

# 33-я Всероссийская конференция по космическим лучам

Monday, 11 August 2014 - Friday, 15 August 2014

Дубна



## Book of Abstracts



# Contents

Множественность на нейтронном мониторе: аномальный барометрический коэффициент 2 . . . . .	1
Моделирование сцинтилляционного эксперимента Тунка-133 3 . . . . .	1
Краткосрочный прогноз землетрясений регистрацией потоков нейтронов и заряженных частиц низких энергий 4 . . . . .	2
Событие GLE 6 января 2014 5 . . . . .	2
Тонкая структура и различия во множественностях малых и больших значений М 6 . . . . .	3
Модернизация нейтронного монитора в Апатитах 7 . . . . .	3
Влияние внешних условий на множественности с малым М 8 . . . . .	4
Гамма-излучение сверхвысоких энергий Кластера Галактик Персея и его возможная природа 9 . . . . .	4
Остатки сверхновых оболочечного типа как источники космических лучей в нашей Галактике 10 . . . . .	5
Долговременные исследования Области Cygnus X при сверхвысоких энергиях 11 . . . . .	5
Изучение внегалактического фонового излучения в наблюдениях далёких Активных Галактических Ядер при сверхвысоких энергиях 12 . . . . .	5
Наблюдения Активных Ядер Галактик с красными смещениями $z = 0.0179 - 1.375$ на зеркальном черенковском телескопе ШАЛОН 13 . . . . .	6
Изучение двухчастичных угловых корреляций во взаимодействии частиц космического излучения с мишенью на высоте 3340 метров над уровнем моря 14 . . . . .	6
ВАРИАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ РАЗЛИЧНЫХ ИЗОБАРИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ АТМОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ 15 . . . . .	7
Возрастания приземного гамма-фона во время осадков: где и как это происходит 16 . . . . .	7
Возможные наземные возрастания солнечных космических лучей в 2012 г. 17 . . . . .	8
ОСОБЕННОСТИ МОДУЛЯЦИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В ОКТЯБРЕ –НОЯБРЕ 2003 Г 18 . . . . .	8
Годовая вариация в космических лучах в 24-ом цикле солнечной активности 19 . . . . .	9

Влияние космических лучей на изотопный состав поверхности Марса. 20 . . . . .	9
Физика ускорения релятивистских протонов в солнечных вспышках 21 . . . . .	10
Космические лучи из остатков сверхновых и производимое ими излучение 22 . . . . .	11
Переоценка энергии ШАЛ на Якутской установке методом калориметрирования 23 . . . . .	11
Положение источника ускорения космических лучей во время солнечных вспышек 24 . . . . .	11
Спектры и флейворное отношение атмосферных нейтрино высоких энергий: расчет и измерения. 25 . . . . .	12
”Установка “Ковер-3” для изучения области излома в спектре ПКИ.” 26 . . . . .	13
Определение глубины максимума каскадной кривой из мюонной компоненты на Якутской установке ШАЛ 27 . . . . .	14
Массовый состав космических лучей с энергией $E \geq 10^{17}$ эВ по данным наземных детекторов Якутской установки ШАЛ 28 . . . . .	14
ХИМСОСТАВ ПКЛ В ОБЛАСТИ ИЗЛОМА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА ПРИ $E_0 =$ $3 \cdot 10^{15} - 10^{17}$ эВ ПО ДАННЫМ ЭКСПЕРИМЕНТА “ПАМИР” 31 . . . . .	14
Корреляция радиосигнала на частоте 32 МГц с характеристиками широких атмосферных ливней в области энергий $10^{16} - 10^{19}$ эВ по данным измерений на Якутской установке 32 . . . . .	15
Изотопы H, He, Li и Be в космическом эксперименте PAMELA из полетных данных 2006-2008 33 . . . . .	16
Поиск солнечных нейтронов с энергией меньше 100 МэВ в эксперименте PAMELA в вспышках 2006-2014 34 . . . . .	16
Пространственно - временная структура диска ШАЛ с энергией выше 1019 эВ 35 . . . . .	17
Модель роста водяных капель 36 . . . . .	17
Космогенные радионуклиды в хондритах Chelyabinsk и Kosice и особенности 23 и 24 солнечных циклов 37 . . . . .	18
Измерение спектров частиц высоких энергий в космических лучах в эксперименте ПАМЕЛА. 38 . . . . .	19
Lateral distributions of signals in air extensive showers and energy estimates 39 . . . . .	19
О массовом составе при ультравысоких энергиях по открытым данным ОЖЕ коллаборации (статистический подход с использованием функции копула) 40 . . . . .	19
Статус эксперимента МОНИКА по исследованию ионного состава солнечных космических лучей 41 . . . . .	20
Экспериментальные указания на аномальный характер вклада в КЛ от близкого одиночного источника. 42 . . . . .	21

Физические характеристики гамма-телескопа ГАММА-400. Угловое разрешение, разделение электронов и протонов. 43 . . . . .	22
Четырёхканальная установка Нейтрон-БНО 44 . . . . .	22
Вариации нейтронного потока во время гроз 45 . . . . .	23
Наблюдение космических лучей широкоугольным черенковским телескопом, работающим на совпадение с сцинтиляционными детекторами ЯКУШАЛ 46 . . . . .	23
Анализ распределения по прямым восхождениям космических лучей с энергией выше $10^{18}$ эВ по наблюдениям в Якутске 47 . . . . .	23
Широкоугольный черенковский телескоп и программа модернизации черенковских детекторов Якутской установки ШАЛ 48 . . . . .	24
Происхождение космических лучей с энергиями от $10^6$ до $10^{21}$ эВ 50 . . . . .	24
Характерное электрическое состояние грозовой атмосферы из данных по вариациям космических лучей 51 . . . . .	24
Search Dark Matter on Data Yakutsk EAS Array 53 . . . . .	25
Определение спектров внегалактических источников космических лучей сверхвысоких энергий 54 . . . . .	26
Длиннопробежная компонента космических лучей по данным экспериментов с рентгеноэмульсионными камерами на Памире и Тянь-Шане 55 . . . . .	26
Ионы 4He, C, O, Fe в диапазоне энергий 0.04-1 МэВ/нуклон в быстром и медленном солнечном ветре на 1 а.е. в минимуме активности 23 солнечного цикла. 56 . . . . .	27
События с энергичными солнечными частицами в 21-24 циклах солнечной активности 57 . . . . .	27
ПОЛЯРИЗАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ПОСЛЕСВЕЧЕНИЙ ГАММА –ВСПЛЕСКОВ В МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С НАРУШЕННОЙ ЛОРЕНЦ –ИНВАРИАНТНОСТЬЮ. 58 . . . . .	28
Наблюдения долгого распределения солнечных космических лучей в событиях 2012 года 59 . . . . .	28
Анализ направлений прихода космических лучей сверхвысоких энергий 60 . . . . .	29
Поиск темной материи по данным Якутской установки 61 . . . . .	29
Регистрация нейтронов во время грозы с разрешением 10 мкс в Якутске 62 . . . . .	30
Влияние спорадических проявлений солнечной активности на динамику атмосферного давления в высокогорных условиях 63 . . . . .	30
Колено в спектре ПКИ и близкий источник (эксперимент) 64 . . . . .	31
Дайбог Е.И., Кечкемети К., Лазутин Л.Л., Логачев Ю.И., Сурова Г.М. Релятивистские электроны в хвосте магнитосферы Земли в минимумах солнечной активности 65 . . . . .	31

Изотопные следы гамма- и протонных событий и аномальный сигнал в радиоуглероде в 775 г.н.э. 66 . . . . .	32
О возможности измерения коэффициента питч-углового рассеяния вблизи ~90°. 67	32
Роль среднего электрического поля при ускорении частиц ударными волнами. 68	32
Аппаратурная реализация триггера 1-го уровня эксперимента НУКЛОН 69 . . . . .	33
Новая модель для исследования космических лучей в атмосфере Земли 70 . . . . .	33
Детальное исследование компонент в каскадах вторичных космических лучей 71 .	34
Численная модель гамма-спектрометра: сравнение экспериментальных данных с результатами моделирования 72 . . . . .	34
Исследование нейтронной компоненты с помощью новой численной модели и верификация результатов моделирования по данным нейтронного монитора г. Апатиты 73 .	34
Измерение выхода нейтронов, генерированных мюонами космических лучей в железе, с помощью детектора LVD 74 . . . . .	35
Моделирование эксперимента по изучению спектра и состава ПКИ на установке "Ковер-3" 75 . . . . .	35
Определение времени ускорения протонов до субрелятивистских энергий в процессе развития солнечной вспышки. 76 . . . . .	36
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГАММА-ТЕЛЕСКОПА, «ГАММА-400», В СРЕДЕ «GEANT4» С УЧЕТОМ ИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В РЕАЛЬНЫХ ЧЕРТЕЖАХ 77 . . . . .	36
Сравнение спектров кратностей нейтронных событий, регистрируемые нейтронными супермониторами НМ-64 в стволах ШАЛ на высотах 850 м и 3340 м н.у. моря 78	37
Эксперимент ГАММА-400: состояние и перспективы 79 . . . . .	38
Поведение плотности космических лучей в начале Форбуш-эффектов 80 . . . . .	38
СПЕКТРЫ ВАРИАЦИЙ И АНИЗОТРОПИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В ПЕРИОД GLE 11 ИЮНЯ 1991 г. 81 . . . . .	38
ПОИСК ИСТОЧНИКОВ ПЕРВИЧНОГО КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ЭНЕРГИЯХ $5 \cdot 10^{13}$ – $5 \cdot 10^{14}$ ЭВ ПО ДАННЫМ ТЯНЬ-ШАНЬСКОЙ УСТАНОВКИ КЛАРА 82	39
О возможных причинах нарушения корреляционных связей между состоянием облачности и потоками галактических космических лучей 83 . . . . .	39
О возможности наблюдения резонанса Глэшоу в нейтринных телескопах при энергиях много меньших 6.3 ПэВ 84 . . . . .	40
ALEGRO –черенковская гамма-обсерватория нового поколения 85 . . . . .	40
Монте-Карло моделирование космического детектора ТУС для исследования космических лучей предельно высоких энергий 86 . . . . .	41

