



Изотопы H, He, Li и Be в космическом эксперименте PAMELA из полётных данных 2006-2008

Э.А. Богомолов, Г.И. Васильев, С.Ю. Крутьков, Н.Н. Никонов

ФТИ им. А.Ф. Иоффе

W. Menn

University of Siegen

V.Formato

INFN, Sezione di Trieste

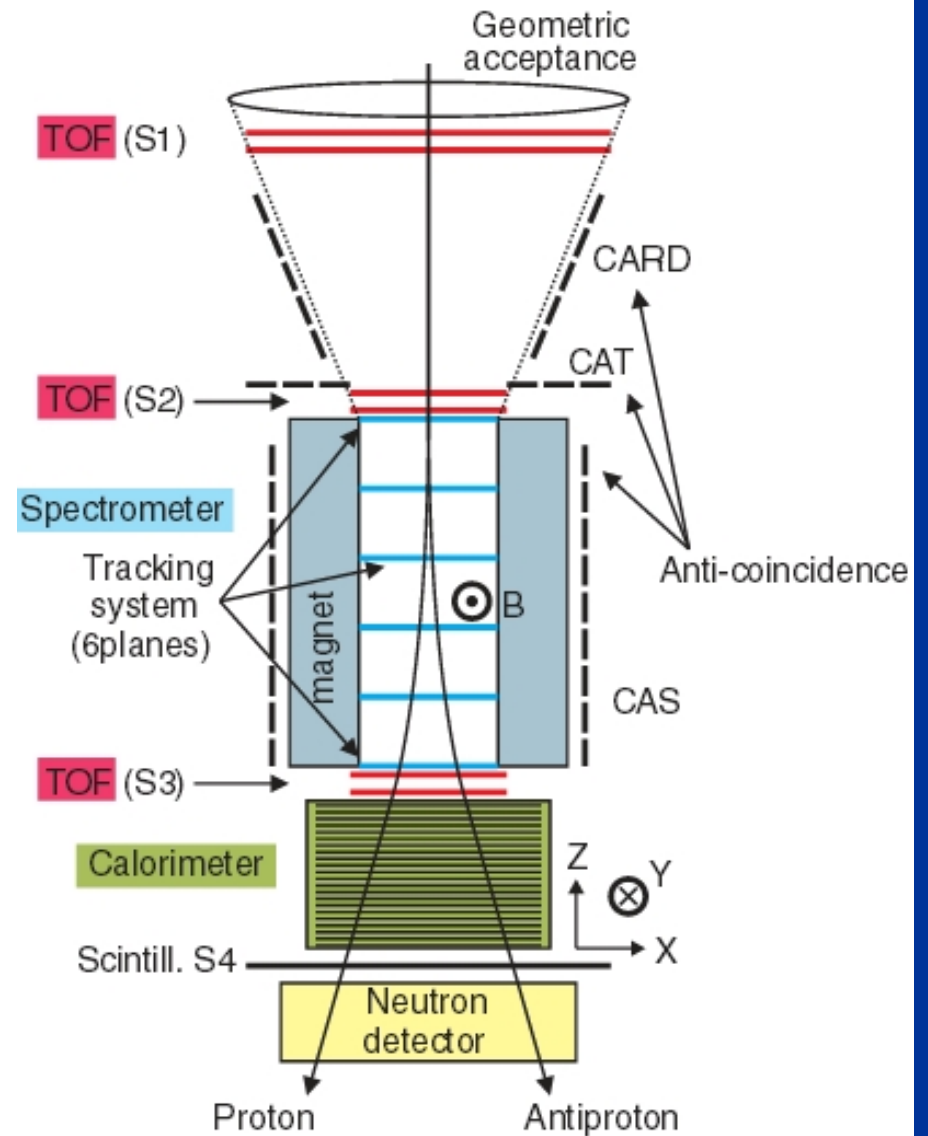
от PAMELA Collaboration

33-я Всероссийская конференция

по космическим лучам (11-15.08.2014, ОИЯИ, Дубна)



Магнитный спектрометр PAMELA



GEANT4 моделирование разделения изотопов

- Анализ проводится в апертуре PAMELA с использованием детальной информации о геометрии прибора и распределении материалов.
- Ядра изотопов H, He, Li и Be пересекают сцинтилляционный телескоп S1-S3, Tracker, Calorimeter без ядерных взаимодействий. Используются различные критерии отбора событий в калориметре (44 Si, 20 Si и т.д.).
- Отбираются события без сигналов в охранных счётчиках CARD, CAT, CAS. Защита от фона ядерных взаимодействий выше калориметра.
- Для каждого события при анализе ионизационных потерь в калориметре PAMELA отбирается ~ 50% сигналов до ядерных взаимодействий изотопов в калориметре из 22 слоёв вольфрама и 44 слоёв Si X,Y- детекторов. Используемый метод обрезания позволяет исключить высокоэнергетическую часть распределения ионизационных потерь (распределение Ландау), повысить разрешение при разделении изотопов и применяется в практике селекции частиц с помощью многослойных (газовых) детекторов на ускорителях высоких энергий.
- Моделируется коррекция измеренных жесткостей изотопов ядер к границе прибора.
- Моделируется коррекция измеренных соотношений изотопов ядер (РАМ) в зависимости от их жёсткости к отношениям на границе прибора (ТОА).

