

XVII Конференция молодых ученых «Взаимодействие полей и
излучения с веществом»

Взаимосвязь высыпаний частиц из
радиационного пояса Земли и космических
гамма-всплесков

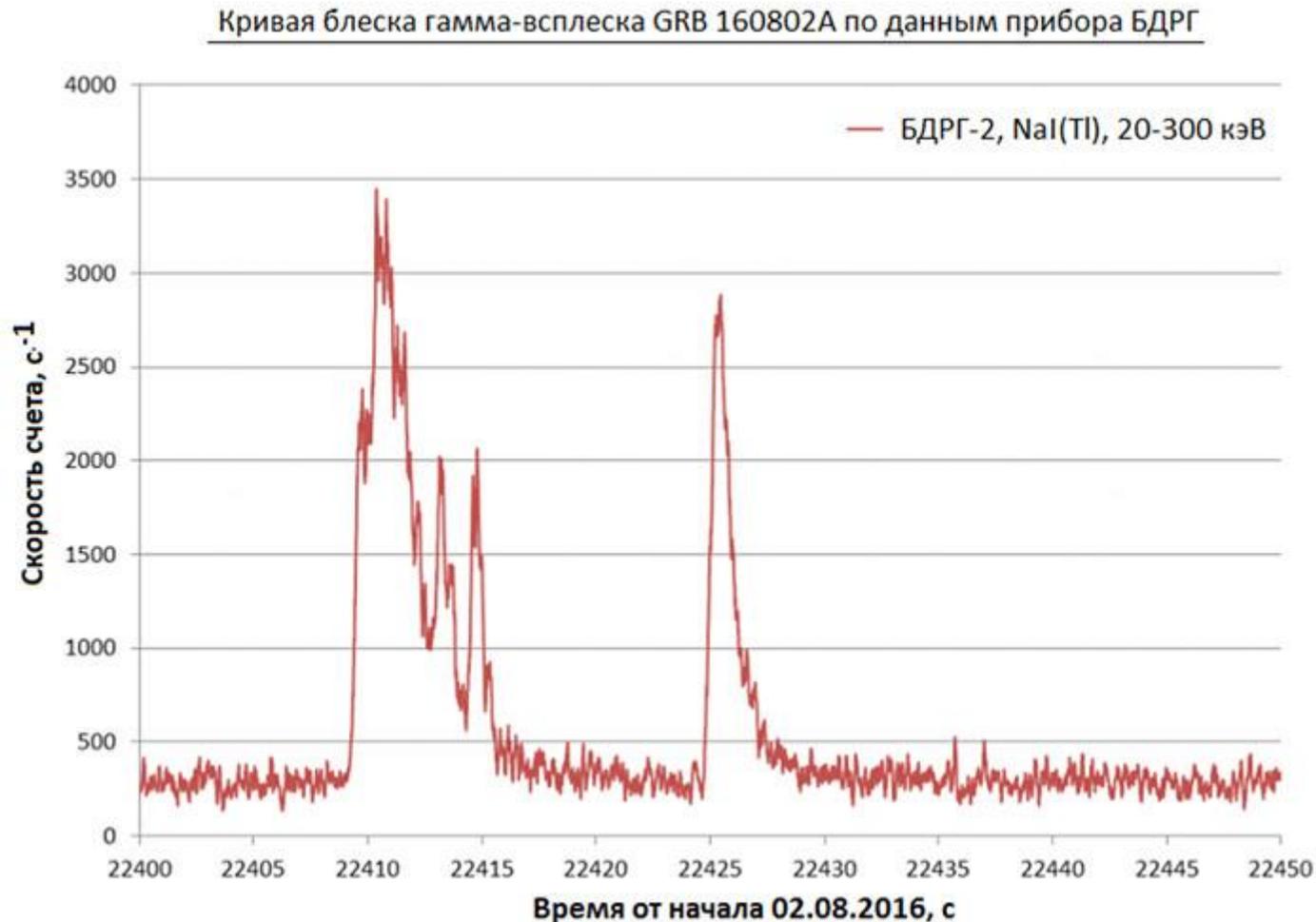
Морозова Д.Н., Майоров А.Г.

НИЯУ МИФИ

06.09.2022

Гамма-всплески

- масштабные выбросы космического гамма-излучения во Вселенной, характеризующиеся высвобождением большого количества энергии за время от нескольких миллисекунд до десятков секунд.



Радиационный пояс Ван Аллена

- область в околоземном пространстве, в которой выполняются условия для эффективного захвата заряженных частиц, в результате чего в ней продолжительное время находятся потоки частиц.

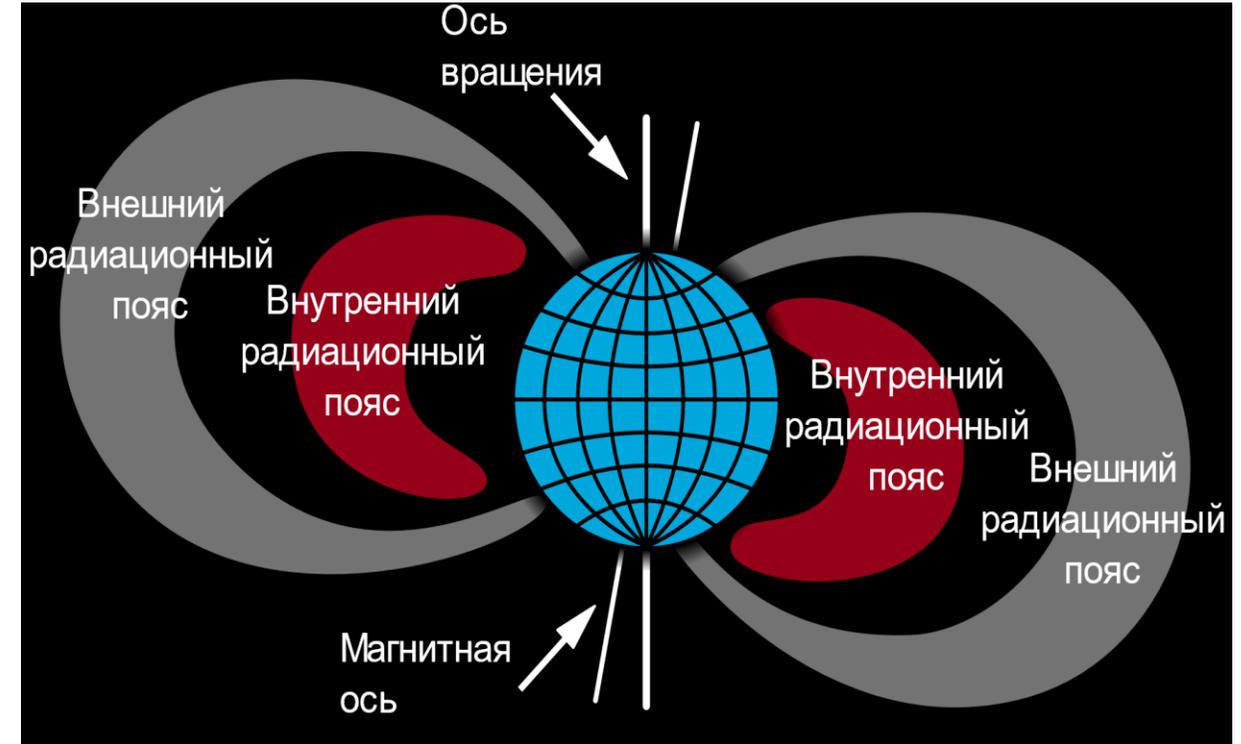


Схема внутреннего и внешнего радиационных поясов

В работе выдвигается гипотеза: электромагнитное излучение от гамма-всплесков взаимодействует с частицами радиационных поясов, вызывая их высыпание на другие дрейфовые оболочки.

