

**М.И. Панасюк и др. DKL2101**

**События октября - ноября 2003 г.**

Был представлен предварительный обзор результатов полученных на геостационарных спутниках Экспресс-А2 и А3, а также на низковысотных полярных ИСЗ Коронаас-Ф и Метеор-3М, в период времени октябрь – ноябрь 2003 года

**Зарегистрированы всплески нейтронного излучения**

**Солнца**, а также потоки СКЛ: протонов, ядер, электронов вплоть до релятивистических энергий. **Впервые обнаружена сильная поляризация рентгеновского излучения Солнца с энергией в десятки кэВ на ИСЗ Коронас –Ф в солнечной вспышке 29 октября, что может рассматриваться, как указание на распространение весьма узко направленных ускоренных электронов в вершинах магнитных арок и петель в разреженной атмосфере Солнца.** Петельная структура поля сохранялась и далее в гелиосфере, о чем свидетельствует наблюдения анизотропии потоков ускоренных ионов на ИСЗ Коронас –Ф. Явления в магнитосфере в октябре-ноябре 2003г. были откликом магнитосферы Земли на большое количество выбросов корональной массы, которые принесли большие потоки плазмы, энергичных протонов и ядер, а также сильным и длительно существовавшим ММП

## ПРИЧИНЫ ВОЗРАСТАНИЯ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВБЛИЗИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ 28 ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА

Кужевский Б.М., Нечаев О.Ю., Сигаева Е.А. ■

- Установка ДЯИЗА – Детектор ядерного излучения Земли и атмосферы – работает в НИИЯФ МГУ с 1992 года. В ее состав входят стандартные счетчики нейтронов, заполненные  $^3\text{He}$  под давлением 4 атмосферы, эффективность которых для тепловых нейтронов составляет 0.8. Полная светосила прибора составляет примерно 2000 см<sup>2</sup>. Установка по регистрации тепловых и медленных нейтронов вблизи земной коры, работающая в НИИЯФ МГУ, незадолго до вспышки зарегистрировала стократное по отношению к фону возрастание потока тепловых нейтронов длительностью несколько минут. В работе рассматриваются возможные причины возрастания и анализируется его физическая природа. **По времени запаздывания регистрации нейтронов (25 мин) относительно радиоизлучения 2го типа (10:30), определяется энергия нейтронов - 200МэВ и, так как такие нейтроны доходя до уровня моря превращаются в тепловые, поэтому регистрируются ДЯИЗА, а НМ окруженные 5 см слоем свинца их не могут регистрировать.**

## Энергичные частицы солнечного происхождения

Э.В. Вашенюк, Л.И. Мирошниченко, Ю.В. Балабин DKL2102

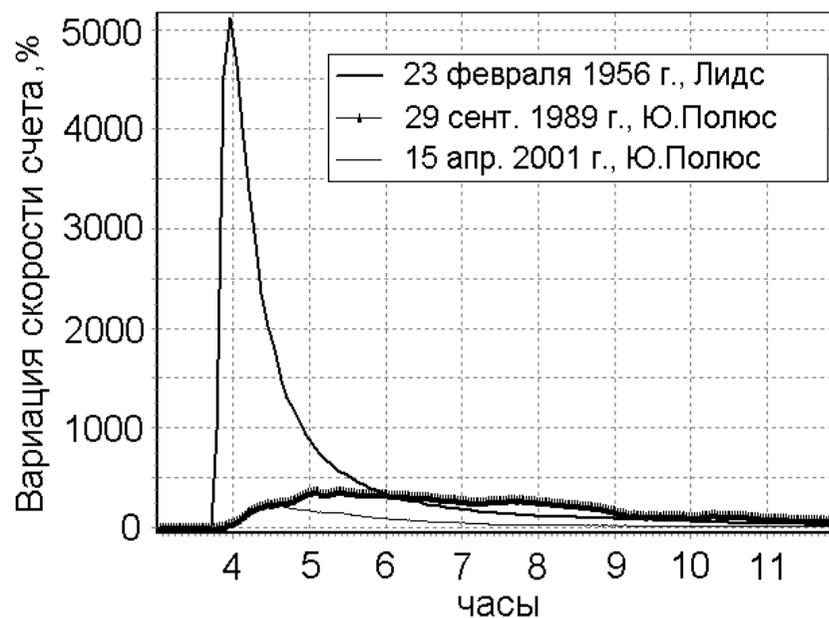
- Проведен анализ данных по энергетическим спектрам на основе методики моделирования откликов нейтронных мониторов мировой сети на анизотропный поток РСП с заданными параметрами и сравнении их с наблюдениями. Важной частью методики являются расчёты траекторий протонов в модельном геомагнитном поле. В каждом из анализируемых событий 14 июля 2000 г., 28 октября и 2 ноября 2003 г. были выявлены две различных популяции РСП – быстрая компонента (БК) и медленная компонента (МК). БК наблюдается в начальной фазе события РСП. Она характеризуется импульсообразным временным профилем, жёстким энергетическим спектром и выраженной анизотропией. Более мягкая компонента МК приходит к Земле позже и начинает преобладать в потоке РСП через 0.25-0.5 часа после начала события. Вероятным источником БК в короне может быть ускорение электрическим полем, возникающим в процессе быстрого магнитного пересоединения. Предполагаемым механизмом генерации для МК может быть стохастическое ускорение плазменной турбулентностью частиц, захваченных в корональных арках, либо ускорение корональной ударной волной.
- **Обсуждение**
- Во всех трёх рассмотренных случаях на ранней стадии события энергетический спектр имеет экспоненциальную форму, что характерно для механизма ускорения электрическим полем, возникающим в нейтральных токовых слоях при магнитном пересоединении. Предполагаемым механизмом генерации для медленной компоненты может быть стохастическое ускорение плазменной турбулентностью