Полётные данные PAMELA

H, He – 07.07.2006 - 31.12.2007, Li, Be – 2006-2008

$$R = (Mc^2 / Z) \times (\beta^2 / 1 - \beta^2)^{1/2}, \beta = v/c$$

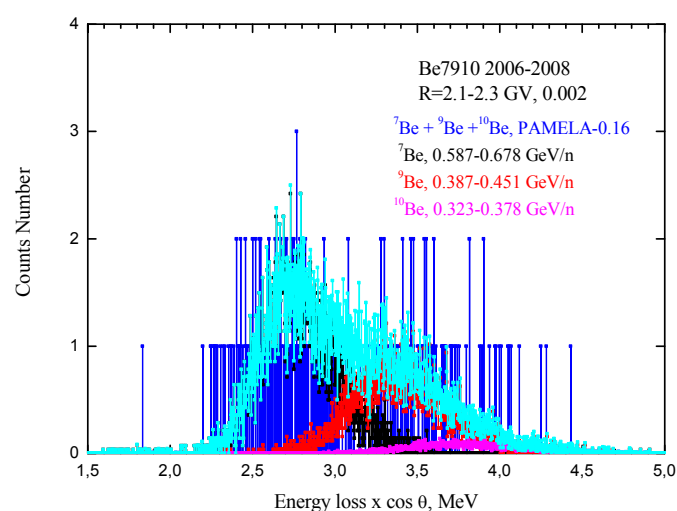
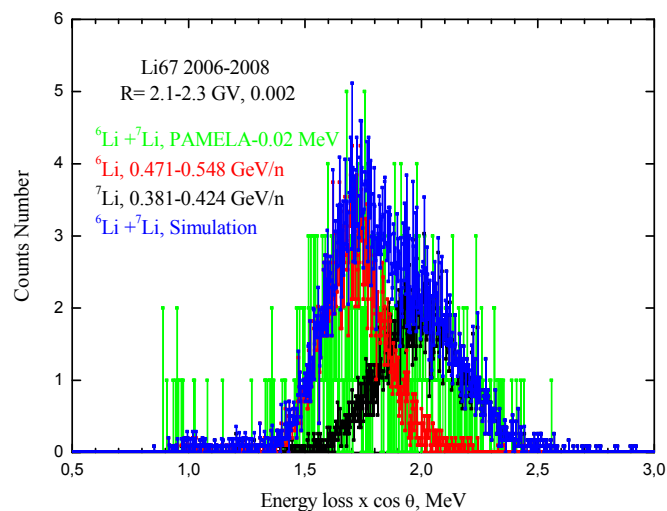
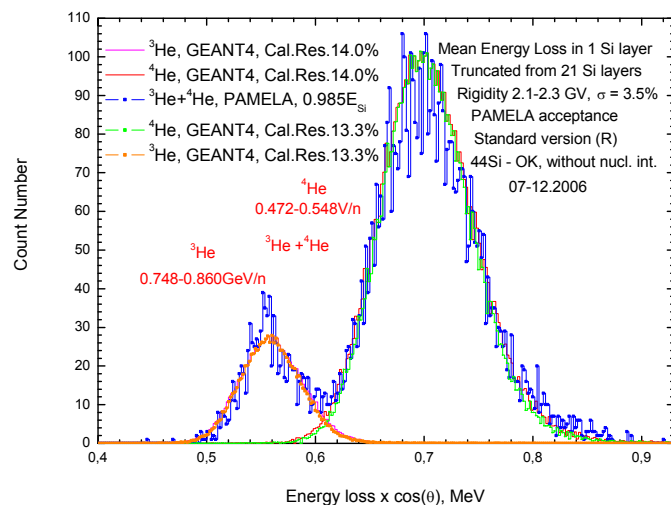
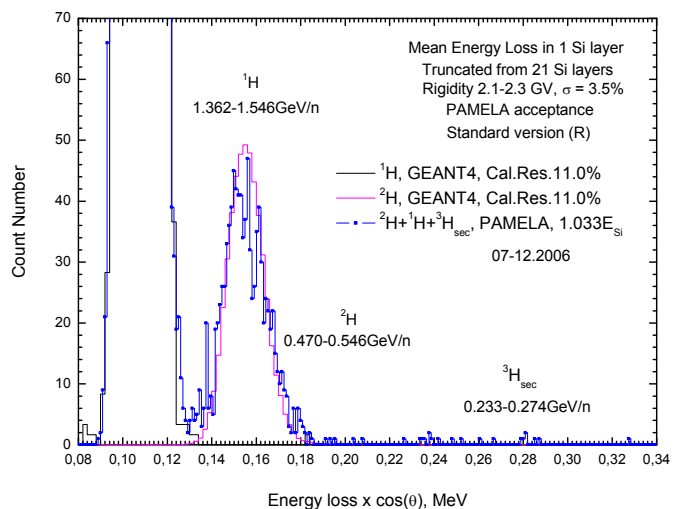
- При анализе для защиты от фона ядерных взаимодействий в материале прибора используются данные PAMELA о регистрации ядер H, He, Li и Be без сигналов с охранных счётчиков CARD, CAT and CAS.
- Информация о заряде ядер из данных сцинтилляционного телескопа, о жёсткости из данных PAMELA Tracker.
- При разделении изотопов в интервалах жесткостей ядер с шагом 0.2 ГВ проводится сравнение экспериментальных данных для ограниченных ионизационных потерь ядер H, He, Li и Be в слоях Si X,Y детекторов, полученных с использованием метода обрезания, с данными моделирования.
- Для дополнительной селекции фона измерений проводится 2D-анализ событий (зависимость ограниченных ионизационных потерь от $1/\beta$ из данных анализа времени пролёта ядер).
- Измеренные соотношения изотопов ядер в зависимости от их жёсткости с использованием данных измерений PAMELA о dI/dR спектрах соответствующих ядер позволяют определить жесткостные спектры отдельных изотопов, преобразовать их в энергетические спектры и определить энергетические зависимости отношения изотопов.

$$dI/dE = dI/dR \times dR/dE = dI/dR \times (A_i/Z^2) \times (E_{tot} / R)$$

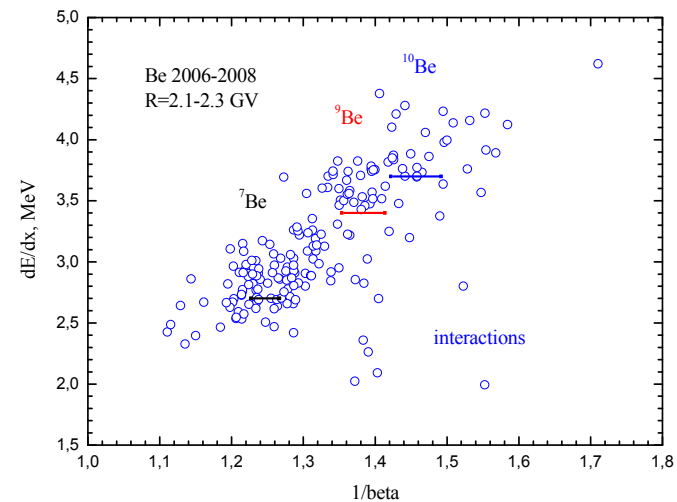
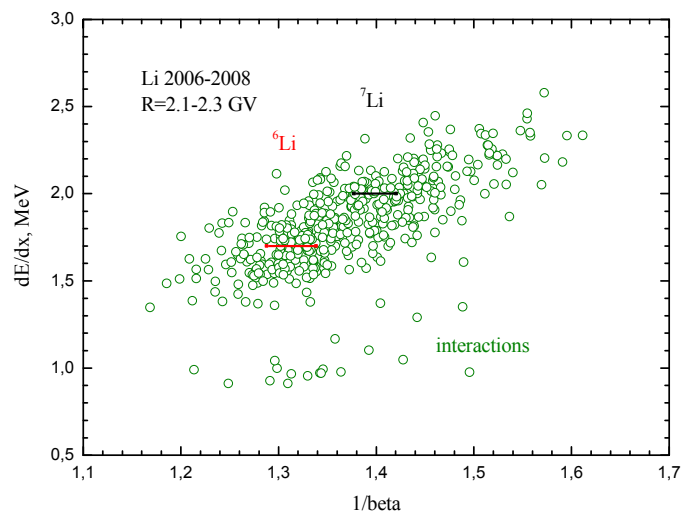
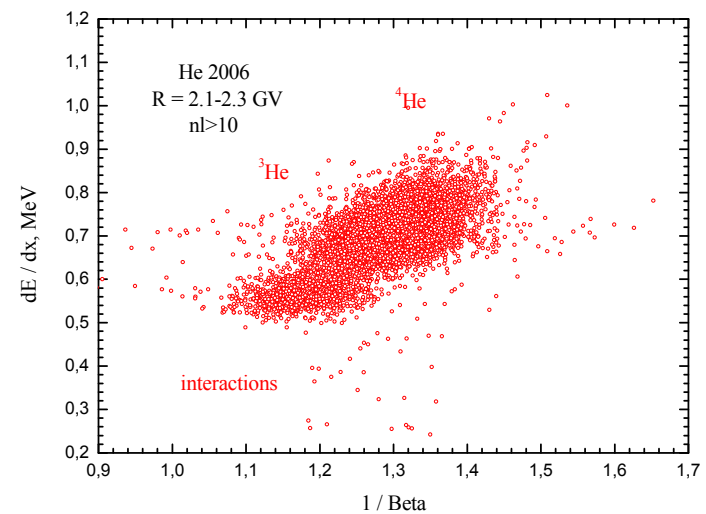
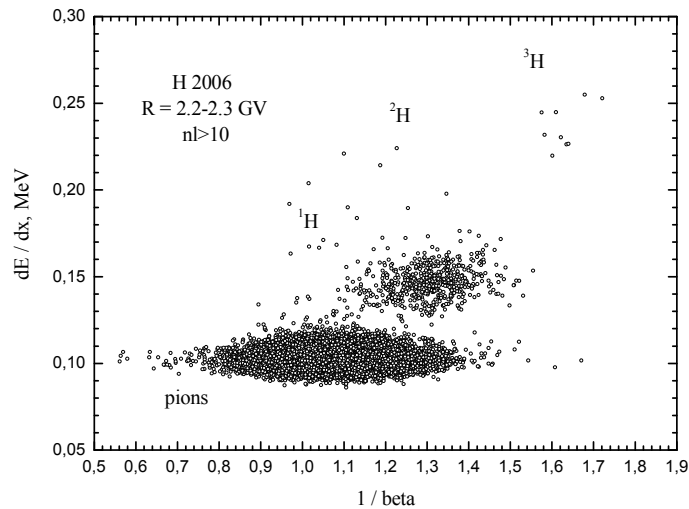
Вероятности пересечения изотопами спектрометра PAMELA
(критерий 44 Si) без ядерных взаимодействий (GEANT4).