Области повышенного потока космических лучей по данным установок ФИАН и МГУ 87 . . . . .	41
Моделирование вариаций плотности галактических космических лучей в магнитных облаках 88 . . . . .	42
About the shape of the energy spectra of solar cosmic rays at high energies and their applications during the interplanetary operations 89 . . . . .	43
К вопросу о длительности солнечного цикла Зюсса 90 . . . . .	43
Влияние форбуш-понижений галактических космических лучей на развитие антициклонической активности в умеренных широтах 91 . . . . .	43
Комплексное исследование энергичных процессов в грозовых облаках 92 . . . . .	44
Миграция северного магнитного полюса Земли, возрастание концентрации CO <sub>2</sub> и изменение климата в двадцатом веке 93 . . . . .	45
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР ЖЕЛЕЗА СКЛ НА ОРБИТЕ МКС В 2002-2004 гг. 94 . . . . .	45
Спектр кратностей тепловых нейтронов в ШАЛ по данным установки ПРИЗМА-32 95 . . . . .	46
ФПР адронов и электронов в ШАЛ на различных высотах 96 . . . . .	46
СПЕКТР ШАЛ ПО ЧИСЛУ ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ ПО ДАННЫМ УСТАНОВКИ PRISMA-YVJ 97 . . . . .	47
Вариации космических лучей во время гроз и новые геофизические эффекты 98 . . . . .	47
Интерпретация данных Voyager 1 о межзвездном спектре космических лучей малых энергий в модели с галактическим ветром. 99 . . . . .	48
11-ЛЕТНИЕ ПЛАНЕТНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ 100 . . . . .	49
О форме энергетических спектров солнечных космических лучей при больших энергиях и их следствия при описаний радиационных условия в межпланетном пространстве. 101 . . . . .	50
Изменения жесткости обрезания космических лучей в период геомагнитной бури в сентябре 2005 г. 102 . . . . .	51
Метод глобальной съемки в режиме реального времени и прогноз космической погоды. 103 . . . . .	51
Модификация базовой модели гелиосферной модуляции космических лучей с учетом генерации магнитной турбулентности в солнечном ветре 104 . . . . .	52
ФОКУСИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПАРКЕРА 105 . . . . .	52
Возможности сцинтилляционного эксперимента Тунка-133 в изучении массового состава первичных космических лучей 107 . . . . .	53
Поиск анизотропии позитронов и электронов в эксперименте ПАМЕЛА 108 . . . . .	53

«Эксперимент по изучению энергетического спектра и массового состава ПКЛ в области $10^{18}$ - $10^{20}$ эВ с помощью аэростатной установки в Антарктиде» (проект) 109 . . . . .	54
Исследование чувствительности к химическому составу ПКЛ по данным установки СФЕРА-2 110 . . . . .	54
Вариации потока космических лучей и их связь с глобальными значениями температуры тропосферы и стратосферы Земли на протяжении 23 и 24 солнечных циклов 111	54
Детектор космических лучей предельно высоких энергий «КЛПВЭ» на борту МКС 112 . . . . .	55
Анизотропия космических лучей вокруг 1 ЭэВ по публичным данным эксперимента Auger 113 . . . . .	56
Исследование энергетических характеристик групп мюонов в наклонных ШАЛ 114	56
Экспериментальный комплекс НЕВОД: сегодня и завтра 115 . . . . .	57
О поведении интенсивности ГКЛ в фазе максимума солнечного цикла и об особенностях СЦ 24 116 . . . . .	57
Описание интенсивности ГКЛ в трёх последовательных минимумах солнечной активности 117 . . . . .	58
Об основных причинах и механизмах образования долговременных вариаций интенсивности галактических космических лучей 118 . . . . .	58
К вопросу о причинах анизотропии галактических космических лучей 119 . . . . .	59
О спектре долгопериодных вариаций космических лучей 120 . . . . .	59
Регистрация Ве-7 на орбитах ИСЗ «Космос» в период 24-го цикла солнечной активности 121 . . . . .	59
Мюонный детектор проекта Tunka-HiSCORE 122 . . . . .	60
Исследование отклика мюонного годоскопа УРГАН на корональные выбросы масс 123 . . . . .	61
Временные и энергетические характеристики всплесков высокоэнергичных электронов в магнитосфере Земли, связанные с геофизическими процессами 124 . . . . .	61
Данные МГ УРАГАН в реальном времени 125 . . . . .	62
Восстановление параметров высокоэнергичных каскадов в ЧВД НЕВОД 126 . . . . .	63
Исследования потока альбедных мюонов на экспериментальном комплексе НЕВОД-ДЕКОР 127 . . . . .	63
Исследование временных изменений амплитудных спектров форбуш-понижений для различных типов гелиосферных возмущений 128 . . . . .	64
Измерение спектра локальной плотности заряженных частиц на установке СКТ 129	65



Координатно-трековая установка на дрейфовых камерах для исследования космических лучей сверхвысоких энергий 130 . . . . .	65
Учет температурного разреза атмосферы в данных мюонного годоскопа УРАГАН с использованием данных ЦАО, GDAS и информации "АЛИСА-СК": 2007-2014 гг. 131 . . . . .	66
Исследование зависимости отклика Черенковского детектора НЕВОД от степени очистки воды 132 . . . . .	66
Статус эксперимента НЕВОД-ШАЛ 133 . . . . .	67
Изменения относительной анизотропии потока мюонов во время ФП по данным МГ УРАГАН 134 . . . . .	67
ПРИМЕНЕНИЕ МЮОННОГО ГОДОСКОПА УРАГАН ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ДЕТЕКТОРОВ ЗАРАЖЕННЫХ ЧАСТИЦ 135 . . . . .	68
Галактические ПэВатроны: моделирование новых источников космических лучей. 136 . . . . .	68
Рекуррентные и спорадические Форбуш-эффекты в 2007 г. 137 . . . . .	69
Спектры обильных ядер в источниках по данным эксперимента АТЭС 138 . . . . .	70
База данных мировой сети мюонных телескопов с часовым временным разрешением и обновлением в реальном времени. 139 . . . . .	70
Свойства потока КЛ, пересекающих границу магнитное облако –солнечный ветер. 140 . . . . .	71
Теория Форбуш-понижения и предшествующих эффектов в космических лучах 141	71
Инжекция солнечных энергичных частиц в межпланетное пространство. 142 . . .	72
Развитие базы данных станций космических лучей ИСЗФ СО РАН 143 . . . . .	72
Влияние области за ударным фронтом на спектр солнечных космических лучей. 144	73
Спектр энерговывделений в установке ПРИЗМА-32 145 . . . . .	73
Долговременные измерения потоков космических лучей в земной атмосфере 146 .	73
Годовая вариация в космических лучах, в межпланетном и солнечном магнитном поле 147 . . . . .	74
Оценка величины дрейфовых потоков в галактических космических лучах 148 . .	74
Моделирование интенсивности ГКЛ с учетом пространственной и временной зависимости регулярных характеристик и спектра флуктуаций гелиосферного магнитного поля 149 . . . . .	75
Спектры электронов, протонов и альфа-частиц по измерениям спектрометра ПАМЕЛА 150 . . . . .	75
Анализ возрастных космических лучей, зарегистрированных в октябре-ноябре 2013 г. 151 . . . . .	76

Расчетно-экспериментальный анализ вклада событий резкого возрастания потоков солнечных космических лучей на радиоэлектронную аппаратуру с точки зрения ее радиационной стойкости 152 . . . . .	76
Новые возможности нейтронного монитора на ст. Баксан 153 . . . . .	77
Первые результаты поиска нейтринных всплесков по совместным данным БПСТ и LVD 154 . . . . .	77
Каскадная модель аномалии гамма-спектров блазаров при очень высоких энергиях 155 . . . . .	78
Новая система регистрации ливневой установки «Андырчи» на основе интерфейса VME 156 . . . . .	79
Поиск локальных источников нейтрино по данным БПСТ. 157 . . . . .	80
Метеорологические эффекты мюонной компоненты горных мюонных детекторов 158 . . . . .	80
Динамика внутреннего радиационного пояса в течение 2006-2014 года по данным экспериментов PAMELA и АРИНА 159 . . . . .	81
Метеорологические эффекты мюонной компоненты горных мюонных детекторов. 160 . . . . .	81
События с нулевыми показаниями мюонного детектора установки ШАЛ МГУ в ливнях с числом частиц $10^6 - 10^7$ 161 . . . . .	82
Наработка изотопа $^{12}B$ нейтронами в сцинтилляторе БПСТ и поток нейтронов на глубине $850 \text{ г/см}^2$ 162 . . . . .	83
СОБСТВЕННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ, УПРАВЛЯЕМЫЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТЬЮ 163 . . . . .	84
Разработка компактного наземного нейтронного детектора 164 . . . . .	84
К проблеме достоверного восстановления массового состава космических лучей в диапазоне энергий $10^{15} - 10^{20}$ эВ по данным наземных экспериментов 165 . . . . .	85
Спектры протонов и ядер в диапазоне $10^{10} - 10^{20}$ эВ в рамках галактического сценария происхождения космических лучей 166 . . . . .	85
Results from High-Altitude Neutron Monitor at the Terskol Peak 167 . . . . .	86
Энергетический спектр и массовый состав космических лучей по данным установки Тунка-133. 168 . . . . .	86
Баксанская нейтринная обсерватория. Современное состояние и перспективы. 169 . . . . .	87
Тестирование систем измерения заряда и энергии аппаратуры НУКЛОН 170 . . . . .	87
Изучение характеристик солнечной модуляции по данным, полученным в экспериментах «ПАМЕЛА» и «АРИНА» в 2006-2014 гг. 171 . . . . .	88
Регистрация высокоэнергетического излучения гамма-всплесков гамма-телескопом "ГАММА-400" 172 . . . . .	88

Первые результаты работы прототипа установки Тунка-Hiscore. 173 . . . . .	89
Распределение гамма-всплесков по красному смещению: свидетельства неоднородности популяции длинных всплесков. 174 . . . . .	90
Система выработки триггерных сигналов и калориметр полного поглощения научной аппаратуры "ГАММА-400" 175 . . . . .	90
Флуоресцентный детектор космических лучей для наземной установки ТУНКА-133 176 . . . . .	91
О пространственно-временном распределении $^3\text{He}$ в процессе солнечной вспышки 20 января 2005 г. 177 . . . . .	91
Измерения потоков дейтронов альbedo в спутниковом эксперименте ПАМЕЛА 178	92
Потоки антиядер в галактических космических лучах по данным эксперимента «ПАМЕЛА» 179 . . . . .	92
Telescope Array и Pierre Auger обсерватории: статус, результаты, планы 180 . . . . .	93
Magnetic Bubble for CR experiments in Space 181 . . . . .	94
Ultrahigh-energy neutrino-nucleon deep-inelastic scattering (Глубоко-неупругое рассеяние нейтрино на нуклоне при высоких энергиях) 182 . . . . .	94
Статус и перспективы эксперимента ТУС 183 . . . . .	94
Физика солнечных вспышек и проблема солнечных космических лучей 184 . . . . .	95
Основные результаты исследования космических лучей сверхвысоких энергий на Якутской установке ШАЛ 185 . . . . .	95
Эксперимент ГАММА на г. Арагац в Армении - статус 2014 и последние результаты 186 . . . . .	96
RESULTS FROM AMS EXPERIMENT ON ISS 187 . . . . .	96
Method of fractional derivatives for the interpretation of spacecrafts data on solar cosmic rays fluxes 188 . . . . .	97
Анализ частоты фоновых совпадений для экспериментов БПСТ и LVD 189 . . . . .	97
NEUTRON DETECTOR FOR THE GAMMA-400 SPACE OBSERVATORY 190 . . . . .	98
Генерация нейтронов мюонами космических лучей в различных материалах 191 . . . . .	98
Генерация нейтронов горизонтальными мюонами от нейтринного пучка из ЦЕРНа 192 . . . . .	99
Very High Energy Ground-Based Gamma-Ray Astrophysics by Using Imaging Atmospheric Cherenkov Telescope Technique 194 . . . . .	99
Ultra-high energy (UHE) neutrino-nucleon interactions 195 . . . . .	99
Superheavy Nuclei 196 . . . . .	100