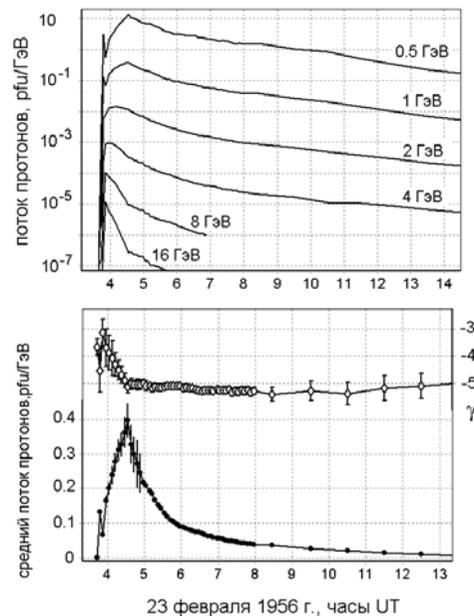


## ПРОТОННОЕ СОБЫТИЕ 23 ФЕВРАЛЯ 1956 Г. ПО ДАННЫМ НМ.

Белов А.В. и др. DKL2108

- В докладе по данным 14 нейтронных мониторов, работавших в 1956 г., создана модель поведения солнечных космических лучей 23 февраля. На рис. 1. представлены самые большие изменения скорости счета нейтронных мониторов во время протонных событий 19, 22 и 23 солнечных циклов.
- Получены изменения характеристик энергетического спектра КЛ и их анизотропии и дифференциальных потоков Рис.2





- Для частиц  $>10$  МэВ (если продлить экстраполяцию) это событие, по-видимому, является не уникальным, а просто одним из самых больших протонных возрастаний. Оценка интегрального потока частиц с энергией  $>100$  МэВ ставит изучаемое событие выше всех последующих, но **наиболее выдающейся особенностью протонного возрастания 23 февраля 1956 г был узкий и чрезвычайно интенсивный пучок ультрарелятивистских частиц шириной 30-40 градусов, пришедший к Земле в начале события.** Однако, этот уникальный пучок частиц наблюдался недолго. **Несколько нейтронных мониторов, попавшие под этот пучок, зарегистрировали возрастание в тысячи процентов.** Ни в одном из следующих 62 наземных возрастаний не наблюдалось даже сравнимых по величине потоков солнечных космических лучей с энергией  $> 1$  ГэВ.



# КОРРЕЛЯЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК ВРЕМЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ СОБЫТИЙ В ЭНЕРГИЧНЫХ ЧАСТИЦАХ НА ФАЗЕ ИХ СПАДА С ПАРАМЕТРАМИ МЕЖПЛАНЕТНОЙ СРЕДЫ

Дайбог Е.И.1, Логачев Ю.И.1, Кейлер С.2 и Кечкемети

- Процесс распространения энергичных солнечных частиц в межпланетном пространстве определяется структурой межпланетного пространства (МП) на пути от источника до точки наблюдения и временной профиль потоков частиц содержит определенную информацию о МП и межпланетном магнитном поле.
- Весьма информативной при этом является форма спада потоков частиц. В данной работе исследуется зависимость скорости экспоненциального спада потоков протонов  $\tau$  от скорости солнечного ветра. Отдельно анализировались участки экспоненциальных спадов, когда скорость солнечного ветра i) увеличивалась, ii) была постоянна, iii) уменьшалась в течении соответствующего интервала времени. Средние значения  $\tau$  для этих трех групп заметно отличаются друг от друга. Получена некоторая "ограничительная" зависимость  $\tau$  от  $V$  ( $\tau$  уменьшается с ростом  $V$ ). Влияние межпланетного магнитного поля на скорость спада проявляется в тенденции уменьшения  $\tau$  с возрастанием напряженности магнитного поля

**ВСПЛЕСКИ ИНТЕНСИВНОСТИ МЮОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ БОЛЕЕ 200 ГЭВ  
ВО ВРЕМЯ СОБЫТИЙ GLE 21-23 ЦИКЛОВ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ**

С.Н. Карпов, Э.В. Вашенюк, В.И. Волченко, З.М. Карпова, Л.И.  
Мирошниченко, В.Б. Петков, П.С. Стриганов, А.Ф. Янин

- Продолжено изучение всплесков интенсивности мюонов на Баксанском подземном сцинтилляционном телескопе (БПСТ) во время GLE. Исследованы 32 события GLE,
- Наблюдается избыток всплесков большой амплитуды, что свидетельствует о наличии дополнительного потока мюонов во время указанных событий. Наиболее значимыми являются мюонные всплески во время четырех GLE: 29 сентября 1989 г., 28 октября 2003 г., 15 июня 1991 г. и 12 октября 1981 г.



## **ВЫДЕЛЕНИЕ АНИЗОТРОПИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ.**

А.В. Белов<sup>1</sup>, Е.А. Ерошенко<sup>1</sup>, Д.В. Иванусь<sup>1</sup>, Е.Г. Клепач<sup>1</sup> Е. Мавромичалаки<sup>2</sup>, Х.

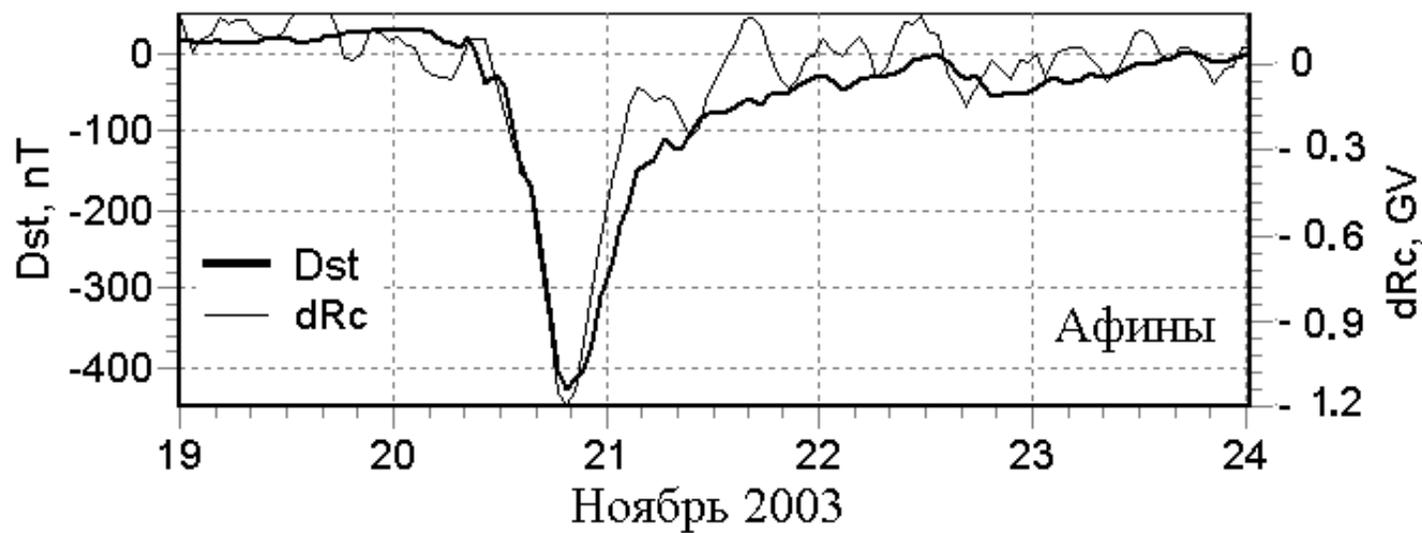
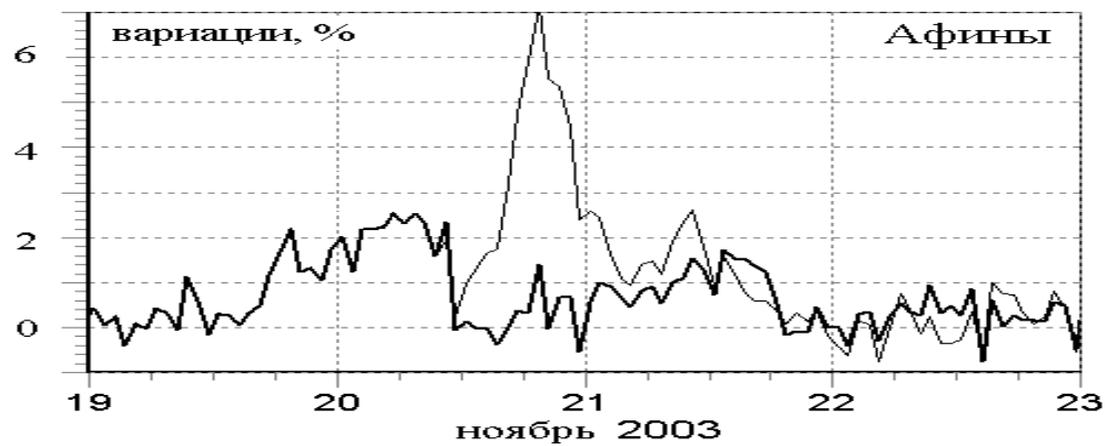
Сарланис<sup>2</sup>, Д. Суватзоглу<sup>2</sup>, В.Г. Янке<sup>1</sup>