Изотопы	R = ~3 ГВ
^1H	0.583 ± 0.008
^2H	0.509 ± 0.007
^3He	0.429 ± 0.005
^4He	0.397 ± 0.004
^6Li	0.222 ± 0.002
^7Li	0.208 ± 0.002
^7Be	0.209 ± 0.002
^9Be	0.187 ± 0.002

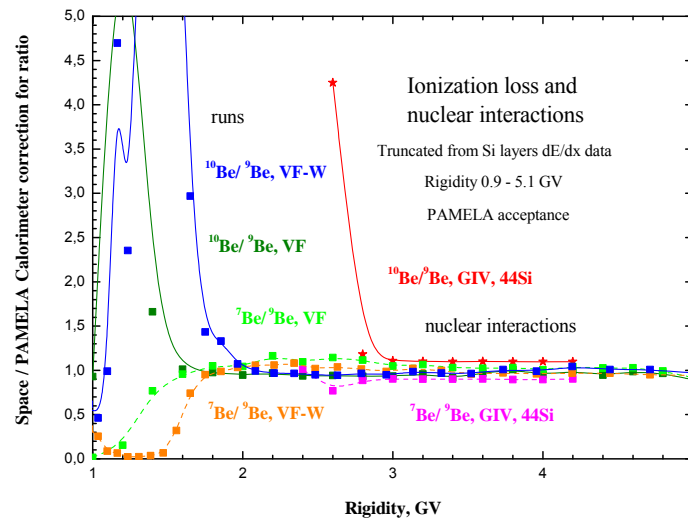
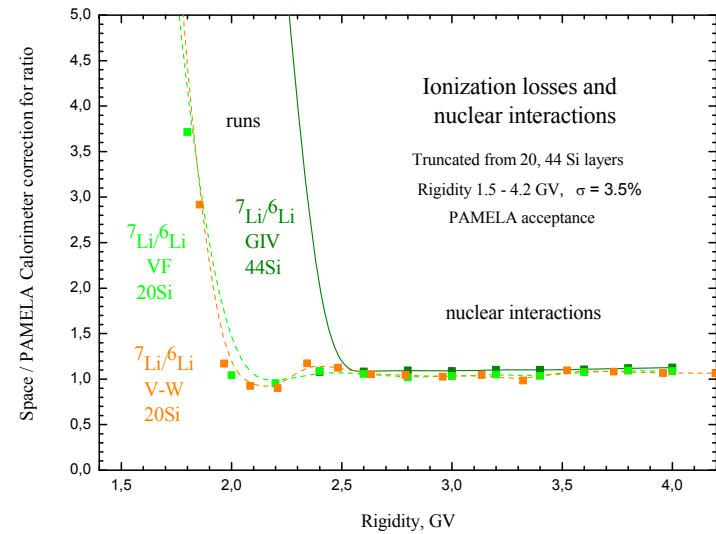
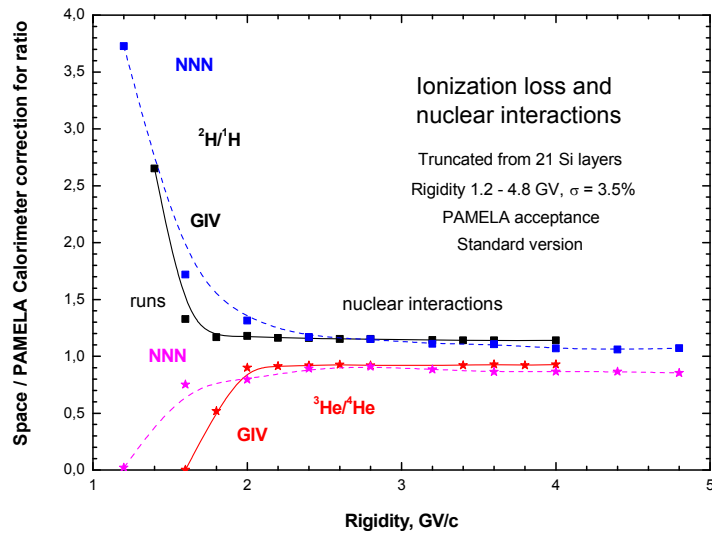
Примеры распределений ограниченных ионизационных потерь ядер H, He, Li и Be в калориметре при R=2.1-2.3 ГВ.



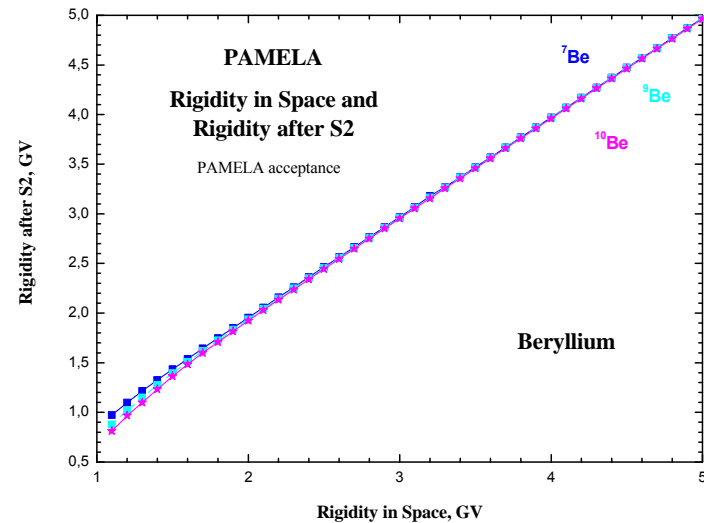
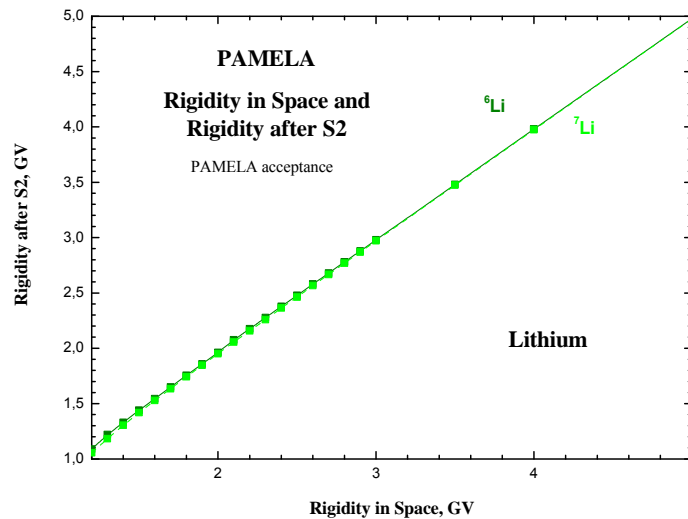
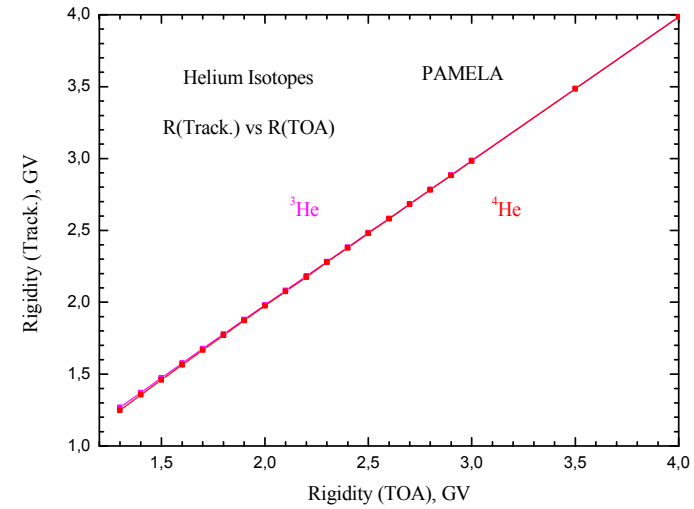
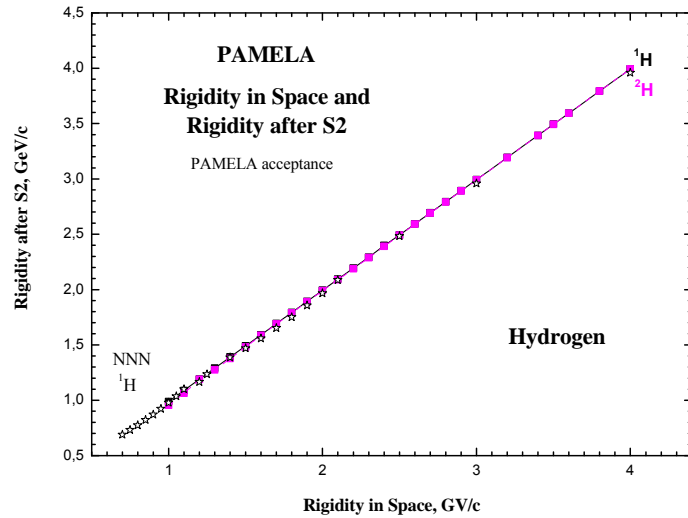
Примеры 2D-распределений ионизационных потерь от $1/\beta$ для ядер H, He, Li и Be в калориметре при $R=2.1-2.3$ ГВ.