Космические лучи в Млечном Пути и других галактиках - наблюдения телескопа Ферми 197 . . . . .	100
В.Г. Синицина и др. Гамма-излучение сверхвысоких энергий Кластера Галактик Персея и его возможная природа 198 . . . . .	101
В.Г. Синицина и др. Остатки сверхновых оболочечного типа как источники космических лучей в нашей Галактике 199 . . . . .	101
Синицина В.Ю. и др. Долговременные исследования Области Cygnus X при сверхвысоких энергиях 200 . . . . .	101
Синицина В.Ю. и др. Изучение внегалактического фонового излучения в наблюдениях далёких Активных Галактических Ядер при сверхвысоких энергиях 201 . . . . .	101
Синицина В.Г. и др. Наблюдения Активных Ядер Галактик с красными смещениями $z = 0.0179 - 1.375$ на зеркальном черенковском телескопе ШАЛОН 202 . . . . .	101

2

## Множественность на нейтронном мониторе: аномальный барометрический коэффициент

**Author:** Yury Balabin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Polar Geophysical Institute*

**Corresponding Author:** balabin@pgia.ru

Высокоскоростная система сбора данных нейтронного монитора (НМ), разработанная в ПГИ, ведет непрерывную фиксацию появления каждого импульса с точностью 1 мкс на станциях Баренцбург (Шпицберген), Апатиты, Москва и Баксан (Сев.Кавказ). В предыдущих работах, рассказывающих об этой системе и полученных с ее помощью результатов, было показано, что распределение временных интервалов в данных НМ с высокой точностью подчиняется закону Пуассона в диапазоне от 2 до 500 мс. Однако, в самых коротких (10-2000 мкс) интервалах наблюдается избыток (более чем на порядок) по отношению к распределению Пуассона. Предполагается, он связан с явлением множественности на НМ.

Известно, что счет НМ зависит от атмосферного давления; барометрический коэффициент для стандартного НМ составляет 0.72 %/мб. Как показывают измерения атмосферного давления на НМ, типичная вариация давления при изменении погоды составляет  $\pm 20$  мб от среднего уровня, а в течение года случаются вариации до  $\pm 40$  мб. Вариация давления в 20 мб создает вариацию в счете НМ  $\sim 15\%$ , что намного больше суточных вариаций первичных космических лучей ( $\sim 0.5\%$ ). Изменения в темпе счета НМ ведут к изменению среднего интервала между импульсами НМ. Особенностью новой системы регистрации является то, что при обработке файлов можно перейти от скорости счета НМ (например, имп/мин) к числу временных интервалов определенной длительности в единицу времени. Что позволяет провести исследование барометрического эффекта для микросекундных интервалов. Отметим, что барометрический коэффициент является индивидуальной характеристикой компонентов вторичных космических лучей, определяющей степень их взаимодействия с атмосферой.

Были выполнены как теоретические расчеты зависимости числа интервалов заданной длительности от атмосферного давления, так и экспериментальные измерения этого параметра. Обнаружено точное соответствие рассчитанных величин с реально наблюдаемыми в широком диапазоне значений интервалов от 2 до 500 мс. При этом наличие огромной базы данных позволило определять барометрический коэффициент не в целом по НМ, а для различных временных интервалов между импульсами. Например, определить барометрический коэффициент только для тех интервалов между импульсами, которые лежат в пределах 2100-2110 мкс, 2110-2120 мкс и т.д. Однако, для малых интервалов (менее 2000 мкс) между импульсами барометрический коэффициент резко отклоняется от расчетной зависимости и начинает расти. В то же время из прежних работ известно: от 2000 мкс в сторону уменьшения распределение интервалов начинает отклоняться от пуассоновского, а при значениях  $< 100$  мкс доля интервалов, созданных множественностью, более чем на порядок превосходит число таких же интервалов, определяемое распределением Пуассона.

Исследование барометрической зависимости в разных микросекундных интервалах показывает, что короткие интервалы имеют отличный от стандартного для НМ барометрический коэффициент. Пределы действия этого аномального барометрического коэффициента соответствуют пределам влияния множественности на счет НМ. Таким образом, получено свидетельство, что множественности на НМ производятся другой компонентой вторичных космических лучей с иным барометрическим коэффициентом.

3

## Моделирование сцинтилляционного эксперимента Тунка-133

**Author:** Anna Ivanova<sup>1</sup>

**Co-authors:** Leonid Kuzmichev<sup>2</sup>; Nikolai Budnev<sup>1</sup>; Nikolai Kalmykov<sup>2</sup>; Vladimir Sulakov<sup>2</sup>; Yuri Fomin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Research Institute of applied physics, Irkutsk State University*

<sup>2</sup> *Skobel'syn Institute of Nuclear Physics of Lomonosov Moscow State University (SINP MSU)*

**Corresponding Author:** annaiv.030486@mail.ru

С 2009 года исследование космических лучей в диапазоне энергий 10 –1000 ПэВ проводится на установке Тунка-133, расположенной в Тункинской долине (республика Бурятия) в 50 км от озера Байкал. Установка регистрирует космические лучи по черенковскому свету, излучаемому в атмосфере заряженными частицами ШАЛ и состоит из 175 оптических детекторов, расположенных на площади 3 кв.км. Включение сцинтилляционных детекторов в состав установки Тунка-133 позволит регистрировать не только черенковское излучение ШАЛ, но и его электронную и мюонную компоненты, и, следовательно, даст возможность получать качественно новые экспериментальные данные о космических лучах в области энергий 10 – 1000 ПэВ. Сцинтилляционные детекторы позволят вести круглосуточную регистрацию событий, что приведёт к увеличению статистики, в том числе и в области энергий выше 100 ПэВ. Появится возможность проведения абсолютной энергетической калибровки черенковской установки и улучшится точность восстановления ШАЛ, поскольку увеличится объем информации, получаемой из каждого отдельного события. Энергетический диапазон регистрации событий расширится в область сверхвысоких энергий.

В настоящей работе выполнен расчет основных характеристик проектируемой сцинтилляционной части установки Тунка-133, в ходе которого было получено следующее.

Сцинтилляционная установка позволит вести эффективную регистрацию событий ШАЛ (вероятность регистрации равна 90%) на площади 0.5 кв.км начиная с энергии  $E_0 = 8$  ПэВ. Энергетическое разрешение установки в случае использования разработанного метода обработки событий, основанного на анализе результатов расчета программы Aires, при  $E_0 \geq 1$  ПэВ составляет 18%, а при  $E_0 \geq 10$  ПэВ – в пределах 15%. Абсолютная ошибка в определении положения оси ШАЛ не превышает 17 м для энергии пороговой регистрации установки 10 ПэВ и снижается до 5 м при энергии 100 ПэВ. Начиная с энергий 10 ПэВ, полное число электронов восстанавливается с точностью не хуже 10%, полное число мюонов –25%. Программа обработки смоделированных событий позволяет восстанавливать степенной энергетический спектр первичных космических лучей, показатель степени которого соответствует заложенной в программу моделирования величине.

Разработанное программное обеспечение будет использовано для анализа реальных экспериментальных данных, которые в ближайшем будущем будут получены на сцинтилляционной установке в Тункинской долине.

4

## **Краткосрочный прогноз землетрясений регистрацией потоков нейтронов и заряженных частиц низких энергий**

**Author:** Asatulla Maksudov<sup>1</sup>

**Co-authors:** Diyor Shayakubov<sup>1</sup>; Khusnudin Nuritdinov<sup>1</sup>; Sagdulla Lutpullaev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Physical-Technical Institute of the Academy of Sciences Uzbekistan*

**Corresponding Author:** tsju@uzsci.net

Разработана электронная установка нового метода - одновременной регистрации потоков нейтронов и заряженных частиц низких энергий для краткосрочного прогноза землетрясений приходящих в радиальном направлении из глубин Земли, являющихся по современным представлениям «откликом» тектонических процессов на накапливаемые в земной коре напряжения. Приводятся зарегистрированные данные за 1.5 года.

5

## **Событие GLE 6 января 2014**

**Author:** Yury Balabin<sup>1</sup>

**Co-authors:** Alexey Germanenko <sup>2</sup>; Boris Gvozdevsky <sup>1</sup>; Eduard Vashenyuk <sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Polar Geophysical Institute*

<sup>2</sup> *Polar Geophysical Institute of RAS*

<sup>3</sup> *Polar Geophysical Institute*

**Corresponding Author:** balabin@pgia.ru

Событие GLE (наземное возрастание в космических лучах) произошло 06.01.2014 в 08:10 UT. Это второе событие в 24-м цикле солнечной активности. GLE было связано с далекой залимбовой вспышкой на Солнце. По этой причине в рентгеновском излучении вспышка была очень слабой. Возрастание на нейтронных мониторах было весьма слабым и зарегистрировано только на небольшом числе полярных станций мировой сети НМ. На двух полярных станциях, Баренцбург и Южный полюс, отмечено возрастание около 3 %, на других станциях еще меньше. По этой причине полный анализ события по разработанной методике провести невозможно. Однако, на основе данных мировой сети НМ, расположении их конусов приема, измерений потока энергичных протонов на космических аппаратах сделаны оценки спектра и пичч-углового распределения солнечных протонов с энергиями до 500 МэВ.

6

## **Тонкая структура и различия во множественностях малых и больших значений М**

**Author:** Yury Balabin<sup>1</sup>

**Co-authors:** Alexey Germanenko <sup>2</sup>; Boris Gvozdevsky <sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Polag Geophysical Institute*

<sup>2</sup> *Polar Geophysical Institute*

<sup>3</sup> *Polar Geophysical*

**Corresponding Author:** balabin@pgia.ru

Продолжается исследование множественности на нейтронных мониторах (НМ) в Баренцбурге (Шпицберген), Апатиты, Москва, пос. Нейтрино (Сев.Кавказ) с помощью новой скоростной системы сбора, фиксирующей приход каждого импульса от НМ с точностью 1 мкс. Благодаря высокой точности определения времени появления каждого импульса НМ, имеется возможность исследовать тонкую пространственную и временную структуру событий множественности. Ее анализ показывает, что с ростом номера множественности М происходит эволюция структуры, и при  $M > 20-40$  ее происхождение может быть объяснено только локальными атмосферными ливнями. Были определены размеры и интенсивность этих ливней.