Проверка осуществляется при помощи наблюдательных данных.

Эксперимент PAMELA

PAMELA (Payload for Antimatter Matter Exploration and Light-nuclei Astrophysics) – международный космический эксперимент, основной задачей которого являлось измерение спектров частиц и античастиц с энергиями от нескольких десятков до сотен МэВ в космическом излучении.

Научная аппаратура включает в себя набор детекторных систем, служащих для идентификации типа частицы, измерения величины и знака заряда, жёсткости, скорости, массы и энергии частиц.

В работе используется темп счета частиц, измеренный при помощи времяпролетной системы прибора. В базе эксперимента хранятся данные о темпах счёта триггеров в конфигурациях ToF1-ToF6 для каждого дня проведения эксперимента.

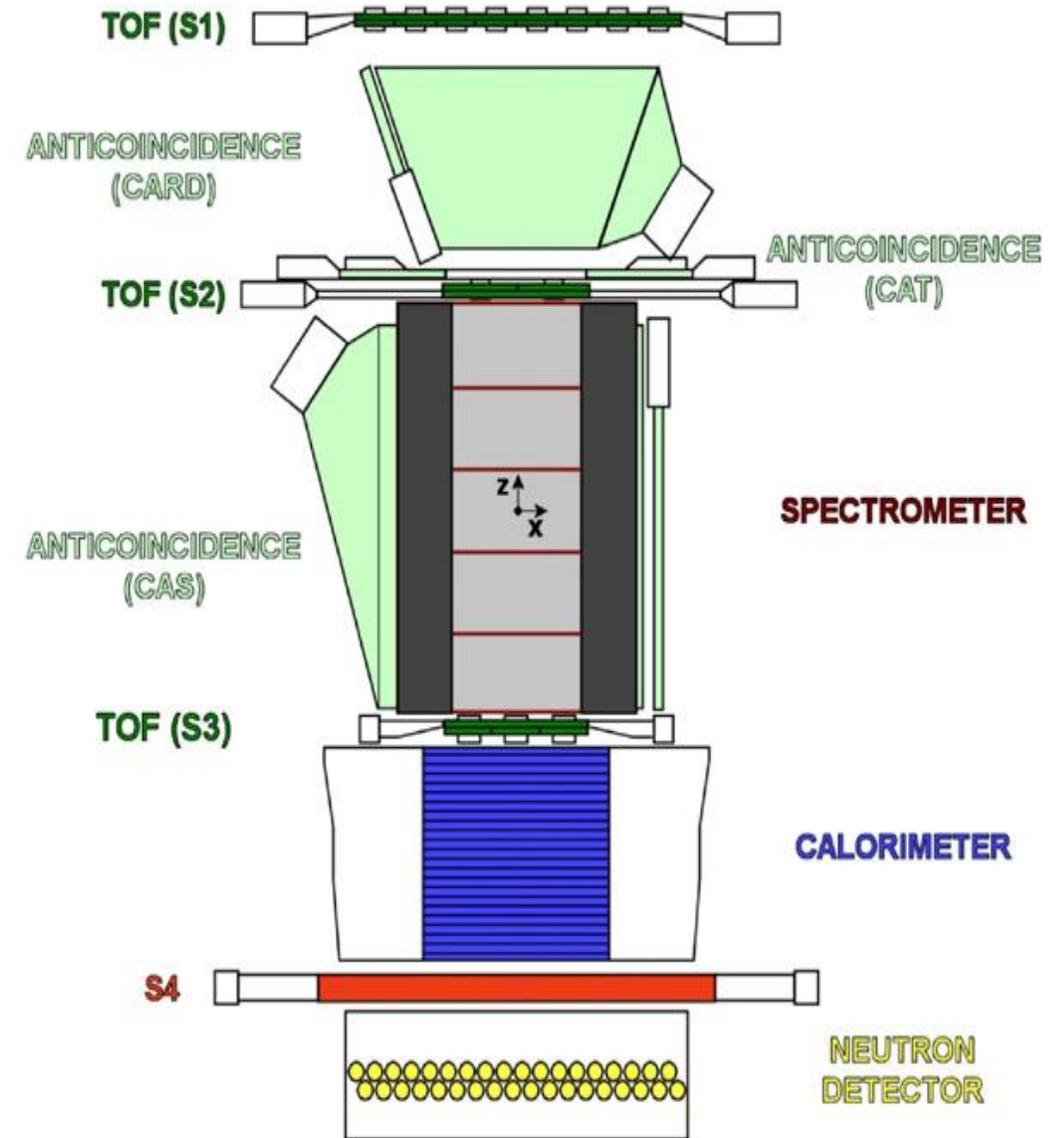


Схема научной аппаратуры PAMELA

Гамма-обсерватория Fermi Gamma-ray Space Telescope

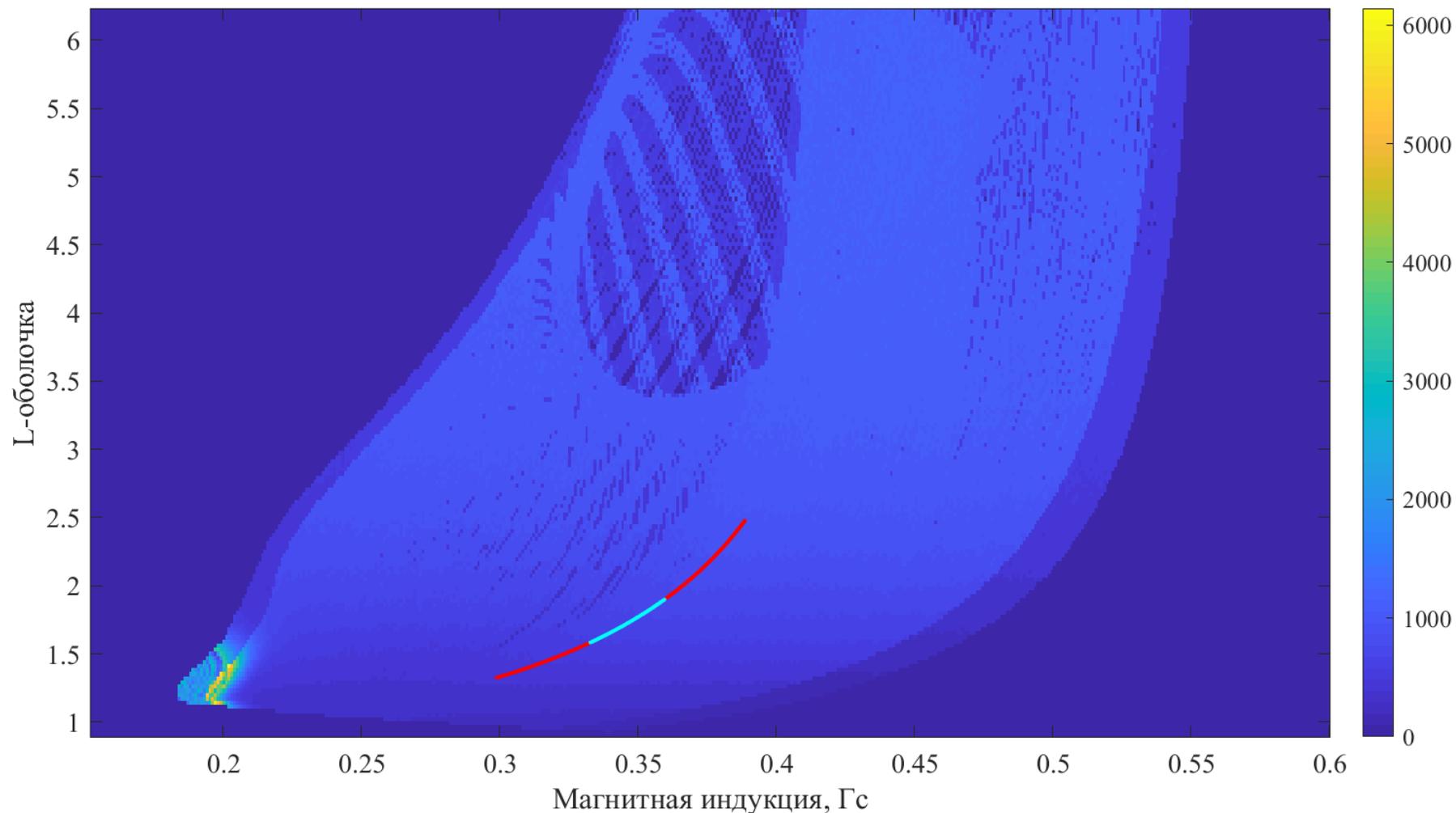
В работе использованы данные по регистрации гамма-всплесков прибором GBM, которые получены из каталога в открытом доступе. Каталог представляет собой таблицу, в которой перечислены все триггеры, наблюдаемые подмножеством 14 детекторов GBM, которые были классифицированы как гамма-всплески.

[Fermi GBM Burst Catalog \(fermigbrst\)](#) [Bulletin](#) [README](#)

Select	Services	name	trigger time	t90
<input type="checkbox"/> All		↕↕	↕↕	↕↕ [s]
<input type="checkbox"/>	D	GRB080714086	2008-07-14 02:04:12.053	5.376
<input type="checkbox"/>	D	GRB080714425	2008-07-14 10:12:01.838	40.192