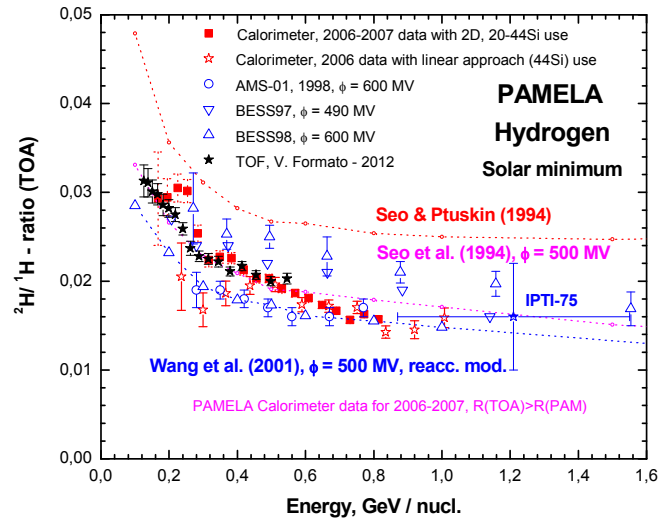
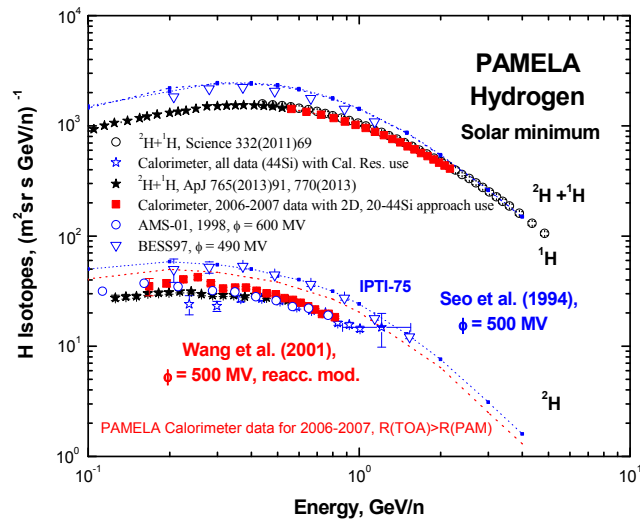
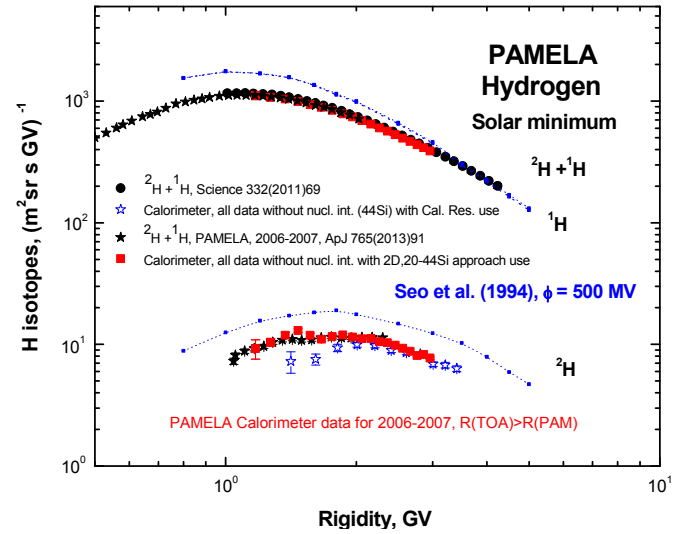
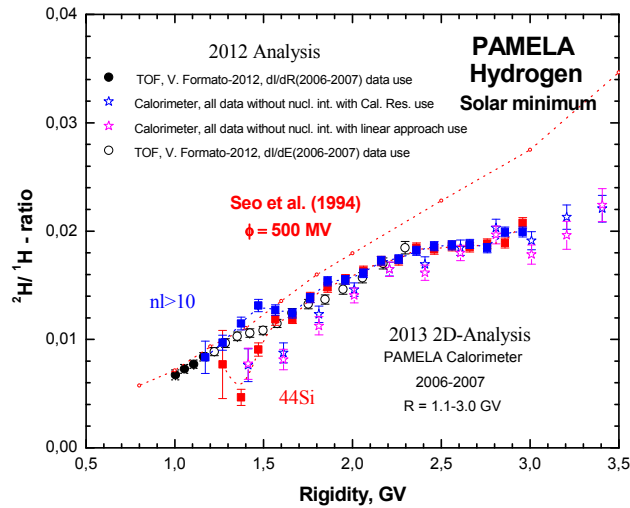
Коррекция измеренных отношений изотопов (РАМ) к границе прибора (ТОА).