7

## **Модернизация нейтронного монитора в Апатитах**

**Author:** Aleksei Germanenko<sup>1</sup>

**Co-authors:** Boris Gvozdevsky <sup>2</sup>; Eduard Vashenyuk <sup>2</sup>; Leonid Schur <sup>2</sup>; Yury Balabin <sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Polar Geophysical Institute, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences*

<sup>2</sup> *Polar Geophysical Institute*

<sup>3</sup> *Polag Geophysical Institute*

**Corresponding Author:** germanenko@pgia.ru

На нейтронном мониторе (НМ) в Апатитах была проведена глубокая модернизация. Установлены новые усилители-дискриминаторы, которые были разработаны, отлажены и испытаны в ПГИ. Установлена скоростная система сбора, регистрирующая приход каждого импульса с точностью 1 мкс. Такая система уже давно работает на ст. Баренцбург, Москва, Баксан. НМ в Апатитах функционирует с 1969 г, входит в мировую сеть НМ. Для продолжения длинного ряда данных сохранен прежний формат с разделением на большое и малое мертвое время. Создан новый MPD-формат хранения информации о времени прихода каждого импульса. Канал большого мертвого времени, существовавший на станции с момента начала ее работы, сохранен в целях продолжения длинного ряда однородных данных. Теперь он реализован программно, поскольку имеется информация о времени появления каждого импульса НМ. Новая система сбора предназначена для исследования быстрых (десятки и сотни мкс) процессов на НМ: множественность, адронные ливни. Кроме стандартного разрешения в 1 мин новая система позволяет получать из MPD-файлов счет НМ с любым временным разрешением вплоть до 1 сек и меньше, если такая задача возникает.

8

## Влияние внешних условий на множественности с малым $M$

**Author:** Aleksei Germanenko<sup>1</sup>

**Co-authors:** Boris Gvozdevsky<sup>2</sup>; Yury Balabin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Polar Geophysical Institute, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences*

<sup>2</sup> *Polar Geophysical Institute*

<sup>3</sup> *Polag Geophysical Institute*

**Corresponding Author:** germanenko@pgia.ru

Продолжается изучение событий множественности на нейтронных мониторах (НМ) с помощью новой скоростной системой сбора, установленной на ст. Баренцбург (Шпицберген), Апатиты, Москва, Баксан (пос. Нейтрино, Сев. Кавказ). В силу того, что для события множественности с номером  $M < 5$  существует не малая вероятность ее образования путем случайного совпадения импульсов НМ (ложное событие  $M$ ), предыдущие исследования проводились для значений  $M \geq 5$ , где вероятность появления ложных событий ничтожная. В этой работе представлены результаты исследования множественностей с малым  $M$  ( $M = 2-5$ ), проведенного на основе улучшенного алгоритма детектирования событий множественности. Вероятность засчитывания ложного события  $M$  уменьшена на два порядка. Количество событий с  $M = 2-5$  достаточно, чтобы исследовать их вариации с приемлемой статистической точностью. В Баренцбурге и Москве были обнаружены сезонные вариации во множественностях с  $M = 2-5$ , отсутствующие в Апатитах и Баксане. Предложено возможное объяснение этого явления.

9

## Гамма-излучение сверхвысоких энергий Кластера Галактик Персея и его возможная природа

**Author:** Vera Georgievna Sinitsyna<sup>1</sup>

**Co-author:** Vera Yurievna Sinitsyna<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *P.N. Lebedev Physical Institute, RAS*

**Corresponding Author:** sinits@sci.lebedev.ru



10

## Остатки сверхновых оболочечного типа как источники космических лучей в нашей Галактике

**Author:** Vera Georgievna Sinitsyna<sup>1</sup>

**Co-author:** Vera Yurievna Sinitsyna<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *P.N. Lebedev Physical Institute, RAS*

**Corresponding Author:** sinits@sci.lebedev.ru

Исследование локальных источников гамма-квантов сверхвысоких энергий любыми методами, в том числе и зеркальными телескопами черенковского излучения, затрагивают проблему природы космических лучей и соответственно роль Галактики в их генерации. В наблюдениях телескопом ШАЛОН высокогорной обсерватории на Тянь-Шане получены данные: энергетические спектры, спектральные энергетические распределения и изображения по галактическим остаткам сверхновых оболочечного типа Тихо, Кассиопея А, IC 443 и  $\gamma$ Сугни SNR. Экспериментальные данные подтвердили предсказание теории об адронном механизме генерации гамма-квантов сверхвысоких энергий в остатках сверхновых Тихо, Кассиопея А и IC 443.

11

## Долговременные исследования Области Cygnus X при сверхвысоких энергиях

**Author:** Vera Yurievna Sinitsyna<sup>1</sup>

**Co-author:** Vera Georgievna Sinitsyna<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *P.N. Lebedev Physical Institute, RAS*

Область Лебедя (Cygnus X) содержит ряд мощных источников радио и рентгеновского излучения, которые также рассматривают как потенциальные источники излучения высоких и сверхвысоких энергий. Одним из таких источников является массивная двойная система Cyg X-3, систематически наблюдаемая на телескопе ШАЛОН с 1995 года по настоящее время. Результаты наблюдений Cyg X-3 представлены спектрами гамма-излучения и изображениями при энергиях 800 ГэВ – 85 ТэВ. В поле зрения телескопа ШАЛОН, был обнаружен источник гамма-излучения сверхвысоких энергий, располагающийся в  $\sim 2^\circ$  от Cyg X-3 по своим координатам совпадающий с известным источником радио и рентгеновского излучения – остатком сверхновой  $\gamma$ Сугни SNR. Представлены спектры, спектральное энергетическое распределение и изображение  $\gamma$ Сугни SNR по данным телескопа ШАЛОН в диапазоне энергий 800 ГэВ – 50 ТэВ.

12

## Изучение внегалактического фонового излучения в наблюдениях далёких Активных Галактических Ядер при сверхвысоких энергиях

**Author:** Vera Yurievna Sinitsyna<sup>1</sup>

**Co-author:** Vera Georgievna Sinitsyna<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *P.N. Lebedev Physical Institute, RAS*

Для изучения внегалактического фонового излучения необходимо иметь информацию о спектрах большого количества метагалактических источников гамма-излучения сверхвысоких энергий находящихся на космологических расстояниях соответствующих различным красным смещениям. В эксперименте ШАЛОН, при энергиях 800 ГэВ – 100 ТэВ, проведены наблюдения Активных Галактических Ядер (АГЯ), находящихся на различных расстояниях с красными смещениями от 0.0179 до 1.375, а именно: NGC1275 ( $z=0.0179$ ), Mkn421 ( $z=0.031$ ), Mkn501 ( $z=0.034$ ), Mkn180 ( $z=0.046$ ), 3с382 ( $z=0.0578$ ), 4с+31.63 ( $z=0.295$ ), OJ 287 ( $z=0.306$ ), 3с454.3 ( $z=0.859$ ), 4с+55.17 ( $z=0.896$ ), 1739+522 ( $z=1.375$ ). Обнаружение источников ТэВ-ого гамма-излучения с большими красными смещениями, свидетельствует о том, что внегалактическое фоновое излучение имеет меньшую среднюю плотность фотонов, и, следовательно, скорость формирования первых звезд была значительно ниже, чем предполагалось ранее. Также, возможная интерпретация наблюдаемого излучения сверхвысоких энергий от далёких АГЯ, в перерасеянии первичных ТэВ-ых фотонов на частицах тёмной материи, так называемых WISP –слабовзаимодействующих лёгких частицах, кандидатами в которые служат аксиноподобные частицы.

13

## Наблюдения Активных Ядер Галактик с красными смещениями $z = 0.0179 - 1.375$ на зеркальном черенковском телескопе ШАЛОН

**Author:** Vera Georgievna Sinitsyna<sup>1</sup>

**Co-authors:** Vera Yurievna Sinitsyna<sup>1</sup>; А.И. Климов<sup>1</sup>; А.М. Кириченко<sup>1</sup>; А.Ю. Алавердян<sup>1</sup>; И.А. Иванов<sup>1</sup>; И.Г. Волох<sup>1</sup>; И.П. Кожухова<sup>1</sup>; К.А. Балыгин<sup>1</sup>; М.С. Андреева<sup>1</sup>; Н.И. Мосейко<sup>1</sup>; Р.М. Мирзафатихов<sup>1</sup>; С.И. Никольский<sup>1</sup>; С.С. Борисов<sup>1</sup>; Ю.Б. Мамаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *P.N. Lebedev Physical Institute, RAS*

Радиогромкие активные ядра галактик, имеющее радио-излучение преимущественно из области ядра, а не протяжённых структур, часто относят к классу блазаров и к ним относят такие объекты, как радио квазары с плоскими спектрами и объекты типа BL Lacerta (лацертиды). Представлены результаты долговременных наблюдений радио квазаров с плоскими спектрами, среди которых, например, такой известный во всех диапазонах энергий объект как 3с454.3 ( $z=0.859$ ); квазар с большим красным смещением 1739+522 (4с+51.37) ( $z=1.375$ ) и наблюдаемые Fermi LAT при высоких энергиях квазары 4с+31.63 ( $z=0.295$ ), 4с+55.17 ( $z=0.896$ ), а также известного объекта типа BL Lacerta - OJ 287 ( $z=0.306$ ), который был недавно обнаружен в наблюдениях зеркальным черенковским телескопом ШАЛОН при сверхвысоких энергиях. Результаты наблюдений всех объектов представлены спектрами гамма-излучения, спектральными энергетическими распределениями и изображениями при энергиях больше 800 ГэВ. В наблюдениях были выявлена переменность излучения во всём широком диапазоне энергетического спектра, включая и область гамма-излучения сверхвысоких энергий. Представленные наблюдения ведутся на зеркальных черенковских телескопах ШАЛОН на Тянь-Шаньской высокогорной научной станции Физического института им. П.Н. Лебедева.

14

## Изучение двухчастичных угловых корреляций во взаимодействии частиц космического излучения с мишенью на высоте 3340 метров над уровнем моря

**Author:** Turlan Sadykov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Physics and Technology, Almaty, Kazakhstan*

**Corresponding Author:** turlan43@mail.ru

На комплексной установке расположенной на высоте 3340 метров над уровнем моря, состоящей из ионизационного калориметра, рентгеноэмульсионной камеры и мишени расположенной на высоте 11 метров было зарегистрировано более 20000 взаимодействий с известной первичной энергией измеренной в ионизационном калориметре. По специальным критериям, разработанным путем моделирования, были отобраны более 500 семейств гамма-квантов генерированных в мишени. Для гамма-квантов отобранных семейств были построены угловые корреляции с разностью двух частиц по азимутальным углам и псевдобыстротам. В полученном распределении наблюдаются два пика с размерами по азимуту от - 0,5 до +2,0 и по квазибыстроте - первый пик от 4,5 до 2,0, второй от 1,0 до -1,5.