<input type="checkbox"/>	D	GRB080714745	2008-07-14 17:52:54.023	59.649
<input type="checkbox"/>	D	GRB080715950	2008-07-15 22:48:40.163	7.872
<input type="checkbox"/>	D	GRB080717543	2008-07-17 13:02:35.221	36.608
<input type="checkbox"/>	D	GRB080719529	2008-07-19 12:41:40.958	16.128
<input type="checkbox"/>	D	GRB080723557	2008-07-23 13:22:21.375	58.369
<input type="checkbox"/>	D	GRB080723913	2008-07-23 21:55:23.058	0.192
<input type="checkbox"/>	D	GRB080723985	2008-07-23 23:37:42.708	42.816
<input type="checkbox"/>	D	GRB080724401	2008-07-24 09:37:40.603	379.397
<input type="checkbox"/>	D	GRB080725435	2008-07-25 10:26:09.056	25.920
<input type="checkbox"/>	D	GRB080725541	2008-07-25 12:59:23.762	0.960
<input type="checkbox"/>	D	GRB080727964	2008-07-27 23:07:46.217	89.089
<input type="checkbox"/>	D	GRB080730520	2008-07-30 12:29:15.403	17.408
<input type="checkbox"/>	D	GRB080730786	2008-07-30 18:51:38.181	13.312
<input type="checkbox"/>	D	GRB080802386	2008-08-02 09:15:10.527	0.576
<input type="checkbox"/>	D	GRB080803772	2008-08-03 18:31:22.041	26.240
<input type="checkbox"/>	D	GRB080804456	2008-08-04 10:56:07.159	521.862
<input type="checkbox"/>	D	GRB080804972	2008-08-04 23:20:14.879	24.704
<input type="checkbox"/>	D	GRB080805496	2008-08-05 11:53:50.565	29.440
<input type="checkbox"/>	D	GRB080805584	2008-08-05 14:01:06.244	65.665
<input type="checkbox"/>	D	GRB080806584	2008-08-06 14:01:11.204	2.304
<input type="checkbox"/>	D	GRB080806896	2008-08-06 21:29:40.824	75.777