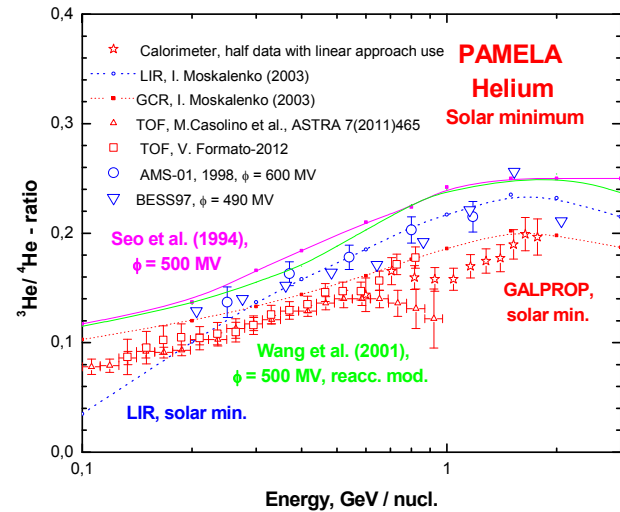
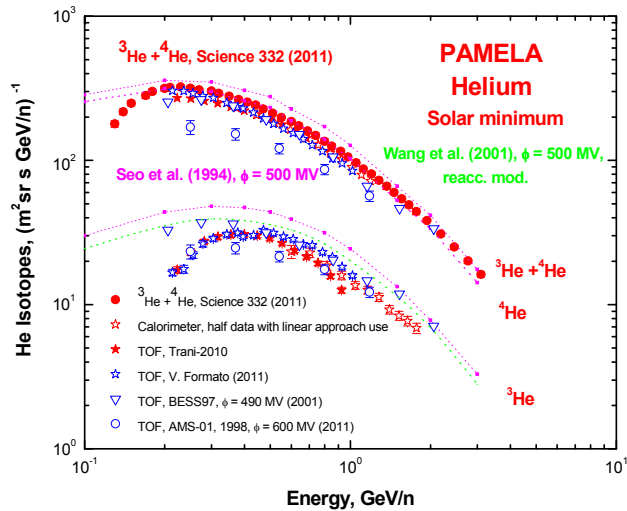
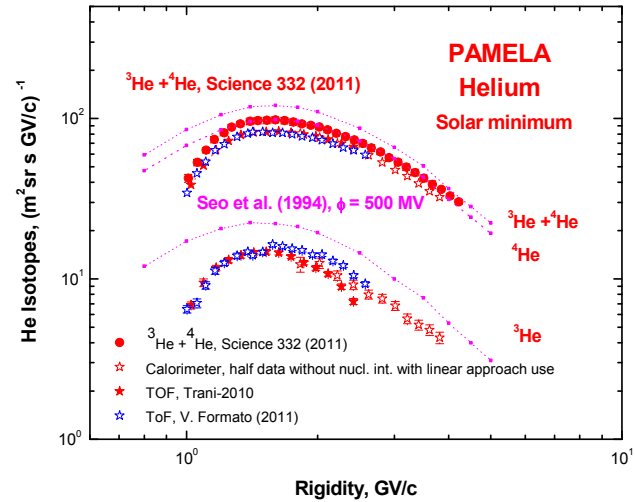
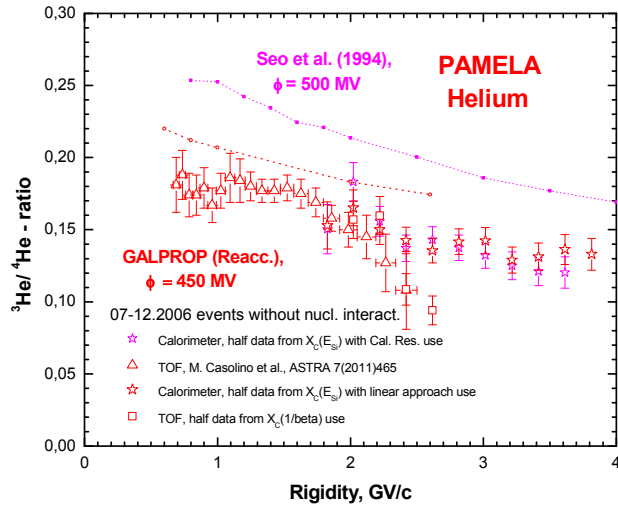
Коррекция измеренных жесткостей (РАМ) к границе прибора (ТОВА).



ИЗОТОПЫ ^2H И ^1H В ГКЛ.

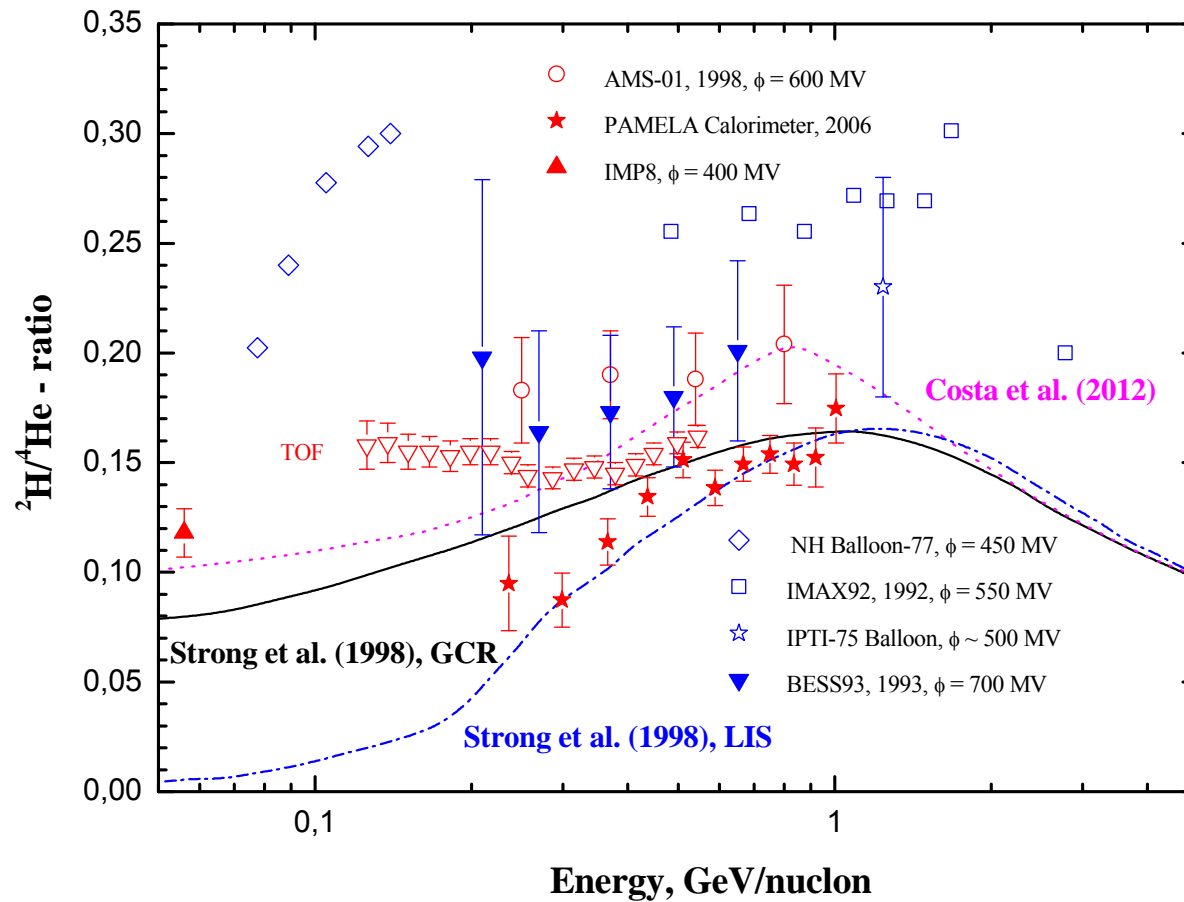


Изоотопы ^3He и ^4He в ГКЛ.