15

## **ВАРИАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ РАЗЛИЧНЫХ ИЗОБАРИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ АТМОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ**

**Author:** Valery Yanchukovsky<sup>1</sup>

**Co-author:** Sergey Syunyakov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Federal State Institution of Science Geophysical Survey of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*

**Corresponding Author:** vjanch@gs.nsc.ru

Временные вариации интенсивности космических лучей представляют собой суперпозицию эффектов различной природы, включая и атмосферные эффекты. Последние обусловлены в первую очередь изменениями температуры и плотности атмосферы. Разделение наблюдаемых вариаций интенсивности космических лучей на составляющие осуществляется с помощью spectroграфического анализа данных многоканальной регистрации. По выделенному таким образом температурному эффекту космических лучей и найденному ранее экспериментально распределению плотности температурных коэффициентов определяется высотный профиль температуры атмосферы из решения системы уравнений температурных вариаций интенсивности космических лучей.

16

## **Возрастания приземного гамма-фона во время осадков: где и как это происходит**

**Author:** Aleksei Germanenko<sup>1</sup>

**Co-author:** Yury Balabin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Polar Geophysical Institute, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences*

<sup>2</sup> *Polag Geophysical Institute*

**Corresponding Author:** germanenko@pgia.ru

Продолжается мониторинг приземного гамма-фона и регистрация возрастаний, связанных с атмосферными осадками, на станциях космических лучей в Апатитах и Баренцбурге (Шпицберген). В настоящей работе представлены результаты ряда новых экспериментов, проведенных на усовершенствованной системе регистрации гамма-излучения в Апатитах. Основой системы является набор из трех приборов для измерения радиации: малого и большого сцинтилляционных детекторов на основе кристаллов NaI(Tl) а также детектора заряженных частиц на основе счётчиков Гейгера-Мюллера. Малый сцинтилляционный детектор регистрирует излучение в диапазоне 20-300 кэВ, большой – 0.2-5 МэВ. С помощью большого сцинтилляционного детектора и многоканального амплитудного анализатора непрерывно ведутся измерения дифференциального спектра гамма излучения с временным разрешением в 30 минут в диапазоне 0.2-5 МэВ.

С началом работы установки в 2009 г сразу же было обнаружено новое явление: возрастания гамма-излучения, падающего из верхней полусферы, во время осадков. Эффект проявлялся круглый год при осадках в виде дождя или снега. Амплитуда возрастаний достигает 50 %. Дополнительными экспериментами было доказано, что эти возрастания не связаны с присутствием каких-либо радионуклидов в осадках, происходят только в электромагнитной компоненте. Спектральные измерения показали, что возрастание происходит в диапазоне 20 кэВ – 2.5 МэВ.

Несмотря на то, что наблюдения возрастания ведутся много лет и записаны уже тысячи событий с возрастаниями гамма-фона во время осадков, полного понимания причины и механизма генерации достичь не удается. Основная гипотеза – генерация дополнительного тормозного излучения легкими заряженными частицами в сильном электрическом поле облаков. Главные трудности: во-первых, в полярных регионах грозовая активность мала и очень редка, зимой вовсе отсутствует, во-вторых, длина пробега гамма-квантов с энергиями в сотни кэВ не превосходит 100-300 м, следовательно, место их генерации не может быть выше 1 км.

В данной работе представлены оценки электрических полей в облаках на основе энергетического баланса. По результатам измерений дифференциального спектра гамма-излучения при осадках был вычислен дополнительный поток энергии. Затем на основе самых общих предположений о процессе переноса энергии и средних параметрах дождевого облачного слоя сделана оценка напряженности электрического поля в облаке, необходимой для создания такого потока энергии. При средней толщине облака такой дополнительный поток энергии будет обеспечен уже при 1.2 кВ/м. Это вполне реальная величина, большинство измерений электрического поля в облаках дают величину 2-5 кВ/м.

17

## **Возможные наземные возрастания солнечных космических лучей в 2012 г.**

**Author:** Ольга Крякунова<sup>1</sup>

**Co-authors:** Анатолий Белов<sup>2</sup>; Андрей Малимбаев<sup>1</sup>; Виктор Янке<sup>2</sup>; Евгения Ерошенко<sup>2</sup>; Ирина Цепакина<sup>1</sup>; Николай Николаевский<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт ионосферы*

<sup>2</sup> *ИЗМИРАН*

**Corresponding Author:** krolganik@yandex.ru

Считается, что до настоящего момента в 24 цикле солнечной активности зарегистрировано 2 наземных возрастания солнечных космических лучей (GLEs): 17 мая 2012 г. и 6 января 2014 г.. И в количестве, и в мощности GLEs текущий цикл уступает предшествующим. Солнечных протонных событий, зарегистрированных на спутниках было значительно больше – около 30. Мы решили проанализировать поведение интенсивности космических лучей на мировой сети станций нейтронных мониторов, в тех событиях 2012 г., когда наблюдался значительный рост интегральных потоков протонов с энергией >100 МэВ, а именно в событиях 27 января, 7 марта и 13 марта 2012 г.. Все эти события можно считать кандидатами в наземные возрастания солнечных космических лучей. По-видимому, в 24-м солнечном цикле уже наблюдалось больше GLEs, чем широко признано.

18

## **ОСОБЕННОСТИ МОДУЛЯЦИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В ОКТЯБРЕ –НОЯБРЕ 2003 Г**

**Author:** Валерий Сдобнов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт солнечно –земной физики СО РАН, г.Иркутск*

**Corresponding Author:** [sdobnov@iszf.irk.ru](mailto:sdobnov@iszf.irk.ru)

По данным мировой сети станций космических лучей методом спектрографической глобальной съёмки исследованы форбуш-эффекты 29-31 октября и 20-21 ноября 2003 г.

Приведены спектры вариаций космических лучей в эти периоды, а также показатели спектра вариаций при аппроксимации спектра степенной функцией от жесткости частиц в диапазоне жесткостей от 10 до 50 ГВ на разных фазах развития форбуш-эффекта. Показано, что показатели спектра вариаций космических лучей 20-21 ноября больше, чем для события 29-31 октября 2003 г.

Наблюдаемая высокая степень анизотропии в угловом распределении КЛ в периоды форбуш-эффектов в октябре –ноябре 2003 г, изменчивость ее фазы свидетельствует, во-первых, о выносе магнитных облаков, во-вторых, –о высокой степени регулярности ММП в этих структурах, а наличие двунаправленной анизотропии говорит о петлеобразной структуре ММП в период события 29 октября 2003 г.

19

## Годовая вариация в космических лучах в 24-ом цикле солнечной активности

**Author:** Anatoly Belov<sup>1</sup>

**Co-authors:** Raisa Gushchina<sup>1</sup>; Yuriy Balabin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> IZMIRAN

<sup>2</sup> Polar Geophysical Institute of RAS, Apatity, Russia

**Corresponding Author:** [rgus@izmiran.ru](mailto:rgus@izmiran.ru)

По данным мировой сети нейтронных мониторов (НМ) в космических лучах (КЛ) обнаружена значительная годовая вариация в 2011-2013 гг. Вариация наблюдается на всех станциях: приполярных, среднеширотных и приэкваториальных. Она присутствует и в изменениях плотности КЛ, полученных методом глобальной съёмки. Фаза вариации с максимумом в декабре-январе и минимумом в июне-июле одина для всех НМ. Амплитуда вариации составляет  $\geq 1\%$ . Вариация отсутствует все предыдущие годы вплоть до семидесятых годов, где анализ также выявил годовую вариацию в период 1973-76. Показано, что в тот же период 2011-13 наблюдаются квазигодовые вариации межпланетного магнитного поля (модуль вектора ММП), других параметров межпланетной среды (скорость, динамическое давление солнечного ветра) и параметров солнечного магнитного поля. Эти вариации хорошо согласуются с выявленными вариациями КЛ. В качестве возможных причин обсуждаются две: особенности солнечной активности или асимметрия гелиосферы.

20

## Влияние космических лучей на изотопный состав поверхности Марса.

**Author:** Gennady Vasilyev<sup>1</sup>

**Co-authors:** Anatoli Pavlov<sup>1</sup>; Mariya Vdovina<sup>1</sup>; Valery Ostryakov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ioffe Physical-Technical Institute

<sup>2</sup> St.Petersburg State Polytechnical University

**Corresponding Author:** [gennadyivas@gmail.com](mailto:gennadyivas@gmail.com)

Галактические и солнечные космические лучи, взаимодействуя с атмосферой и грунтом Марса, заметно меняют изотопные отношения химических элементов в верхних слоях марсианского

грунта.

Сравниваются измеренный марсоходом Curiosity изотопный состав грунта с теоретическими расчетными значениями на глубинах до нескольких метров.

Показано, что в предположении постоянства среднего потока космических лучей экспозиционная доза, необходимая для объяснения экспериментальных данных, накапливается при современных условиях всего за 50 млн. лет.

Сделан вывод о наличии слоя воды (8-10 м) и/или плотной атмосферы в ранний период эволюции Марса.

21

## Физика ускорения релятивистских протонов в солнечных вспышках

**Author:** Игорь Подгорный<sup>1</sup>

**Co-author:** Александр Подгорный<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт Институт астрономии РАН*

<sup>2</sup> *Физический Институт РАН им. П. Н. Лебедева*

**Corresponding Author:** podgorny@inasan.ru

Солнечная вспышка - процесс взрывного типа в солнечной короне, в котором может выделяться энергия  $\sim 10^{32}$  эрг в виде электромагнитного излучения в широком диапазоне длин волн, включая тепловое и жесткое пучковое рентгеновское излучение с энергией до 100 кэВ. Генерируются сверхзвуковые выбросы массы короны  $\sim 10^{15}$  г и релятивистские ионы, главным образом протоны, с энергией, превосходящей 10 ГэВ. Регистрируемые на орбите Земли релятивистские протоны демонстрируют две популяции: 1. Быстрая компонента, состоящая из ионов, движущихся из области вспышки вдоль линий межпланетного поля (спирали Архимеда). Вектор их скорости совпадает с направлением магнитного поля, и частицы достигают орбиты Земли с пролетным временем. Эта компонента несет информацию о механизме генерации релятивистских частиц. 2. Запаздывающая компонента обладает значительной изотропией относительно линий магнитного поля. Ее максимальный поток наблюдается через десятки часов после вспышки. Однако обе компоненты регистрируются в одном и том же интервале энергии и величины потоков мало отличаются, что указывает на единый механизм их ускорения. По-видимому, изотропия потока запаздывающей компоненты и ее запаздывание связаны с рассеянием частиц на магнитных неоднородностях. Распространение запаздывающей компоненты в таком случае определяется диффузией. Экспоненциальный спектр быстрой компоненты указывает на ускорение протонов электрическим полем Лоренца вдоль особой (в частном случае нулевой) линии магнитного поля в токовом слое. Образование токового слоя перед вспышкой и ускорение протонов до релятивистских энергий непосредственно следуют из численного МГД моделирования, в котором начальные и граничные условия задаются из изменений на фотосфере в предвспышечном состоянии.