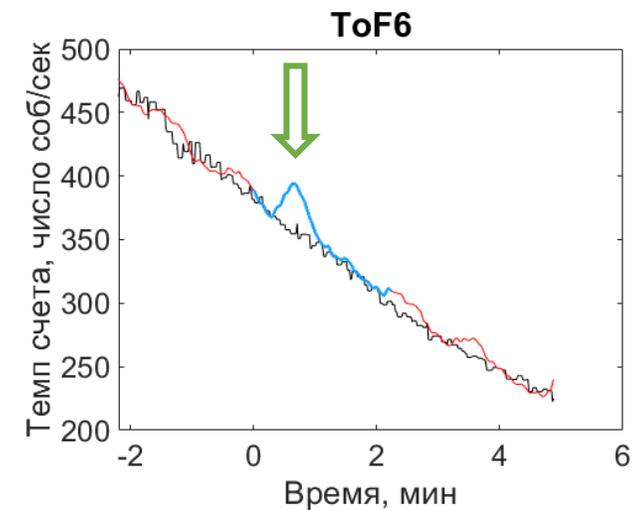
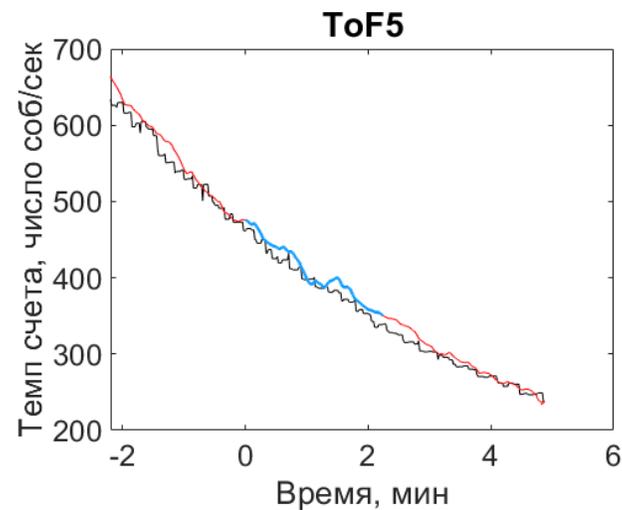
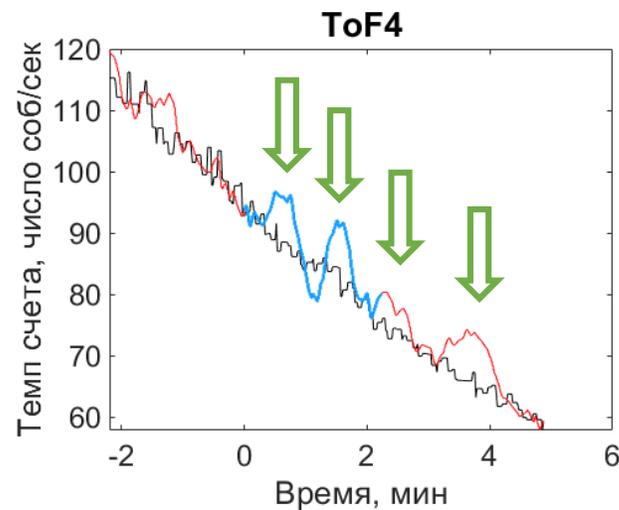
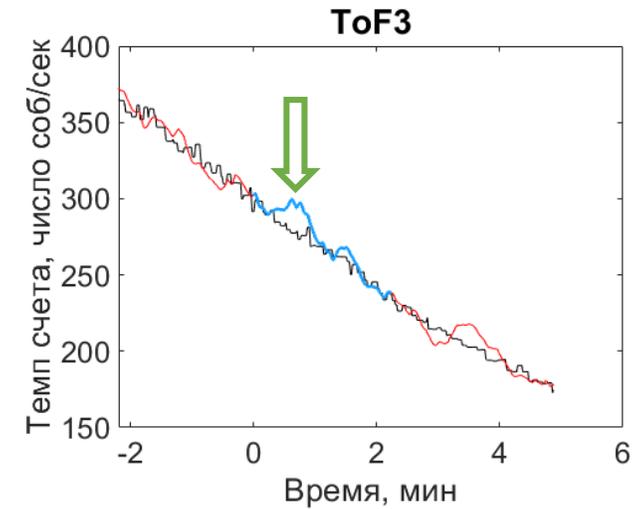
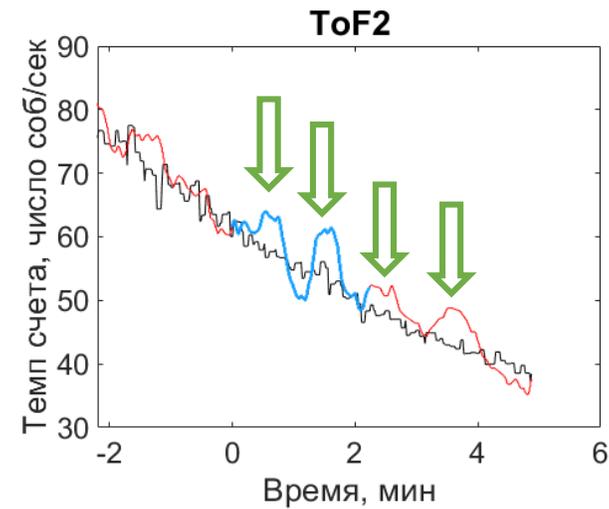
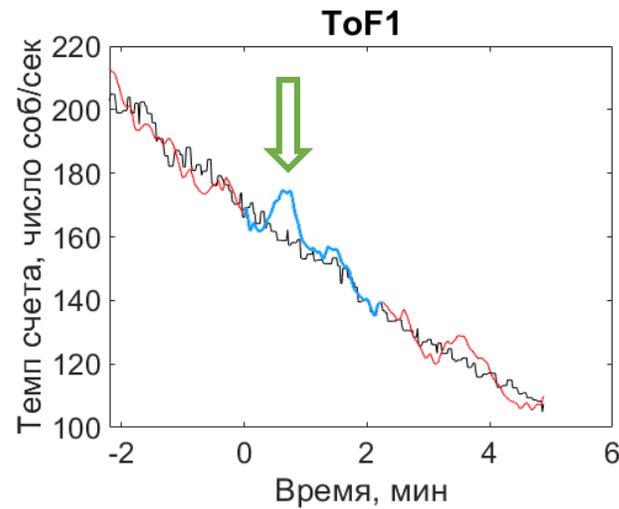
Фрагмент отбора событий, соответствующих γ -всплескам, из каталога Fermi.

Построение фоновых карт темпа счёта прибора PAMELA



Фоновая карта темпа счёта детекторов PAMELA за период времени с 8.03.2009 до 7.04.2009 с нанесенной траекторией спектрометра в диапазоне времени ± 5 минут от регистрации всплеска.