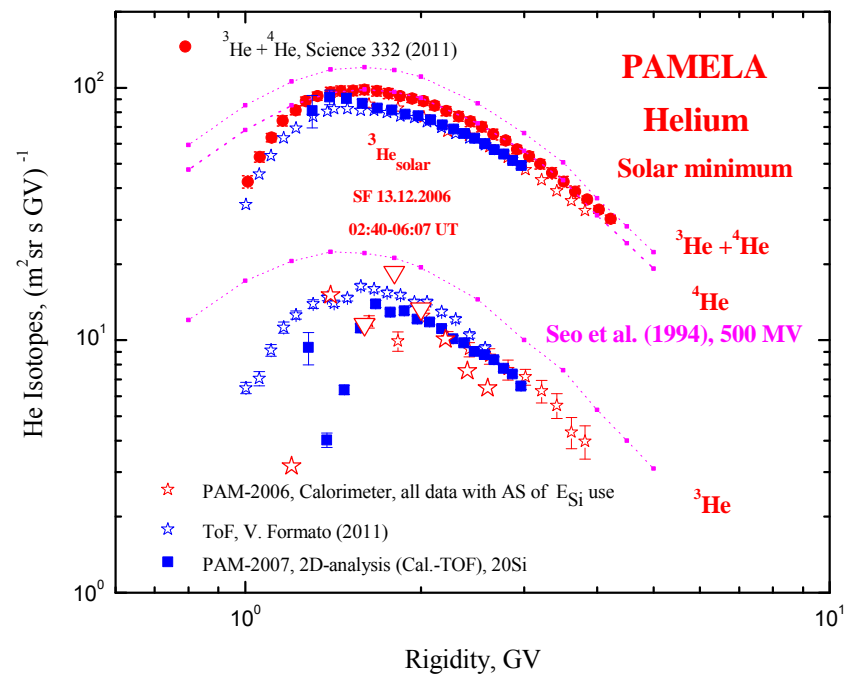
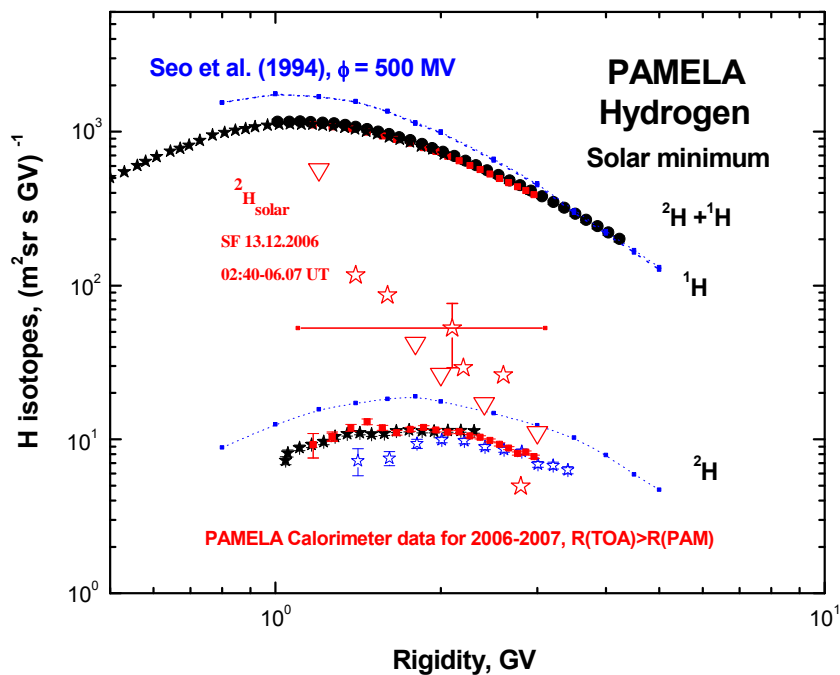


$^2\text{H}/^4\text{He}$ -отношение.

Предварительно.

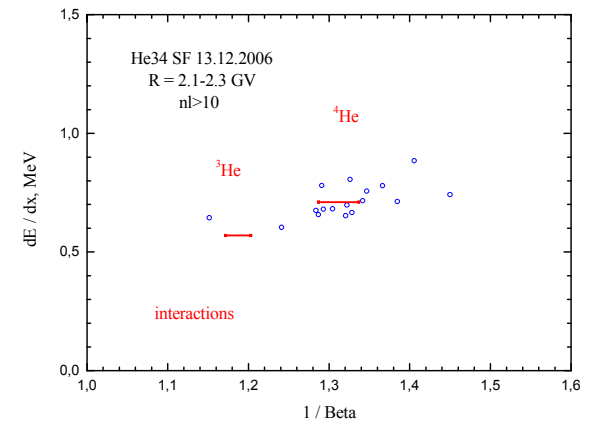
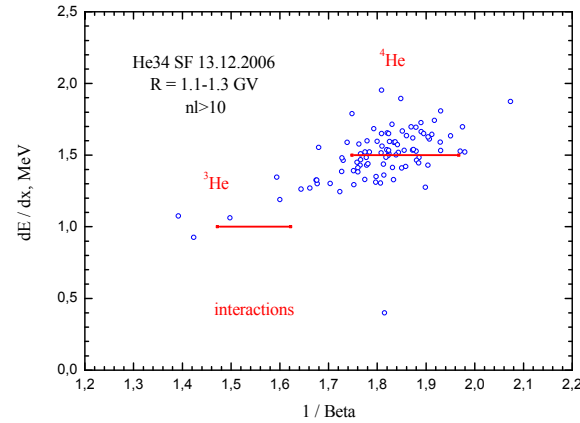
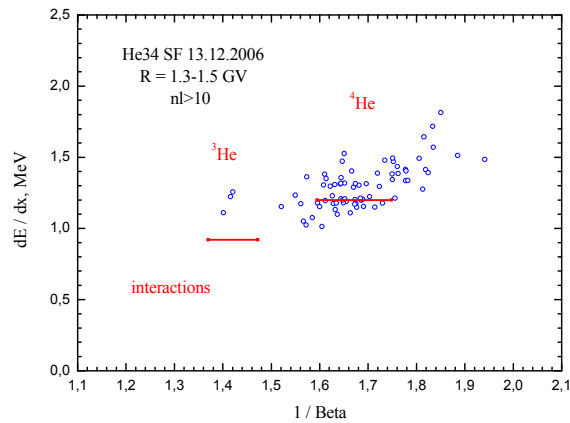
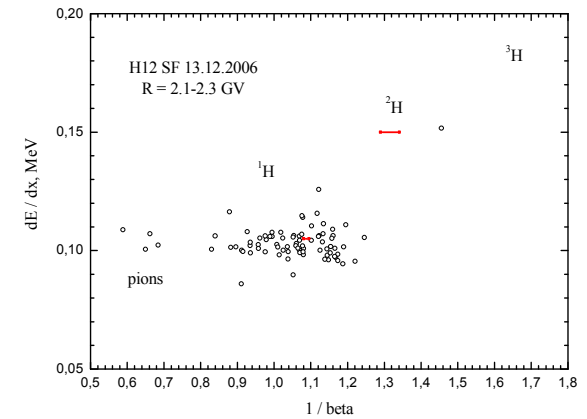
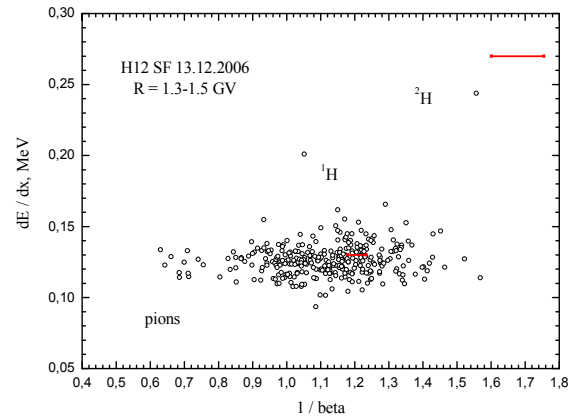
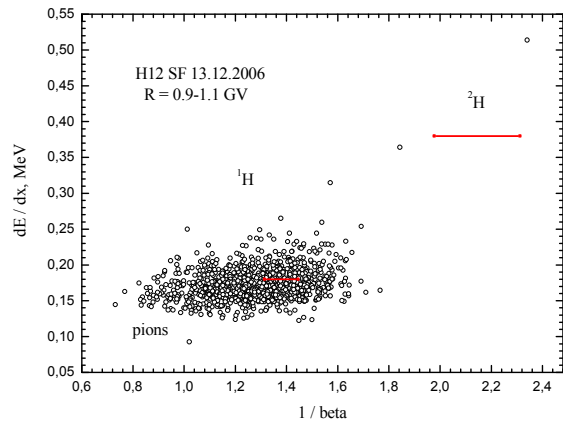


^2H и ^3He в вспышке 13.12.2006. Предварительно.

