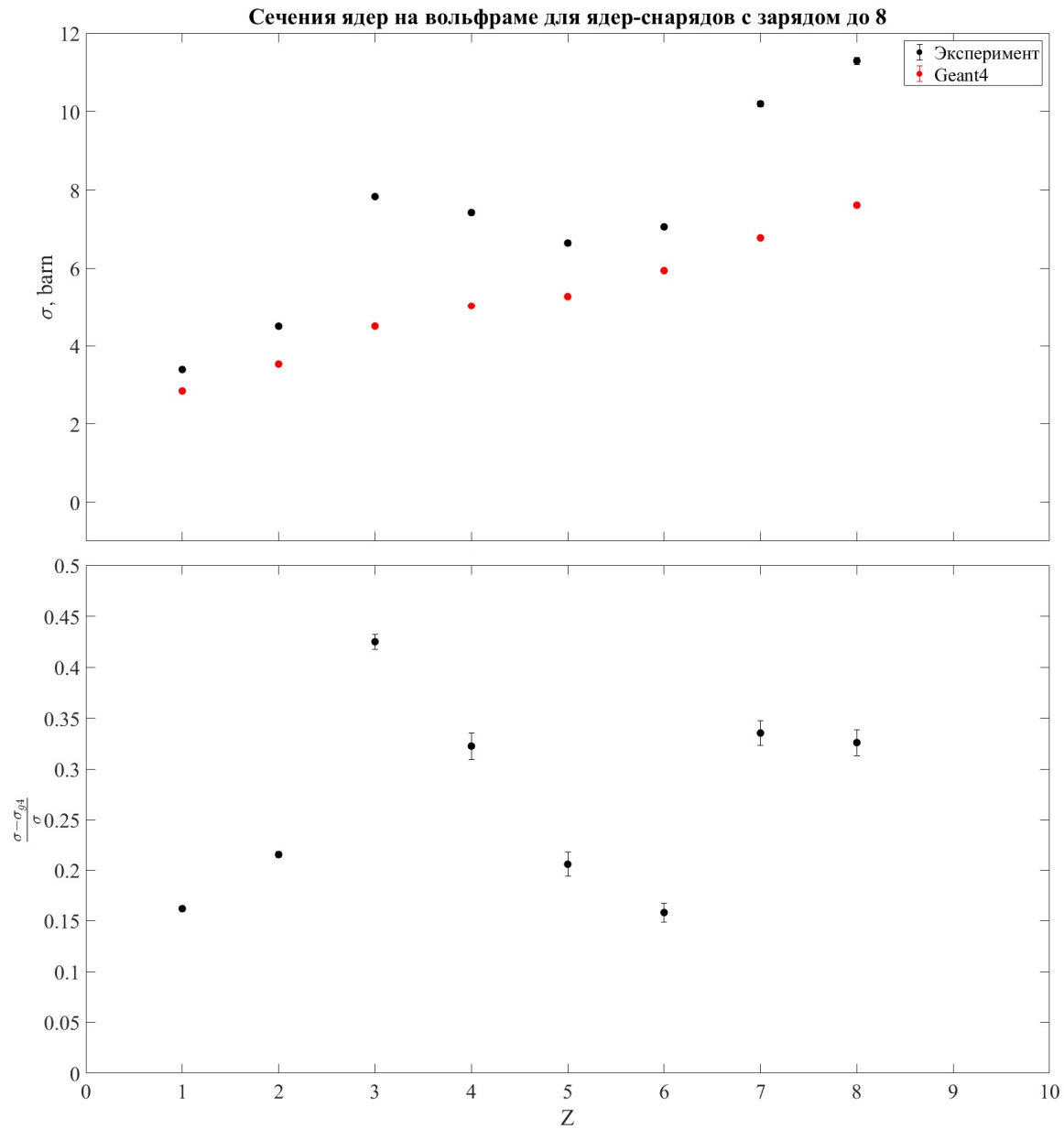




Обработка данных эксперимента



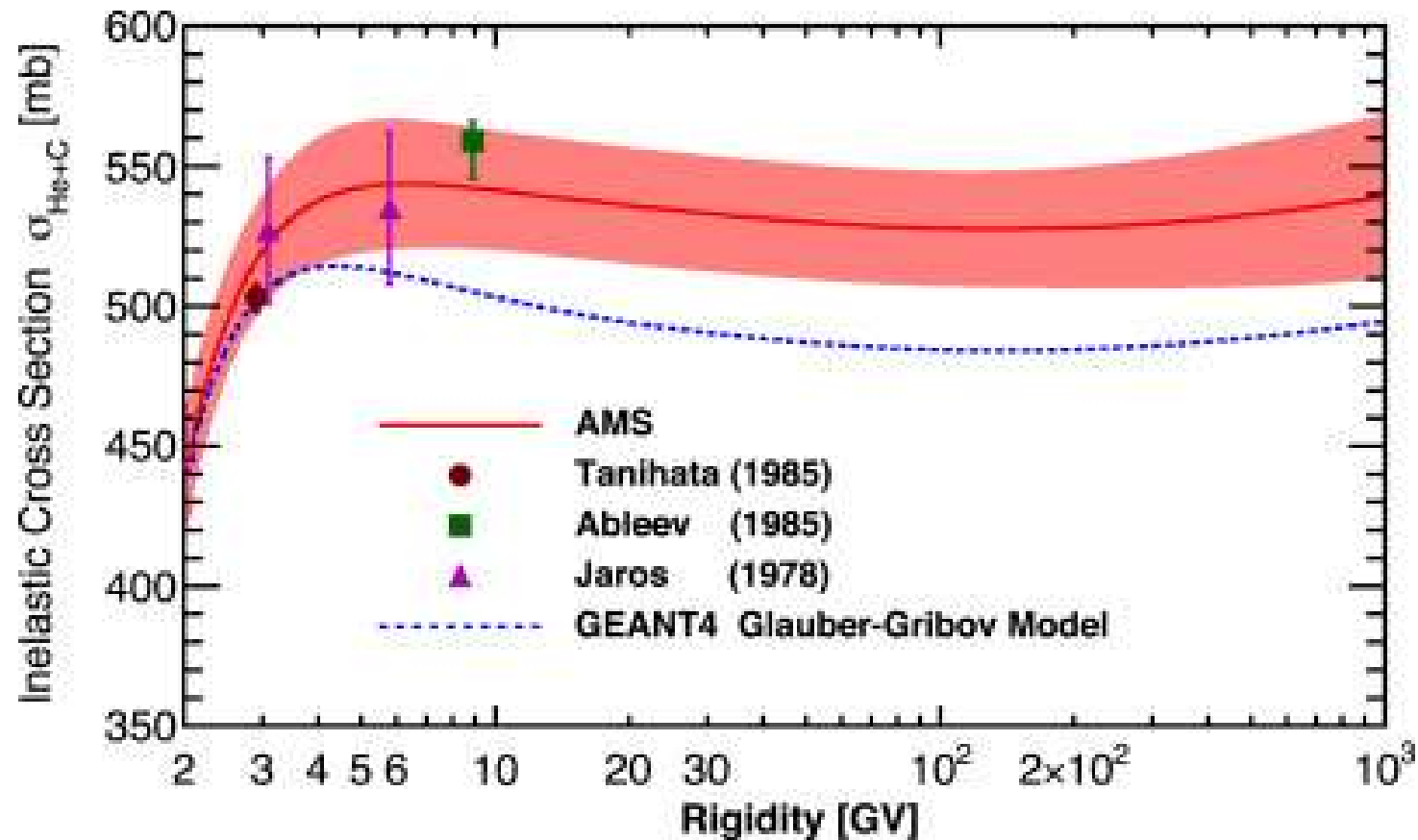
Обработка данных эксперимента





Результаты AMS-02

Энергетическая зависимость сечения неупругого взаимодействия ядер гелия с ядрами углерода по данным эксперимента AMS-02





Заключение

В работе предложен метод определения сечения неупругих взаимодействий частиц в калориметре при помощи прецизионных измерений потока космических лучей. Рассмотрены взаимодействия ядер с зарядом до 10 в веществе калориметра прибора PAMELA. Методика опробована на данных моделирования, вычислена эффективность полученной методики. Далее методика применена к экспериментальным данным PAMELA.

В результате построена энергетическая зависимость сечения неупругого взаимодействия ядер с зарядом до 8 с ядрами вольфрама, сечения взаимодействия протонов близки к измерениям на ускорителях, но при этом непрерывно покрывает диапазон энергий $1 \div 100$ ГэВ.

В будущем планируется:

- улучшить методику идентификации неупругих взаимодействий частиц в калориметре;
- провести оценку систематической погрешности измерений;
- выполнить деконволюцию полученных результатов;
- рассмотреть взаимодействие других ядер в составе космических лучей с ядрами вольфрама.

Спасибо за внимание