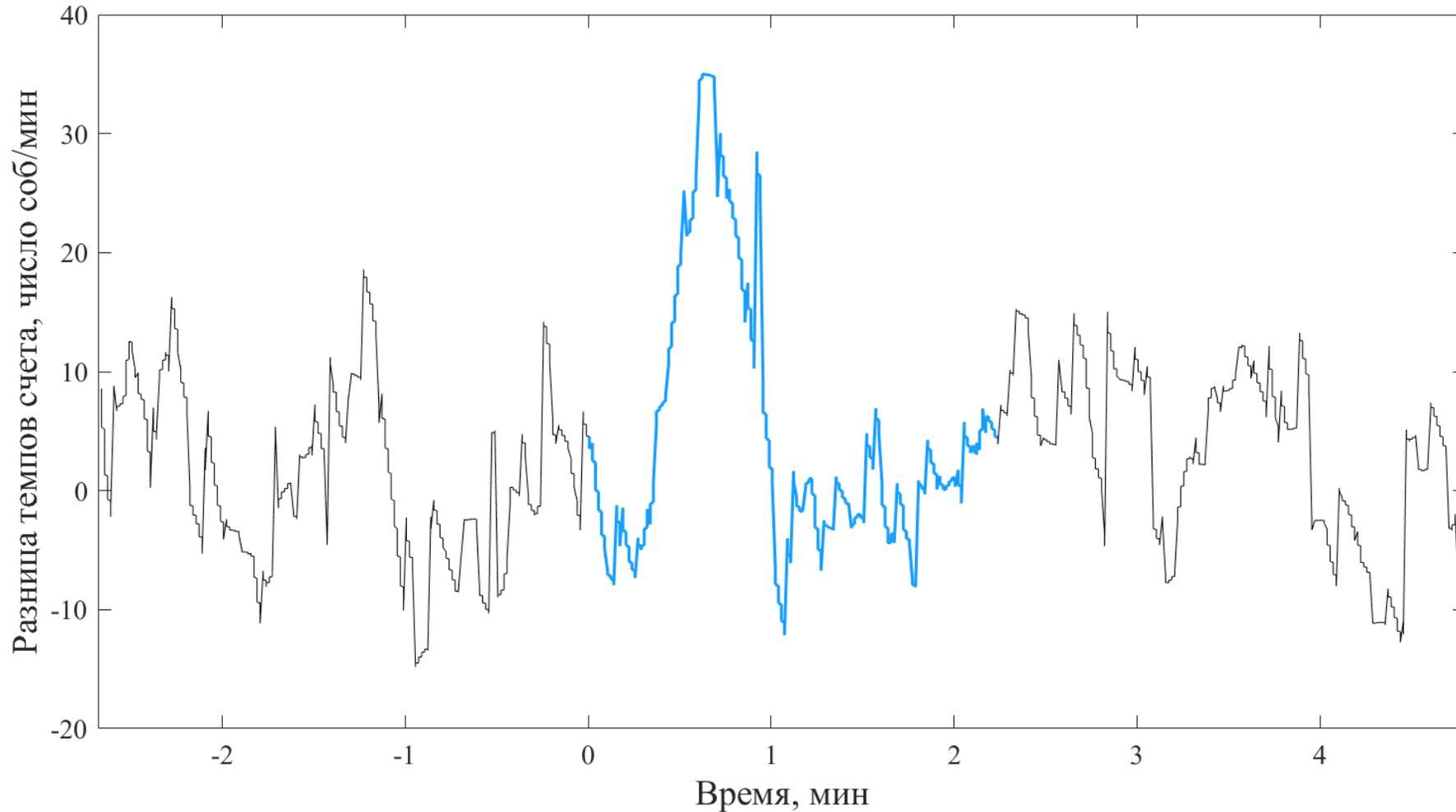
Обнаружение первого события



Временные зависимости темпов счета прибора PAMELA в конфигурациях ToF1-ToF6 в момент регистрации гамма-всплеска GRB090323002 обсерваторией Fermi 23 марта 2009 года.

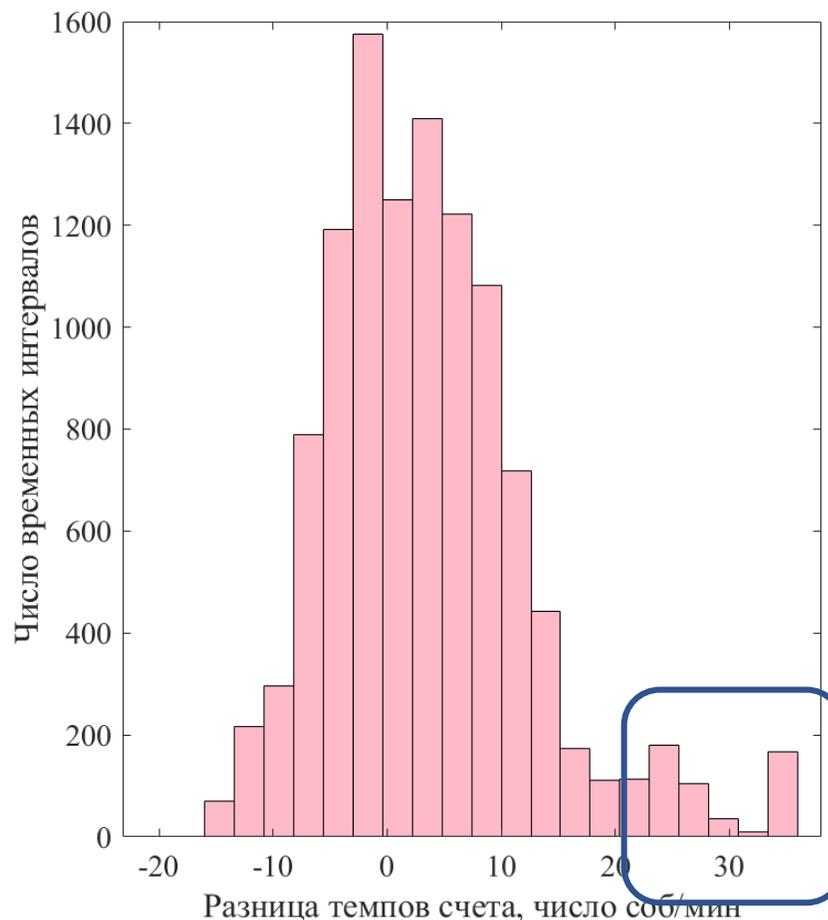
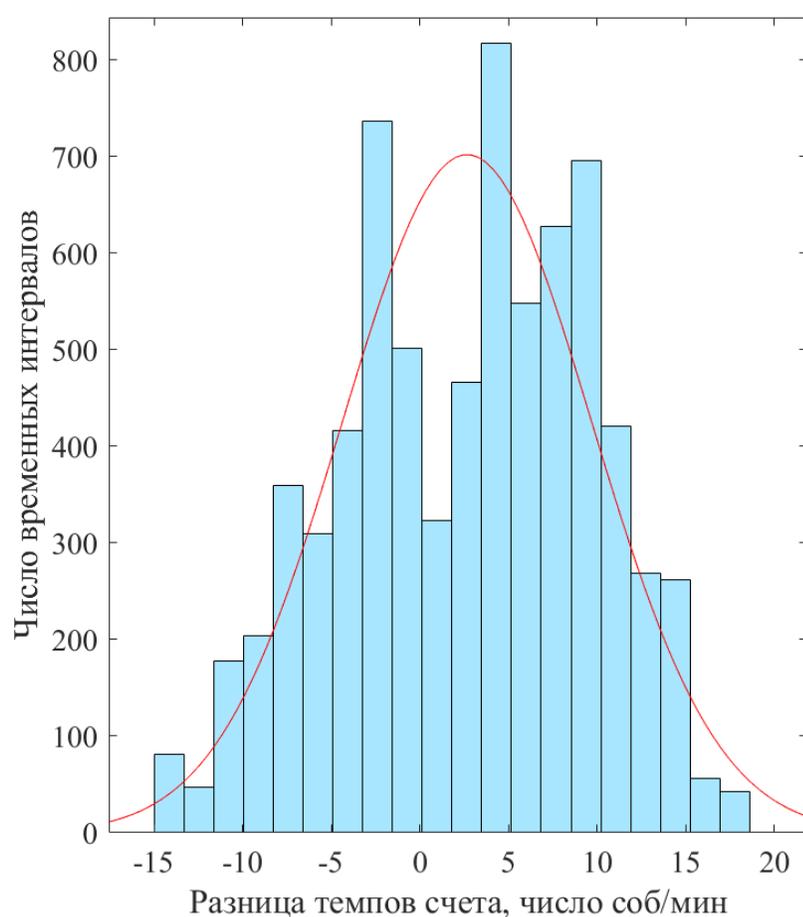
Анализ достоверности события

Для гамма-всплеска GRB090323002 вычислена разница между темпом счета в момент прихода гамма-всплеска в конфигурации ToF6 и фоновым значением темпа счета с усреднением за месяц.