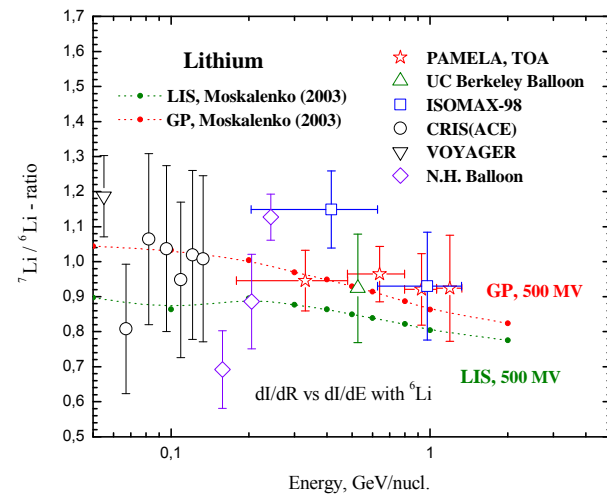
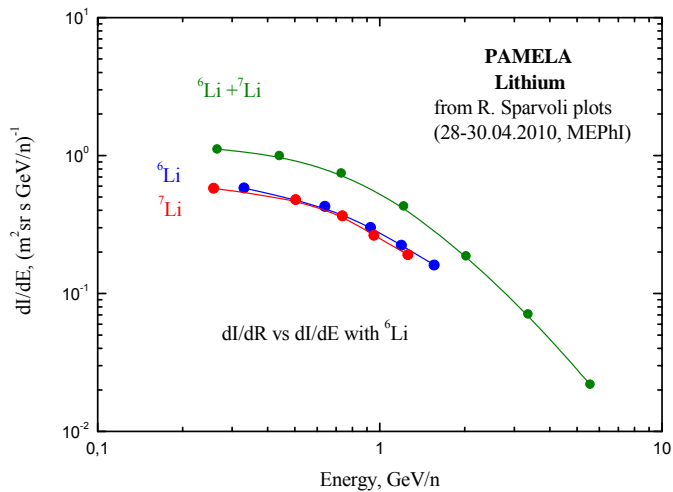
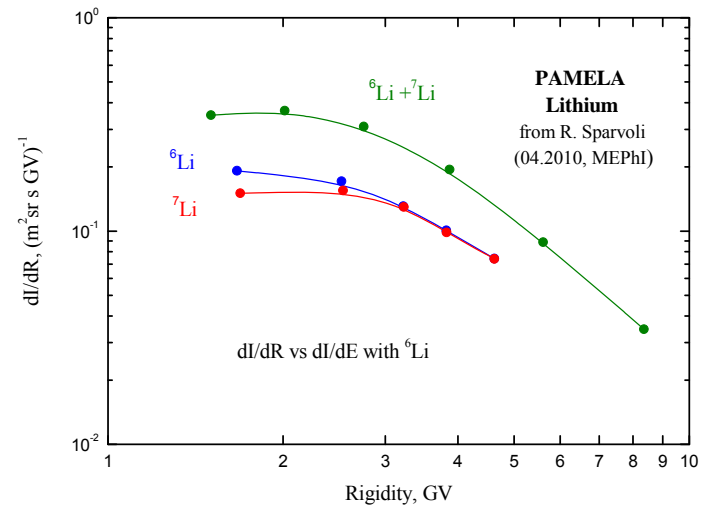
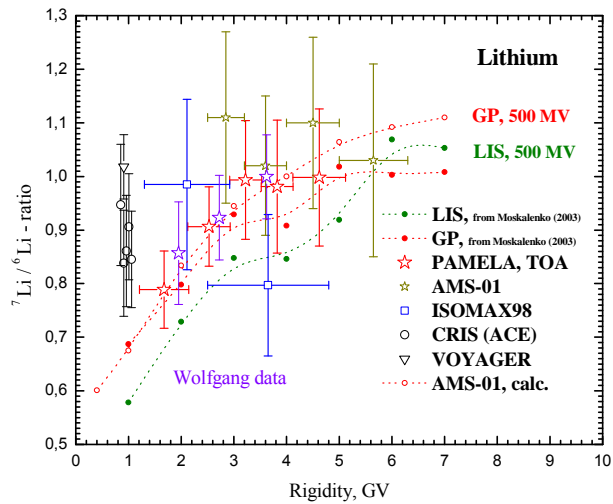


По данным измерений PAMELA в вспышке 13.12.2006 (02:40 UT, X3.4/4B) вероятно зарегистрированы ядра ^2H и не обнаружены ядра ^3He .

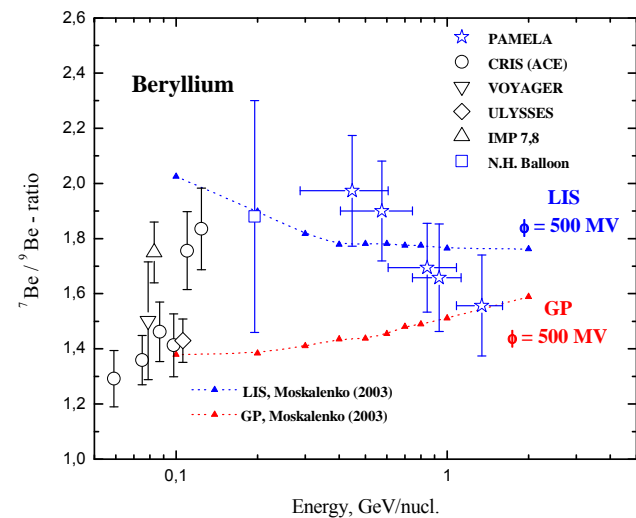
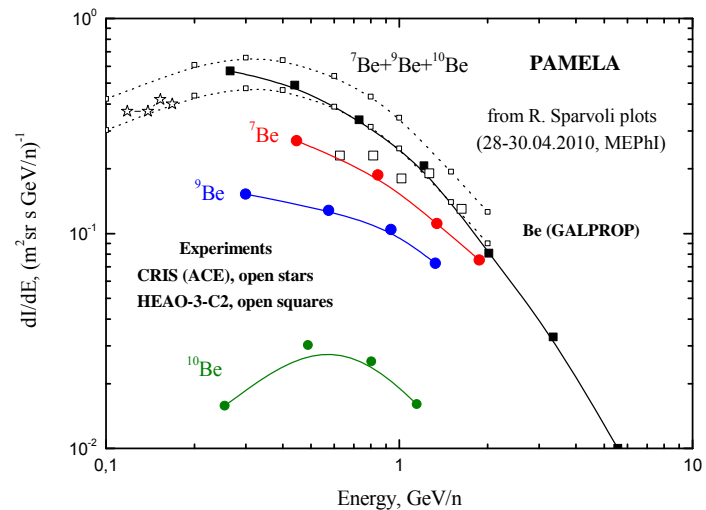
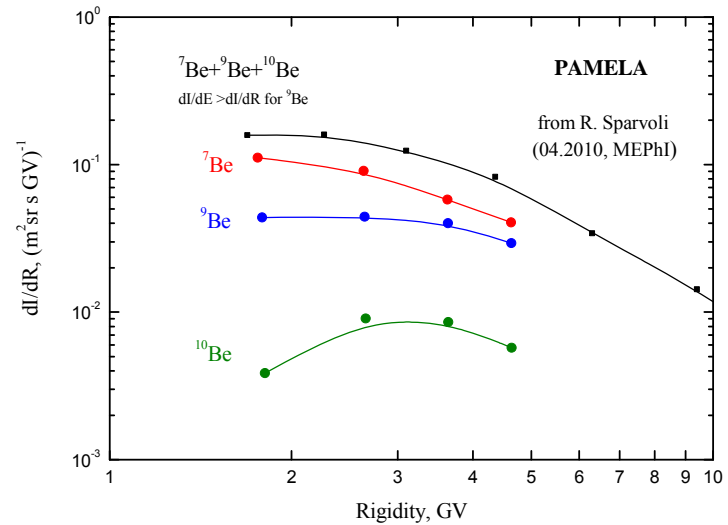
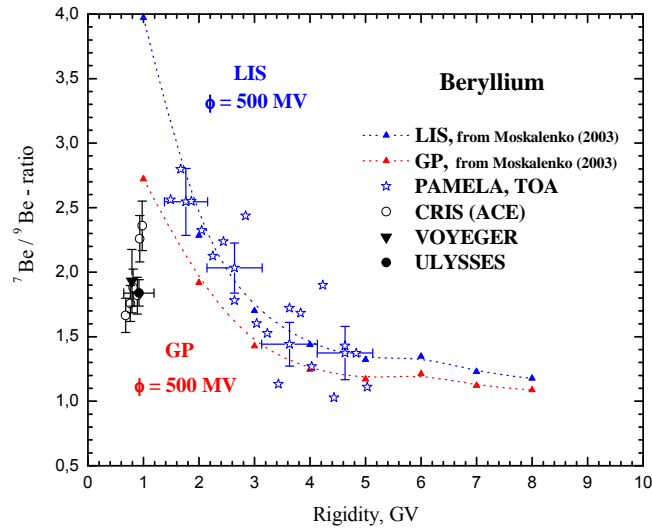
^2H и ^3He в вспышке 13.12.2006. 2D-анализ. Предварительно.