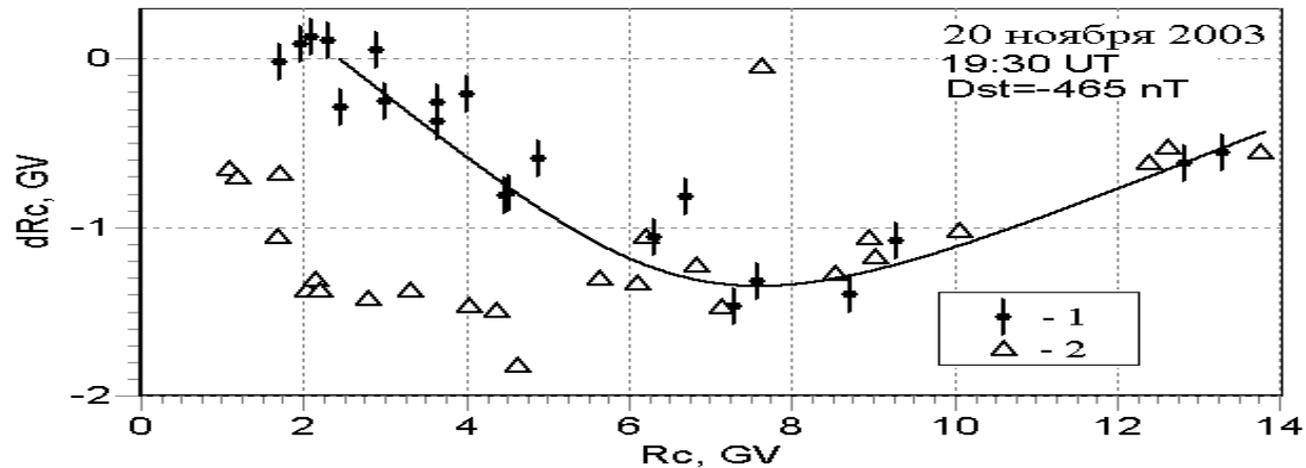
- Исследования анизотропии космических лучей на основе данных мировой сети нейтронных мониторов и мюонных телескопов проводятся, практически, с начала наземных наблюдений. Разработан ряд мощных методов выделения анизотропии космических лучей из данных наземных детекторов, но до сих пор такие исследования проводились только ретроспективно. Сегодня имеется уже достаточное число станций, ведущих мониторинг в реальном времени и представляющих данные в Интернет. Поэтому можно ставить задачу выделения анизотропии космических лучей в реальном времени. В работе обсуждаются возможности решения такой задачи, и приведены первые результаты её практического решения.
- **Методы выделения анизотропии космических лучей.**
- Основным методом выделения вариаций первичных КЛ является метод глобальной съемки [1,2], в котором практически объединены три метода.