Анализ достоверности события

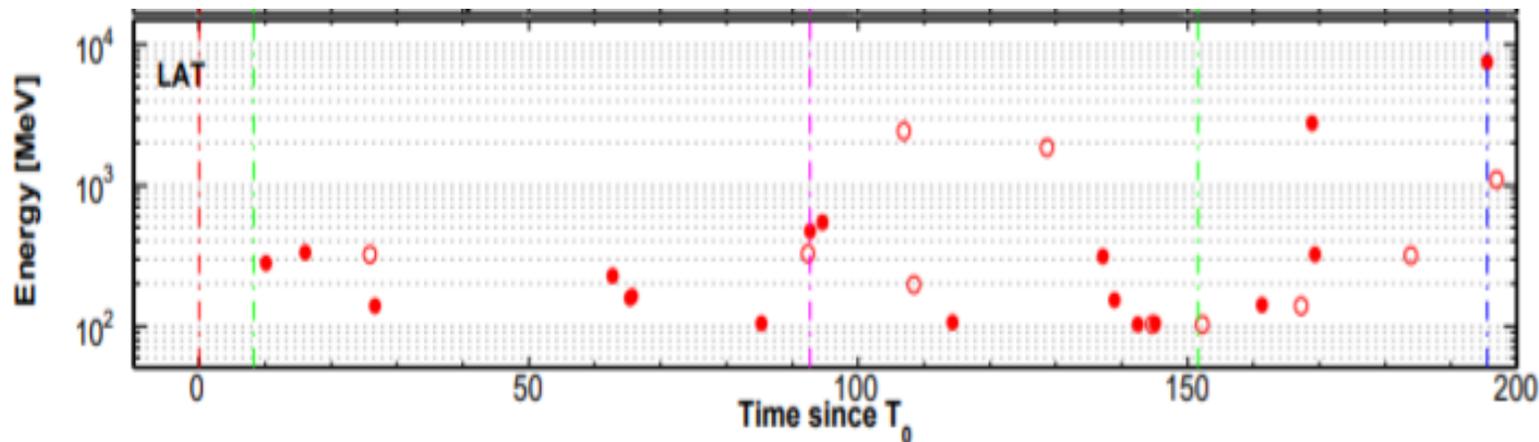
Для анализа достоверности обнаруженного события проведен расчет значимости. Построены распределения для разности темпов счета, сначала без учета длительности гамма-всплеска, по которому вычислено среднеквадратичное отклонение, затем гистограмма с учетом эффекта. Определено значение разницы темпов счета, соответствующее крайнему бину внутри выделенной области. Количество стандартных отклонений для рассматриваемого события ~ 4.5 .



Энергетическое распределение гамма-всплеска GRB090323002

Конфигурации ToF5 соответствуют самые низкие пороговые энергии, и ввиду отсутствия в ней сигнала можно сделать вывод, что высыпания происходят при более высоких энергиях регистрируемых частиц.

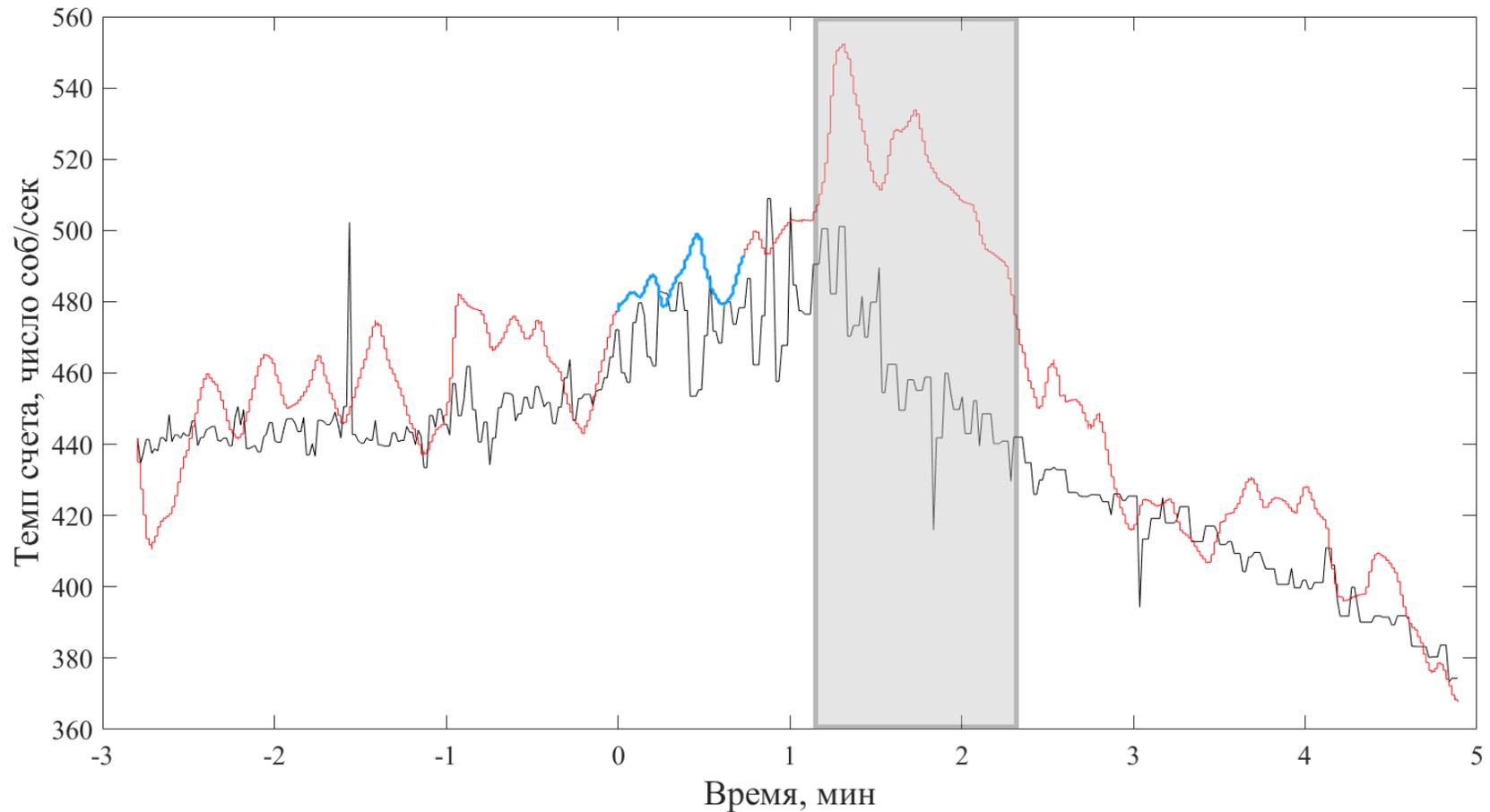
Ниже приведена зависимость средней энергии гамма-всплеска GRB090323002 от времени, измеренная прибором LAT. Длительное время наблюдалось излучение с энергиями, превышающими 100 МэВ.



Средняя энергия гамма-всплеска GRB090323002
от времени для измерений от 100 МэВ.