### Summary:

Physics of relativistic proton acceleration at solar flares

Solar flare is the explosive type process in the solar corona, which may release the energy about  $10^{32}$  erg in the form of electromagnetic radiation in a wide range of wavelengths, including the thermal and hard beam X-rays with energies up to 100 KeV. The supersonic flow of the coronal mass  $\sim 10^{15}$  g and relativistic ions, mainly protons with energies exceeding 10 GeV, are generated. The relativistic protons registered in Earth orbit demonstrate two populations: 1. The prompt component consisting of ions moving from the area of the flare along the lines of the interplanetary field (Archimedes spiral). Their vector velocity coincides with the direction of the magnetic field line, and the particles reach the Earth's orbit with the flight time. This component carries information about the mechanism of relativistic particles generation. 2. The delayed component has a significant isotropy. Its flux maximum is observed through dozens of hours after the flare. However, both components are registered in the same energy range and fluxes of the prompt and delayed components differs little, indicating a single mechanism of their acceleration. Apparently, the isotropy of the delayed components and its long time traveling are associated with particle scattering on the magnetic inhomogeneities. Propagation of the delayed

component in such a case is determined by the diffusion. The exponential spectrum of the prompt components indicates the acceleration of protons in the Lorentz electric field along singular magnetic lines (in the particular case of zero line) in the current sheet. Current sheet creation before the flare and the acceleration of protons to relativistic energies follow directly from numerical MHD simulation, in which initial and boundary conditions are set using the measurements on the photosphere before the flare.

22

## **Космические лучи из остатков сверхновых и производимое ими излучение**

**Author:** Evgeny Berezhko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research & Aeronomy SB RAS*

**Corresponding Author:** berezhko@ikfia.ysn.ru

We analyze the recent measurements of cosmic ray fluxes and nonthermal emission spectra from individual supernova remnants (SNRs) in order to find their correspondence to the requirements for CR sources.

It is shown that these data are consistent with the origin of Galactic CRs in SNRs up to the energy of about 100 PeV.

23

## **Переоценка энергии ШАЛ на Якутской установке методом калориметрирования**

**Authors:** Александр Глушков<sup>1</sup>; Артем Сабуров<sup>1</sup>; Михаил Правдин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН*

**Corresponding Author:** tema@ikfia.sbras.ru

Рассчитан баланс энергии ШАЛ от первичных частиц с  $E_0 \geq 10^{17}$  эВ с помощью кода COR-SIKA в рамках моделей QGSjet01, QGSjet-П-04, SIBILL-2.1 и EPOS-LHC. Дана новая оценка  $E_0$ , которая стала в ~1.33 раза меньше по сравнению с проведенным ранее калориметрированием.

24

## **Положение источника ускорения космических лучей во время солнечных вспышек**

**Author:** Александр Подгорный<sup>1</sup>

**Co-author:** Игорь Подгорный<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Физический Институт РАН им. П. Н. Лебедева*

<sup>2</sup> *Институт астрономии РАН*

**Corresponding Author:** podgorny@lebedev.ru

Ускорение солнечных космических лучей происходит во время солнечной вспышки при взрывном освобождении магнитной энергии токового слоя. Согласно предложенной авторами электродинамической модели солнечной вспышки, заряженные частицы ускоряются в токовом слое электрическим полем Лоренца, что подтверждается совпадением рассчитанного спектра в токовом слое, полученном магнитогидродиническим моделированием, и спектром, измеренным при помощи сети нейтронных мониторов. В результате ускорения протонов в токовом слое формируется экспоненциальный спектр. Впервые определено положение источника ускорения солнечных космических лучей по результатам численного магнитогидродинического (МГД) моделирования в солнечной короне над реальной активной областью. Начальные и граничные условия задавались из наблюдений магнитного поля на фотосфере. Источник ускорения солнечных космических лучей - токовый слой - является одновременно источником теплового рентгеновского излучения вследствие нагрева плазмы в нем до 30 000 000 К в результате диссипации магнитного поля. МГД моделирование показало, что токовый слой расположен в короне над активной областью. Положение токового слоя определялось при помощи специально разработанной графической системы поиска, основанной на свойстве токового слоя, согласно которому максимум абсолютной величины плотности тока располагается в середине слоя. Обнаружено совпадение вычисленного положения токового слоя с положением источника теплового рентгеновского излучения, наблюдаемого на аппарате RHESSI для вспышки, произошедшей 27 мая 2003 г. в 02:40 над активной областью АО 10365.

**Summary:**

The position of the source of cosmic ray acceleration during the solar flares

The acceleration of solar cosmic rays takes place in the solar flare during explosive release of the current sheet magnetic energy. According to the electrodynamic solar flare model proposed by authors the charged particles are accelerated by in the current sheet by the Lorentz electric field. This is confirmed by the coincidence of the spectrum calculated in the current sheet and spectrum measured by the network of neutron monitors. The exponential spectrum is formed as a result of proton acceleration in the current sheet. At the first time the position of the source of solar cosmic ray acceleration is determined from numerical magnetohydrodynamic (MHD) simulations in the solar corona above the real active region. The initial and boundary conditions are set from magnetic field observations on the photosphere. The source of acceleration of relativistic protons is the current sheet. It is simultaneously the source of thermal X-ray emission due to plasma heating in the sheet up to 30 000 000 K because of magnetic field dissipation. MHD simulation show, that the current sheet is situated in the corona above the active region. The current sheet position is found using the specially developed graphical system of search, which is based on the current sheet property, according to which the maximum of the absolute value of the current density is situated in the middle of the sheet. The coincidence of the current sheet position with the position of the thermal X-ray emission source observed on the spacecraft RHESSI for the flare occurred May 27, 2003 at 02:40 above the active region AR 10365 is demonstrated.

25

## **Спектры и флейворное отношение атмосферных нейтрино высоких энергий: расчет и измерения.**

**Authors:** Sergei Sinegovsky<sup>1</sup>; Tatiana Sinegovskaya<sup>1</sup>

**Co-author:** Anna Morozova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Irkutsk State University*

**Corresponding Author:** sinegovsky@api.isu.ru

Эксперименты IceCube и ANTARES достигли интригующей области энергий, где возможно перекрытие потоков прямых атмосферных нейтрино и диффузных потоков космических нейтрино. Для разделения этих компонент в нейтринных событиях необходим более тщательный расчет спектров и зенитно-угловых распределений атмосферных нейтрино, учитывающий учет излом спектра космических лучей. 28 нейтринных событий, наблюдавшихся в эксперименте



IceCube в интервале энергий 30 ТэВ - 1.2 ПэВ заметно превышают, как следует из анализа авторов эксперимента, ожидаемое число событий от атмосферных нейтрино, и вероятным источником этих событий (или их части) являются астрофизические нейтрино. Если спектр диффузных нейтрино ведет себя как  $E^{-2}$ , а величина масштабированного потока  $E^2 \text{Flux} = 1.2 \cdot 10^{-8} \text{ ГэВ см}^{-2} \text{с}^{-1} \text{sr}^{-1}$  (при гипотезе флейворного состава 1:1:1), то интерполяция этого спектра на область ниже 10-20 ТэВ приведет к заметному понижению флейворного отношения нейтрино.

В работе рассчитаны спектры атмосферных мюонных и электронных нейтрино в интервале энергий 100 ГэВ - 10 ПэВ для нескольких параметризаций спектра космических лучей (Зацепина-Сокольской, Хилласа-Гайссера и модели polygonato), учитывающих излом вблизи 3 ПэВ. Расчет выполнен с использованием трех моделей адрон-ядерных взаимодействий - QGSJET-II, Sibyll 2.1 и параметризации Кимеля-Мохова, вклад прямых нейтрино учтен в рамках моделей кварк-глюонных струн и рекомбинационной кварк-партонной. Приведено сравнение расчета с данными измерений в экспериментах IceCube и ANTARES. Измеренные IceCube атмосферные потоки мюонных нейтрино (в интервале энергий 100 ГэВ – 400 ТэВ) и электронных нейтрино (80 ГэВ – 6 ТэВ) позволяют извлечь флейворное отношение атмосферных нейтрино, чувствительное к дополнительному вкладу – нейтрино от распадов очарованных частиц и/или нейтрино от астрофизических источников. Если результат IceCube получит подтверждение при дальнейших измерениях потока атмосферных электронных нейтрино (при энергиях выше 10 ТэВ), то неопределенности плохо изученного механизма рождения очарованных частиц станут несущественными.

26

## ”Установка “Ковер-3” для изучения области излома в спектре ПКИ.”

**Author:** Dahir Dzhappuev<sup>1</sup>

**Co-authors:** Alexandr Kudzhaev<sup>1</sup>; Alexandr Kurennya<sup>1</sup>; Alexandr Lidvansky<sup>1</sup>; Alexey Yanin<sup>1</sup>; Azret Kuchmezov<sup>1</sup>; Boris Gvozdevsky<sup>2</sup>; Eduard Vashenuyk<sup>2</sup>; Galina Volchenko<sup>1</sup>; Irina Dzhaparova<sup>1</sup>; Musabi Khadzhiev<sup>1</sup>; Nikolay Klimentko<sup>1</sup>; Olga Mikhailova<sup>1</sup>; Valery Petkov<sup>1</sup>; Vladimir Volchenko<sup>1</sup>; Vladislav Grishkan<sup>1</sup>; Yuri Balabin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INR RAS

<sup>2</sup> PGI

**Corresponding Author:** dzhappuev@mail.ru

В Баксанской нейтринной обсерватории на базе комплексной ливневой установки «Ковер-2» [1] создается установка «Ковер-3», предназначенная для исследования широких атмосферных ливней в области излома энергетического спектра ПКЛ [2, 3]. В настоящее время изготавливается электроника детекторов и система сбора информации установки. Проводятся численные расчеты с использованием пакета программ CORSIKA для разных моделей ядерных взаимодействий. В работе описана конфигурация новой установки и приводятся ее параметры. Электронная – фотонная компонента ШАЛ регистрируется установкой “Ковер”, состоящей из 400 жидкостных сцинтилляционных детекторов, покрывающих всплошную квадрат площадью 200 кв. м. и семью выносными пунктами с площадью каждого 9 кв.м., расположенными на расстояниях 30 м, 40 м и 50 м от центра «Ковра». Для регистрации мюонов с пороговой энергией 1 ГэВ используется мюонный детектор площадью 410 кв.м., которую планируется увеличить до 615 кв.м.

Адронная компонента ливней регистрируется тремя способами. Потоки тепловых нейтронов измеряются специальными сцинтилляционными детекторами с общей площадью 5 кв.м., которую планируется увеличить до 13 кв.м. Адроны с пороговой энергией 50 МэВ регистрируются нейтронным монитором площадью 6 кв.м.; адроны с энергиями более 25 ГэВ – мюонным детектором, который используется в данном случае как однослойный адронный калориметр. Для увеличения светосилы установки и точности определения координат осей ливней в круге с радиусом 50 м. вокруг «Ковра» будут установлены 50 индивидуальных сцинтилляционных детекторов с площадью каждого 1 кв.м.