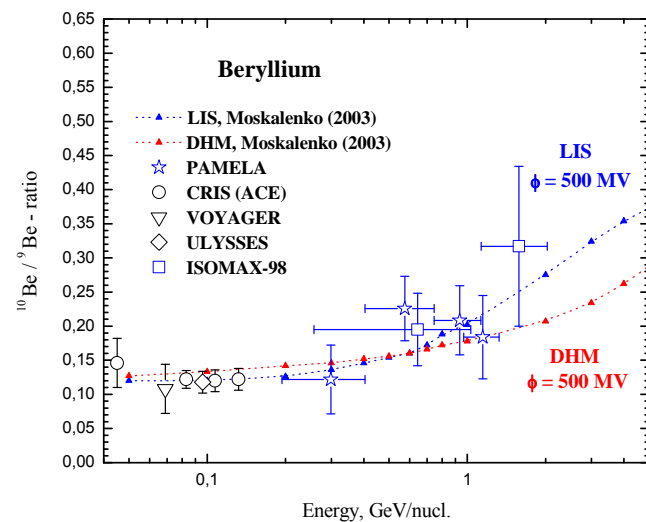
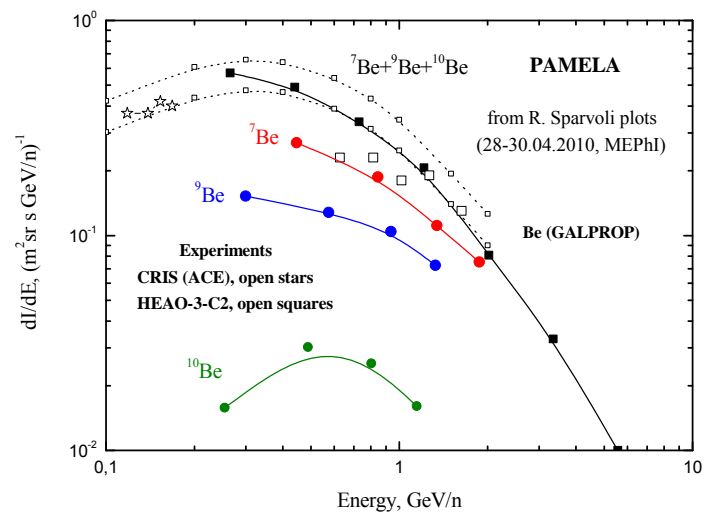
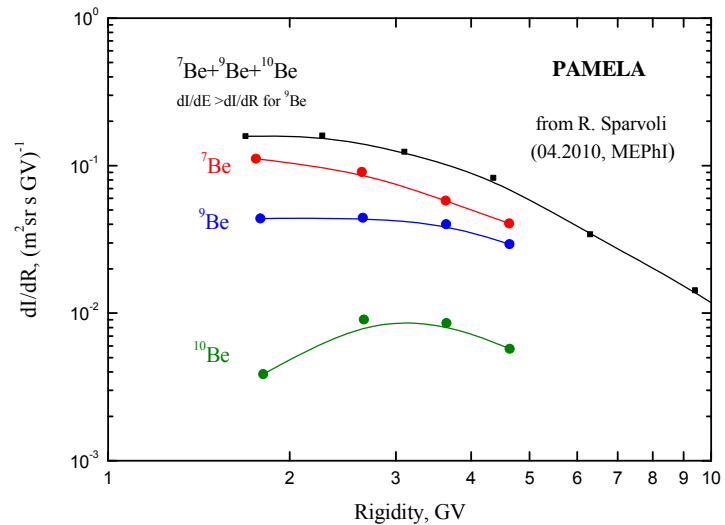
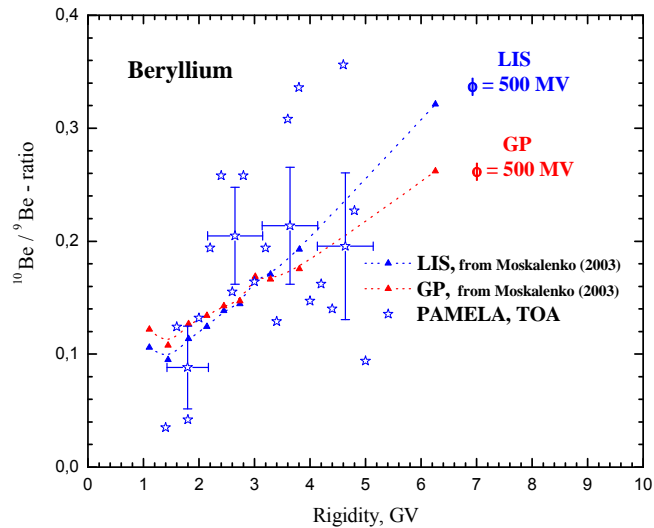
ИЗОТОПЫ ${}^6\text{Li}$ И ${}^7\text{Li}$ В ГКЛ.



ИЗОТОПЫ ${}^7\text{Be}$ И ${}^9\text{Be}$ В ГКЛ.



ИЗОТОПЫ ^{10}Be И ^9Be В ГКЛ.



Заключение

- На основе анализа полётной информации эксперимента PAMELA
- 2006-2007 г. получены новые данные по изотопному составу ядер H и He в ГКЛ с более высокой статистической и методической точностью в сравнении с достигнутой ранее. Новые данные позволят уточнить знания о процессах и параметрах распространения ГКЛ.
- Полученные из полётной информации PAMELA 2006-2008 г. данные по изотопному составу ядер Li и Be дополнили отрывочные знания по этим изотопам в ГКЛ, собранные к настоящему времени. Данные в целом согласуются с расчётами в рамках GALPROP, но не исключают вклад локальных источников (LIS).
- Дальнейший анализ полётных данных PAMELA после 2007-2008 г. позволит повысить точность измерений, получить данные о модуляции изотопного состава ядер H и He за время измерений, получить данные о генерации 2H и 3He в солнечных вспышках...

Наилучшие пожелания из Санкт-Петербурга :~)
Благодарю за внимание.