Гамма-всплеск GRB120526303

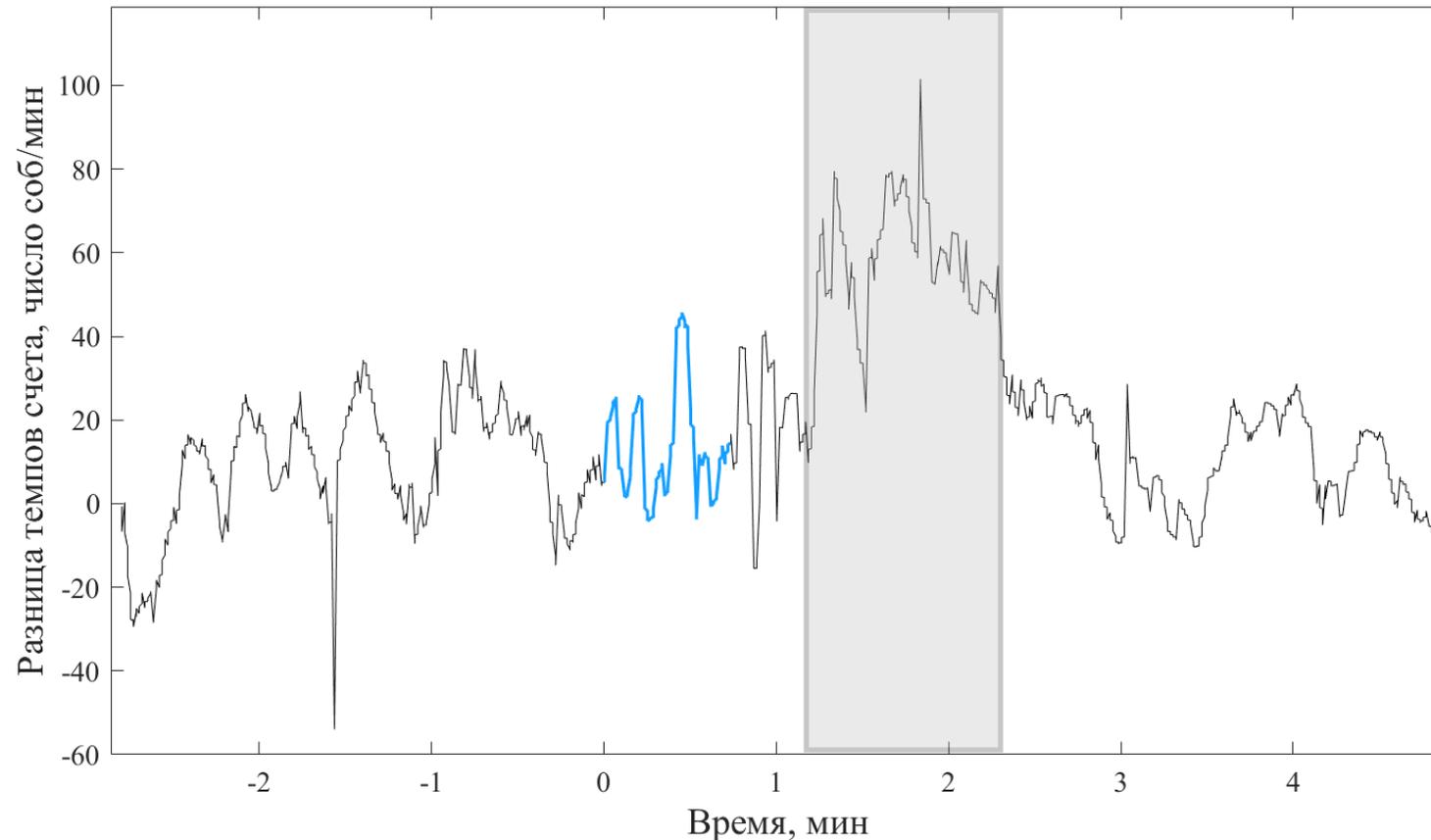
Обнаружен еще один случай с видимым отклонением темпа счета после прихода гамма-всплеска (выделено серой областью). В каталогах Fermi гамма-всплеск носит название *GRB120526303*. Дата регистрации: 26.05.2012 в 07:16:40.770



Временная зависимость темпа счета прибора PAMELA для ToF6 в интервале ± 5 минут от момента регистрации гамма-всплеска GRB120526303 обсерваторией Fermi

Анализ достоверности второго события

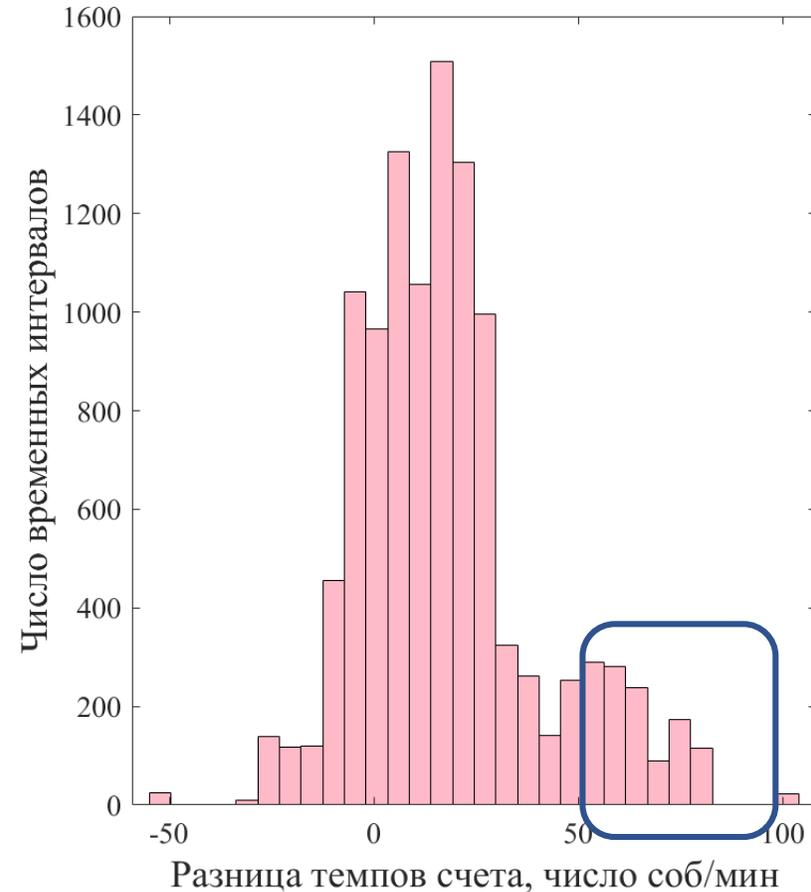
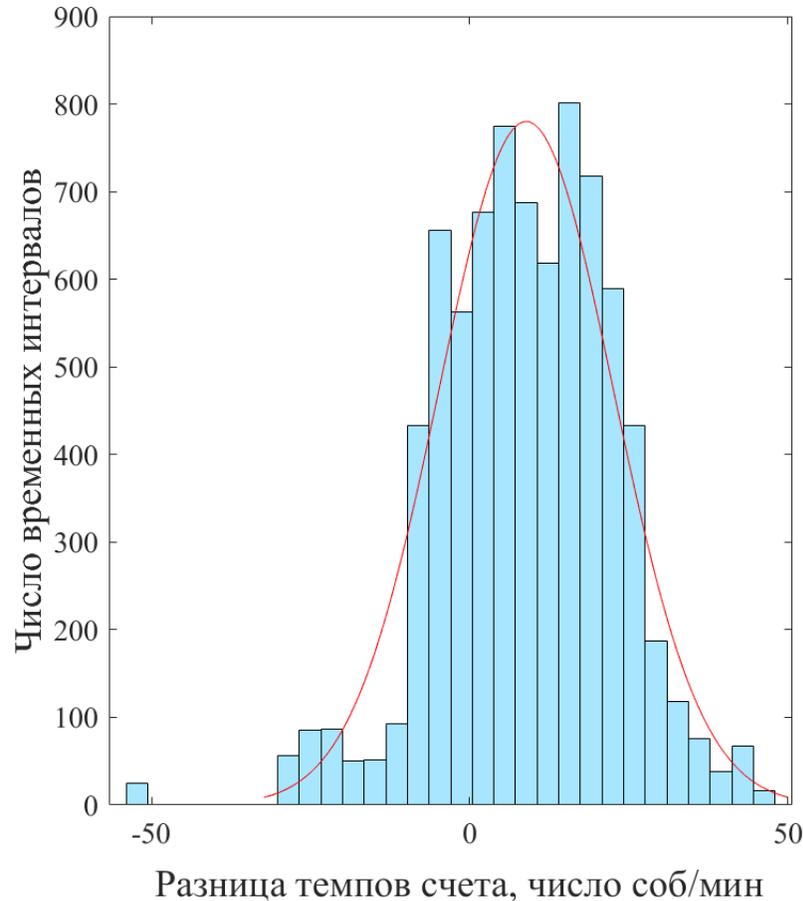
Для гамма-всплеска GRB120526303 проведен аналогичный анализ достоверности события. Вычислена разница между темпом счета в момент прихода гамма-всплеска и фоновым значением, также рассмотрена конфигурация ToF6. Отчетливо виден пик, наблюдаемый в области, выделенной серым цветом.