- Метод функций связи позволяет связать вариации КЛ на уровне наблюдения, с ожидаемыми вариациями на границе атмосферы.
- Метод траекторных расчетов движения частиц в магнитном поле Земли позволяет перейти к вариациям за пределами магнитосферы.
- Разработаны различные варианты метода глобальной съёмки. Для использования его в реальном времени за основу был взят вариант, который кратко описан в работе. *Baisultanova L., Belov A et al // Proc. 20-th ICRC. Moscow.1987. V. 4. P. 231.*
- [ ].. Исследования анизотропии КЛ, основанные на различных модификациях метода глобальной съёмки, проводятся несколькими независимыми группами [5-7]. Нами [7] такие результаты получены за длительный период, практически полностью охватывающий 20-23 циклы солнечной активности за исключением одного 4х-летнего пробела.
- **Выводы и дальнейшие перспективы.**
- Пробные расчеты показывают, что уже тех нейтронных мониторов, которые сегодня представляют свои данные в Интернет в реальном времени, достаточно, чтобы с приемлемой точностью определять основные характеристики вариаций КЛ, в частности, величину и направление их анизотропии. Ожидаемое добавление новых данных реального времени еще более улучшит качество результатов.

**НЕОБЫЧНО БОЛЬШОЙ МАГНИТОСФЕРНЫЙ ЭФФЕКТ В КОСМИЧЕСКИХ  
ЛУЧАХ 20 НОЯБРЯ 2003 Г.  
Белов А.В. и др. DKL2309**

- По данным мировой сети нейтронных мониторов методом глобальной съемки выделены вариации магнитосферного происхождения 20 ноября 2003. На их основе получено планетарное распределение изменений жесткостей геомагнитного обрезания во время магнитной бури.
- **Возмущения магнитного поля Земли во время магнитных бурь могут приводить к существенному изменению траекторий заряженных частиц в магнитосфере: 1) изменяются эффективные пороги обрезания и 2) изменяются эффективные асимптотические направления прихода частиц и, следовательно, приемные коэффициенты для различных станций. Для солнечных космических лучей одинаково важны оба пункта, для галактических космических лучей доминирует эффект, связанный с изменением жесткостей геомагнитного обрезания ( $R_c$ ). Есть несколько причин особого интереса к магнитосферным вариациям. Во-первых, эти эффекты интересны с физической точки зрения – с точки зрения образования, развития и распада магнитосферных токовых систем.**





- На рис.3 приведена широтная зависимость изменений  $R_c$  в максимуме развития магнитной бури 19.30 UT. Цифрой 1 отмечены экспериментальные данные, а цифрой 2 – вычисленные на основе модели **Основные выводы.** 1) Во время главной фазы магнитной бури 20 ноября 2003 года наблюдался исключительно большой магнитосферный эффект. Особенность данного события в том, что максимальный магнитосферный эффект наблюдается не на среднеширотных (3-4 ГВ), как обычно, а на низкоширотных станциях (7-8 ГВ) космических лучей. 2) Проведенный расчет значений изменений  $R_c$  для последней "буревой" модели магнитосферного магнитного поля [12] показал, что для жесткостей > 6 ГВ наблюдается очень хорошее согласие между экспериментальными и расчетными данными. Непонятно для меня почему максимальный эффект должен наблюдаться на 3-4 ГВ, а не на 15ГВ. Может быть при взаимодействии ударной волны с магнитосферой Земли экваториальная часть магнитосферы относительно мало изменяется?

**Вариации анизотропии КЛ при спорадических явлениях в гелиосфере в октябре-ноябре 2003 г.**

**В. Дворников, В. Сдобнов и др.**

- По данным наземных наблюдений интенсивности КЛ на мировой сети станций методом спектрографической глобальной съемки исследованы вариации анизотропии КЛ в период с 1 октября по 30 ноября 2003г.
- Показано, что в отдельные моменты исследуемого периода наблюдается двунаправленная анизотропия большой амплитуды в угловом распределении частиц, что свидетельствует, во-первых, о выносе петлеобразных структур ММП корональными выбросами вещества, и во-вторых – высокой степени регулярности ММП в этих структурах. За исследуемый период наблюдались около 35 случаев КВМ. Максимальная амплитуда двунаправленной анизотропии (для частиц с жесткостью 4ГВ) наблюдалась 29 октября (60%) и (40%) 20 ноября.

# ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОЭНЕРГИЧНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ В СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШКАХ И ВОЗМОЖНОСТИ СПУТНИКОВОГО ПРОЕКТА "КОРОНАС-ФОТОН" ПО ИХ ИССЛЕДОВАНИЮ

Ю.Д.Котов *DKL*

- Статья интересна в общеобразовательном смысле. Говорится в нем о значительном вкладе солнечного спутника *Yohkoh*, работавшего на орбите десятилетие 1991-2001, солнечным данным *SOHO*, запущенного в 1995г., и спутника *TRACE*, регистрирующего изображение Солнца в ультрафиолете благодаря которым, было получено огромное количества наблюдательного материала, относящегося к проблемам структуры и динамики магнитных структур, процессам нагрева и распространения горячей плазмы в этих структурах. Излучения, в которых эти наблюдения сделаны - в ультрафиолете, мягком и жестком рентгене – отражают поведения нагретого вещества и нетепловых электронов. В частности, оказалось, что связь между вспышкой и СМЕ оказалась знательно сложнее, чем представлялось до того, так что теперь трудно сказать какой из этих процессов является первичным, а какой вторичным (1). Обнаружено, что эмиссионные линии мягкого рентгена имеют нетепловое уширение, связанное, вероятно, с турбулентными процессами энерговыделения; исследованы динамика аркад; «взаимодействие» арок друг с другом. Изучена детальная совокупная морфология субрелятивистских электронов в арках, в частности, показано различие яркости рентгеновского свечения оснований данной арки; обнаружено движение оснований арки в процессе развития вспышки.

- В начале 90-х годов по наблюдениям обсерваторией Compton, Гамма-1, Гранат был обнаружен новый класс вспышек с очень продолжительным высокоэнергичным гамма-излучением. Высокоэнергичное излучение, обусловленное распадом пионов, продолжалось от десятков минут до часов. Сильным аргументом в пользу протонного (ядерного) происхождения излучения служит регистрация в начальной фазе этих вспышек как ядерного гамма-излучения в линиях, так и нейтронов наземными установка-ми. Временной анализ излучений указанных и нескольких подобных вспышек, выполненный многими авторами, достоверно показывает существование аномально длительного высокоэнергичного излучения. В качестве примера в таблице 1 приведены результаты сопоставления длительности излучения, вызываемых взаимодействием ускоренных до различных энергий протонов (ядер) для трех вспышек (11).

**Таблица 1. Временное поведение гамма-излучения и нейтронов с  $E > 200 \text{ МэВ}$**

Константа(сек) экспоненциального ослабления визлучения вдиапазоне	3 июня1982	24 мая1990	4 июня1991
$\gamma$ -линия 2.2МэВ	$160 \pm 30$ [3]	$47 \pm 04$ $190 \pm 30$	$420 \pm 50$ $1600 \pm 400$
$\Gamma$ -линии возбужденных ядер среды 4 - 7МэВ	$70 \pm 5$	$28 \pm 04$ $230 \pm 30$	$300 \pm 100$
$\gamma$ -излучение от распада $\pi^0$ –мезонов $\tau_1$ (быстрый компонент)	$68 \pm 8$	$30 \pm 5$	$720 \pm 360$
$\gamma$ -излучение от распада $\pi^0$ –мезонов $\tau_2$ (медлен-ный компонент)	$700 \pm 180$	$> 1000$	$3000 \pm 200$
длительность регистрации нейтронов с энергией $> 200 \text{ МэВ}$	$> 300$	1130	4000

- Из временного анализа следует, что имеется два компонента высокоэнергичных протонов (ядер), имеющих разные энергии и существующих различное время существования: 1) протоны с энергией 10-500МэВ, ответственные за генерацию ядерных гамма - линий и нейтронов умеренных энергий, испытывающих захват в атмосфере Солнца с образованием линии 2,2МэВ и гамма-квантов с энергией вблизи 70МэВ; 2) протоны с энергией выше 500МэВ, образующие высокоэнергичное излучение за счет распада релятивистских  $\pi^0$ -мезонов и тормозного излучения ультрарелятивистских вторичных позитронов и электронов.