Для каждого ШАЛ будут измеряться следующие восемь параметров: число заряженных частиц в Ковре; число заряженных частиц в выносных пунктах; ФПР заряженных частиц; число мюонов в МД; число адронов с разными энергиями; толщина ливневого диска. Используя метод решения обратной задачи по набору этих параметров с высокой точностью будут определяться энергия и атомный номер первичной частицы.

1. Д.Д.Джаппуев и др. Модернизация установки «Ковер-2» БНО ИЯИ РАН. Известия РАН, сер.физ., т. 71, № 4, с.542, 2007.
2. В.Б. Петков, Д.Д. Джаппуев и др. Установка Ковер-3 для изучения ШАЛ в области излома. Доклад 59а, 30-я РККЛ, Санкт –Петербург, 2008.
3. J. Szabelski for Carpet-3 collaboration. Carpet-3 a new experiment to study the primary composition around the knee. Nuclear Physics B (Proc. Suppl.), v.196, p.371, 2009.

27

## Определение глубины максимума каскадной кривой из мюонной компоненты на Якутской установке ШАЛ

**Authors:** Александр Глушков<sup>1</sup>; Артем Сабуров<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН*

**Corresponding Author:** tema@ikfia.sbras.ru

Исследовано пространственное распределение мюонов с порогом  $E \sim 1.0 \sec(\theta) \text{ ГэВ}$  в ШАЛ с  $E_0 \geq 10^{17} \text{ эВ}$  за период наблюдений 2011-2013 гг. Из него следует, что в области энергий  $(1-5)10^{17} \text{ эВ}$  глубина максимума каскадной кривой  $x_{\max}$  относительно быстро увеличивается по причине изменения состава космических лучей от преобладающих при  $E_0 \sim 10^{17} \text{ эВ}$  ядер железа к протонам.

28

## Массовый состав космических лучей с энергией $E \geq 10^{17} \text{ эВ}$ по данным наземных детекторов Якутской установки ШАЛ

**Authors:** Александр Глушков<sup>1</sup>; Артем Сабуров<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН*

**Corresponding Author:** tema@ikfia.sbras.ru

Исследовано пространственное распределение заряженных частиц, измеренное на Якутской установке наземными сцинтилляционными детекторами в широких атмосферных ливнях (ШАЛ) с энергией  $E_0 \geq 10^{17} \text{ эВ}$  за период 1977-2013 гг. Экспериментальные значения сравниваются с расчетными, полученными с помощью пакета CORSIKA в рамках различных моделей адронных взаимодействий. Наилучшее согласие эксперимента и теории наблюдается с моделями QGSJET01 и QGSJet-II-04. В области энергий  $(1-20) \cdot 10^{17} \text{ эВ}$  наблюдается изменение массового состава космических лучей от чисто протонному.

31

## ХИМСОСТАВ ПКЛ В ОБЛАСТИ ИЗЛОМА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА ПРИ $E_0 = 3 \cdot 10^{15} - 10^{17}$ эВ ПО ДАННЫМ ЭКСПЕРИМЕНТА “ПАМИР”

**Author:** Khusnudin Nuritdinov<sup>1</sup>

**Co-authors:** Dier Shayakubov<sup>1</sup>; Ilmira Absalyamova<sup>1</sup>; Nizamiddin Khulahmedov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Physical-Technical Institute of the Academy of Sciences Uzbekistan*

**Corresponding Author:** husnudin@uzsci.net

Анализируются экспериментальные данные эксперимента “Памир” и определяется химсостав первичных космических лучей (ПКЛ) в области излома ( $E_0 = 3 \cdot 10^{15} - 10^{17}$  эВ) энергетического спектра. Исследуются характеристики искусственных исходных  $\gamma$ -семейств, разыгранных на основе МС0-модели Кварк-Глюонных Струн (КГС), в которой принимается “нормальный” химсостав первичного излучения с медленно растущей долей ядер с ростом энергии  $E_0 > 3 \cdot 10^{15}$  эВ. Экспериментальные результаты сравниваются с МС0- моделью в предположении о “нормальном” составе ПКЛ. С помощью критериев отбора, чувствительных к химсоставу ПКЛ, определены зависимости доли исходных  $\gamma$ -семейств от оценочной энергии  $E_{0\alpha}$  для ( $p + \alpha$ ) и групп первичных ядер с массовым числом  $A > 4$ , создающих гамма-семейства в рентген-эмульсионных камерах (РЭК) в области излома энергий  $3 \cdot 10^{15} - 10^{17}$  эВ.

32

## Корреляция радиосигнала на частоте 32 МГц с характеристиками широких атмосферных ливней в области энергий $10^{16} - 10^{19}$ эВ по данным измерений на Якутской установке

**Author:** Игорь Петров<sup>1</sup>

**Co-author:** Станислав Кнуренко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт космофизических исследований и астрономии им. Ю. Г. Шафера СО РАН*

**Corresponding Author:** igor.petrov@ikfia.sbras.ru

Изучение космических лучей сверхвысоких энергий методом регистрации радио излучения, может быть альтернативой традиционным методам, которые используются на самых больших установках ШАЛ. Подобные установки насыщены сотнями и тысячами сцинтилляционных детекторов для регистрации потоков заряженных частиц или состоят из детекторов, регистрирующих излучение, генерированное релятивистскими частицами ШАЛ в оптическом диапазоне. К тому же они требуют больших финансовых затрат и имеют определенные трудности в их эксплуатации и обработке данных.

Механизмы генерации радиоизлучения хорошо известны и расчетами показано, что радиоизлучение ШАЛ зависит от развития электромагнитного каскада в атмосфере, величины магнитного поля вблизи уровня наблюдения и т.д. То есть радиоизлучение связано с физикой развития ШАЛ: рождением электронов и позитронов по ходу движения основной массы частиц к уровню моря (с продольным развитием ливня) и, следовательно, зависит от мощности ливня, по сути энергии ШАЛ. Мерой энергии при этом может выступать калиброванная амплитуда радиоимпульса.

В этой связи возникает интерес, сначала установить корреляцию между характеристиками ШАЛ, измеренными на Якутской установке и радиоизлучением ШАЛ, а затем независимо, опираясь на расчеты, восстановить аналогичные характеристики из измерений только радиосигнала ШАЛ.

Для этой цели, в Якутске, была создана радиоустановка для регистрации радиоизлучения ШАЛ. Установка состоит из антенного поля, на котором установлены скрещенные антенны, ориентированные на E -W и N -S. Регистрация радиоизлучения ШАЛ ведется на частоте 32 МГц, свободной от промышленных помех. В 2008 -2013 гг. было проведено несколько сезонов регистрации событий ШАЛ, в том числе зарегистрированы ливни с энергией выше  $10^{19}$  эВ.

За этот период регистрации получены следующие результаты: а) измерено пространственное распределение радиоизлучения ШАЛ при энергии выше  $10^{16}$  эВ; б) изучена корреляция максимума амплитуды радиоимпульса с энергией ливня, которая определялась методом баланса энергий (используя измерение потока заряженных частиц, мюонов и черенковского света ШАЛ); в) оценена глубина максимума ливня, используя расчеты и форму экспериментальной ФПР радиоизлучения; г) выполнено сравнение полученных данных с данными других установок.

33

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

**Author:** Эдуард Богомолов<sup>1</sup>

**Co-authors:** Валерио Формато<sup>2</sup>; Вольфганг Менн<sup>3</sup>; Геннадий Васильев<sup>1</sup>; Сергей Крутьков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН

<sup>2</sup> Университет Триеста

<sup>3</sup> Университет Зиген

**Corresponding Author:** edward.bogomolov@gmail.com

В работе представлены результаты измерений изотопного состава ядер от водорода до бериллия в галактических космических лучах с энергией до  $\sim 2$  ГэВ/нуклон, полученные в орбитальном эксперименте PAMELA вблизи минимума солнечной активности в 2006-2008 гг. Использован анализ распределений ионизационных потерь ядер с известной из траекторных измерений в зазоре магнита жесткостью в многослойном калориметре из 44 слоёв вольфрама и кремниевых стриповых детекторов магнитного спектрометра PAMELA. Анализ распределений ионизационных потерь проведен для ядер до их ядерных взаимодействий в материале калориметра с использованием обрезания высокоэнергетичной части энергосодержания ядер (распределение Ландау) в стриповых детекторах калориметра для улучшения разрешения ядер по массе из опыта работы с идентификаторами релятивистских частиц на ускорителях высоких энергий. Дополнительно для разделения изотопов ядер водорода и гелия использованы 2-мерные распределения ограниченных ионизационных потерь ядер в зависимости от их времени пролёта через прибор. При анализе использованы результаты GEANT4 моделирования распределений ионизационных потерь изотопов ядер с шагом по жесткости 0.2 ГВ, хорошо согласующиеся с соответствующими экспериментальными распределениями. Заряды ядер определялись из данных сцинтилляционного телескопа магнитного спектрометра PAMELA. Получены спектры изотопов  $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{He}$ ,  $^6\text{Li}$ ,  $^7\text{Li}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^9\text{Be}$  и  $^{10}\text{Be}$  в зависимости от жесткости и энергии и их соотношений.

34

## Поиск солнечных нейтронов с энергией меньше 100 МэВ в эксперименте PAMELA в вспышках 2006-2014

**Author:** Эдуард Богомолов<sup>1</sup>

**Co-authors:** Геннадий Васильев<sup>1</sup>; Сергей Крутьков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН

**Corresponding Author:** edward.bogomolov@gmail.com

Представлены результаты поиска солнечных нейтронов с энергией меньше 100 МэВ от вспышек на Солнце в 2006-2014 гг. на основе анализа полётных данных международного космического эксперимента PAMELA. Для анализа отбирались по данным спутников GOES вспышки с потоками солнечных космических лучей с энергией свыше 100 МэВ на околоземной орбите

свыше  $\sim 104$  (см<sup>2</sup>ср день)<sup>-1</sup>. Поиск солнечных нейтронов проводился путём сравнения счёта нейтронного детектора спектрометра PAMELA в районах вблизи экватора на витках орбиты до и после вспышки при условии прямой видимости Солнца. Вклад в эффект изменения геомагнитных порогов на анализируемых витках полёта PAMELA учитывался с использованием данных о счёте нейтронов при том же положении космического аппарата на орбите за сутки до вспышки. Неизменность счёта сцинтилляционного телескопа прибора на участках орбиты полёта до и после вспышки исключает возможный фон измерений солнечных нейтронов от взаимодействий солнечных космических лучей маловероятных высоких энергий с материалом спектрометра PAMELA и космического аппарата. Энергия регистрируемых солнечных нейтронов оценивалась по времени пролёта солнечных нейтронов на базе Солнце-Земля от момента рентгеновской вспышки (данные спутников GOES) до момента их возможной регистрации нейтронным детектором PAMELA. С учётом энергетической зависимости эффективности регистрации нейтронов нейтронным детектором оценён порог чувствительности поиска солнечных нейтронов данным методом на уровне  $\sim 300$  (м<sup>2</sup> сек)<sup>-1</sup>. Максимальный зарегистрированный эффект при поиске солнечных нейтронов соответствовал потоку нейтронов  $\sim 1800$  (м<sup>2</sup> сек)<sup>-1</sup>. Регистрация нейтронов после их замедления проводилась годоскопом счётчиков <sup>3</sup>He. Площадь нейтронного детектора  $\sim 0.18$  м<sup>2</sup>.