Разница между измеренным темпом счета в момент прихода ГВ GRB120526303 и фоновым темпом счета, как функция времени.

Анализ достоверности второго события

Ниже слева показано распределение разницы темпов счета без учета отклонения, справа - с учетом. Для крайнего бина внутри выделенной в квадрат области правого распределения количество стандартных отклонений составило ~ 3.6 .



Распределения разницы темпов счета без учета серой области, соответствующей эффекту от гамма-всплеска GRB120526303 (слева) , и с учетом (справа).

Заключение

Обнаружено два события, когда в момент прихода гамма-всплеска возникает значимое отклонение темпа счета от фоновых величин. Осуществлен анализ достоверности обнаруженного эффекта путем вычисления количества стандартных отклонений в распределении разницы темпов счета.

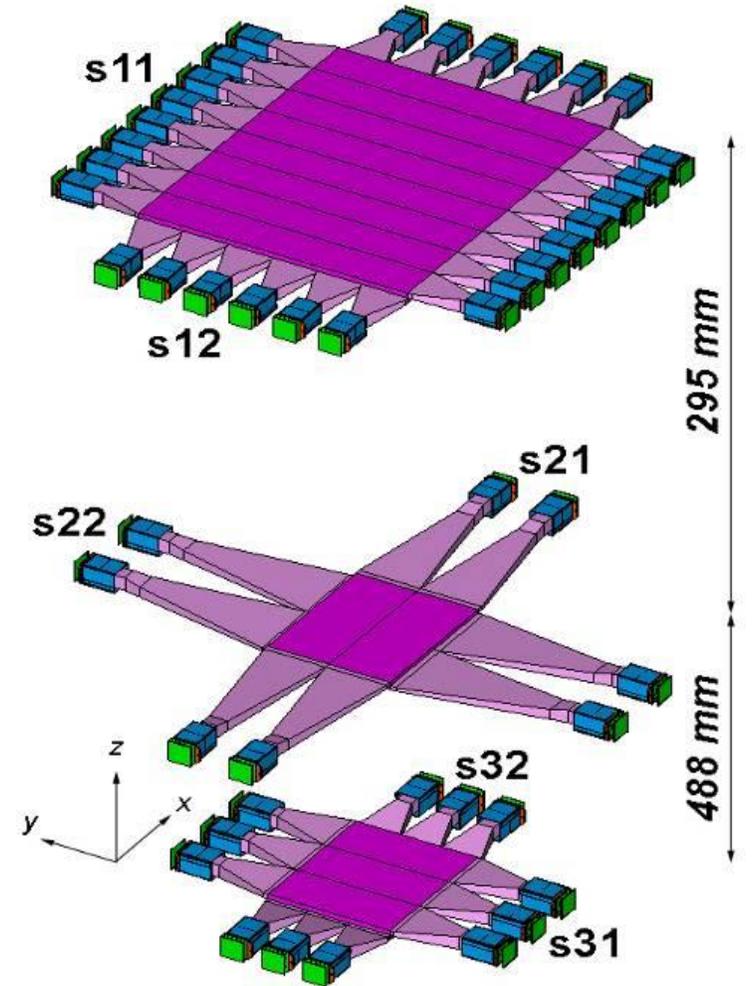
Данные события могут указывать на существование механизма взаимодействия электромагнитного излучения высокой энергии от гамма-всплесков с космическими лучами в околоземном пространстве.

Back up

PAMELA собраны данные, позволяющие выполнить множество задач физики космических лучей, среди них:

- исследование характеристик потоков антивещества в космическом излучении: позитронов и антипротонов;
- исследование солнечной модуляции потоков заряженных частиц;
- регистрация событий в высокоэнергичных солнечных вспышках
- изучение вторичных КЛ в околоземном пространстве (радиационный пояс и частицы альбеда).

ToF1	$= (S11 + S12) * (S21 + S22) * (S31 + S32);$
ToF2	$= (S11 * S12) * (S21 * S22) * (S31 * S32);$
ToF3	$= (S21 + S22) * (S31 + S32);$
ToF4	$= (S21 * S22) * (S31 * S32);$
ToF5	$= S12 * (S21 * S22);$
ToF6	$= (S11 + S12) * (S31 + S32);$



Fermi Gamma-ray Space Telescope

Научные цели эксперимента:

- изучение гамма-источников (блазары, остатки сверхновых, пульсары, неидентифицированные гамма-источники);
- регистрация диффузного излучения галактики;
- поиск гамма-линий при энергиях более 30 ГэВ, которые, возможно, возникают при аннигиляции ВИМПов;

LAT — гамма-телескоп, предназначенный для наблюдений в диапазоне энергий от нескольких десятков МэВ до сотен ГэВ.

GBM — прибор для регистрации гамма-всплесков. Основная цель: расширение энергетического диапазона, в котором наблюдаются всплески, в сторону меньших энергий относительно энергетического диапазона LAT. Вторичная цель: определение местоположения всплесков в режиме реального времени для переориентировки космического аппарата таким образом, чтобы LAT мог наблюдать послесвечение от ярких всплесков.