35

## Пространственно - временная структура диска ШАЛ с энергией выше 1019 эВ

Author: Stanislav Knurenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Yu.G. Shafer Institute of cosmophysical research and aeronomy SB RAS, 31 Lenin Ave., 677980 Yakutsk, Russia

Corresponding Author: s.p.knurenko@ikfia.sbras.ru

Используя детекторную базу малой черенковской установки ШАЛ: сцинтилляционные детекторы с разными энергетическими порогами наземным и подземным размещением, дифференциальные черенковские детекторы определены задержки прихода частиц относительно первой зарегистрированной частицы. Изучена форма отклика в сцинтилляционных детекторах на временной шкале в 25 мкс. По данным регистрации сигнала в ливнях с энергией выше 1019 эВ получено временное распределение заряженных частиц и фотонов в диске ШАЛ. Установлено, что основная доля заряженных частиц (до 95 %) приходит компактно в течение  $\approx 2$  мкс, но в диске ШАЛ имеются частицы, задержанные и на время  $\approx 5$  мкс. Характерно, что задержанные на большое время частицы эффективно регистрируются в наклонных событиях ШАЛ и сцинтилляционными детекторами с низким энергетическим порогом  $\approx 1,8$  МэВ. Расчеты временных распределений электронов, мюонов, гамма-квантов и нейтронов для уровня моря и зимних условий Якутска (Кнуренко, 2013) и Ерлыкина (2007) для уровня гор и расстояний 1000 м от оси ШАЛ показали, что существует вероятность регистрации нейтронов через регистрацию сцинтилляционными детекторами с низким энергетическим порогом электронов, рождающихся при замедлении нейтрона в веществе детектора и окружающих его предметах, а также в мерзлом грунте и толстом слое снега, что характерно для условий регистрации заряженных частиц на Якутской установке ШАЛ.

В настоящее время статистика событий пополняется и целью набора статистики является дальнейшее изучение природы задержанных на большое время частиц.

1. S. P. Knurenko, A. Saburov. // Proc. 33rd ICRC, Rio de Janeiro, 2013.
2. A. D. Erlykin. // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2007. 71. 4. 537-540

36

## Модель роста водяных капель

**Author:** Gavriil Pavlov<sup>1</sup>

**Co-authors:** Germogen Krymsky<sup>2</sup>; Stanislav Petukhov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS*

<sup>2</sup> *Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy*

**Corresponding Author:** ganya1981@mail.ru

Выполнено моделирование процессов возникновения и роста водяных капель в условиях пересыщенного пара. Обнаружена зарядовая асимметрия процесса при малых размерах капель. Моделирование выполнено на микроскопическом уровне, когда изучалось электростатическое взаимодействие между молекулами воды и их взаимодействие с ионами. Обнаруженная зарядовая асимметрия аппроксимировалась моделью молекул со сдвинутым от центра электрическим диполем. Далее осуществлялся переход к модели сплошной среды с параметрами, настраиваемыми с помощью результатов микроскопического моделирования. Моделирование показало существование порога пересыщения разной величины для положительно и отрицательно заряженных капель. Величины порогов приблизительно соответствуют известным экспериментальным данным.

37

## **Космогенные радионуклиды в хондритах Chelyabinsk и Kosice и особенности 23 и 24 солнечных циклов**

**Author:** Victor Alexeev<sup>1</sup>

**Co-authors:** Galina Ustinova<sup>2</sup>; Matthias Laubenstein<sup>3</sup>; Pavel Povinec<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry Ras*

<sup>2</sup> *Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS*

<sup>3</sup> *National Laboratory of Gran Sasso, INFN, Assergi, 67010 Italy*

<sup>4</sup> *Comenius University, Mlynska dolina F1, SK 842 48*

**Corresponding Author:** ustinova@dubna.net.ru

Космогенные радионуклиды с разными периодами полураспада, включая <sup>26</sup>Al, <sup>60</sup>Co, <sup>22</sup>Na, <sup>54</sup>Mn, <sup>48</sup>V, <sup>46</sup>Sc и другие, измерены в хондритах с зарегистрированными орбитами Chelyabinsk (падение 15 II 2013, афелий  $q' = 2.78 \pm 0.20$  а.е.) и Kosice (падение 28 II 2010,  $q' = 4.5 \pm 0.5$  а.е.), т.е. на восходящей ветви 24 солнечного цикла, что, в соответствии с разными  $T_{1/2}$  радионуклидов, предоставляет информацию об интенсивности и вариациях ГКЛ на разных гелиоцентрических расстояниях и в разные периоды времени в 23 и 24 солнечных циклах. Высокоэффективные низкофоновые измерения без разрушения образцов выполнены на подземном гамма-спектрометрическом комплексе широкообъемных Ge-детекторов при более чем 10-кратном снижении фона. По результатам трековых исследований и содержанию долгоживущих радионуклидов <sup>60</sup>Co и <sup>26</sup>Al идентифицированы размеры хондритов и глубина залегания исследуемых образцов. Эти данные проверены путем расчета содержаний короткоживущих <sup>46</sup>Sc и <sup>48</sup>V, накопленных практически у Земли, при использовании результатов стратосферных измерений [Stozhkov et. al, 2009] интенсивности ГКЛ в течение  $\sim 1.5T_{1/2}$  этих изотопов перед падением хондритов на Землю. Полученные результаты анализа содержаний <sup>54</sup>Mn и <sup>22</sup>Na в идентифицированных таким методом образцах сопоставлялись средним гелиоцентрическим расстояниям хондритов, на которых накапливались эти радионуклиды перед падением хондритов на Землю, что позволило оценить средние интегральные градиенты ГКЛ ( $E > 0.5$  ГэВ) в соответствующие периоды времени. Эти данные дали возможность продолжить проводимый нами с 1957 г. мониторинг интенсивности и вариаций ГКЛ в гелиосфере до 2013 г., т.е. на временной шкале уже шести 11-летних солнечных циклов. Выявленные долговременные закономерности этого однородного ряда данных свидетельствуют о стохастическом характере различий солнечных циклов, обусловленном стохастическими процессами перестройки солнечных магнитных полей в фазах максимума солнечных циклов. Особенности переходного минимума между 23 и 24 солнечными циклами, так же как и на восходящей фазе 24 цикла, выявленные по

содержанию космогенных радионуклидов в свежевывапавших хондритах Chelyabinsk и Kosice, подтверждают эти закономерности.

38

## Измерение спектров частиц высоких энергий в космических лучах в эксперименте ПАМЕЛА.

**Author:** Александр Карелин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

**Corresponding Author:** karelin@hotbox.ru

Одной из важнейших задач эксперимента Памела является исследование энергетических спектров разных типов космических частиц в широком интервале энергий. Прибор, выведенный на орбиту в июне 2006 года на борту КА, находится там в рабочем состоянии по сегодняшний день. В диапазоне высоких энергий недоступном для измерений при помощи магнитного спектрометра используется позиционно-чувствительный калориметр. С помощью последнего были проведены измерения энергетических спектров электронов с энергией выше 330 ГэВ, а также протонов и ядер гелия космических лучей с энергией выше 0.8 ТэВ/нуклон. Представленные результаты, основаны на данных полученных за период измерений 2006-2013 гг.

39

## Lateral distributions of signals in air extensive showers and energy estimates

**Author:** Leonid Dedenko<sup>1</sup>

**Co-authors:** Galina Fedorova<sup>2</sup>; Tatiana Roganova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Physics, Skobeltsin Institute of Nuclear Physics

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Skobeltsin Institute of Nuclear Physics

**Corresponding Author:** ddn@dec1.sinp.msu.ru

Lateral distributions of signals in air extensive showers with energies above  $10^{*}8$  GeV have been simulated in terms of various hadronic interaction models with the help of the CORSIKA package. Primary importance is given to simulations of signals in the Yakutsk shower detectors from all shower particles with the help of the GEANT4 package. The energy estimates are calculated using simulated signals at a fixed distance from the shower core. Dependences of lateral distribution functions at large distances from the shower core and the calculated energy estimates on hadronic interaction models, the Geomagnetic field and fluctuations in shower development are analyzed.

40

## О массовом составе при ультравысоких энергиях по открытым данным ОЖЕ коллаборации (статистический подход с использованием функции копула)

**Author:** Александр Кириллов<sup>1</sup>

**Co-author:** Илья Кириллов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> НИИЯФ МГУ Москва 119991 Ленинские горы 1

<sup>2</sup> Концерн "Энергоатом" Москва 109507, Ферганская 25

**Corresponding Author:** krl@dec1.sinp.msu.ru

Для исследования динамики изменения массового состава космических лучей самых высоких энергий используются данные, предоставленные Оже-коллекцией для всеобщего использования, по состоянию на 01.01.2014. Исследование статистическими методами с привлечением аппарата описания внутренних связей многомерных распределений (функции копулы) показывает обогащение более тяжелой компонентой группы средних ядер. Это утяжеление имеет сложный характер и происходит постепенно с ростом энергии (3·10<sup>18</sup> – 5·10<sup>19</sup>) эВ. Резких, существенных изменений массового состава имеющиеся данные (1% всех имеющихся у коллекции данных) не показывают.

ШАЛ регистрируется этой установкой записью показателей детекторов удаленных друг от друга на расстояние 1,6 км. Рассматривалось несколько вариантов идентифицирующих функций, зависящих от массового состава. (Например, основной вариант – среднее значение расстояний от оси ливня детекторов, зарегистрировавших данное событие и среднее значение зарегистрированной энергии.) Для каждого события вычислялись значения этих функций. События (всего 2417) энергии (1,8·10<sup>18</sup> – 5·10<sup>19</sup>) эВ разделялись на несколько энергетических интервалов. Совокупность значений идентифицирующих функций событий, принадлежащих данному интервалу, рассматривается как многомерная теретико-вероятностная функция распределения, соответствующая данному интервалу. Значения её характеристик (например, значения средних её маргиналов, коэффициент корреляции  $\rho_{ij}$ , и меры внутренних связей, определяемые копулой) являются характеристиками интервала. Для каждого интервала вычислялись значения его характеристик. Все события и все энергетические интервалы обрабатываются одинаково. Далее рассматривается эволюция полученных значений характеристик этих интервалов с ростом энергии. Исследование и физическая интерпретация полученных закономерностей этой эволюции приводят к вышеприведенному выводу. Скромная статистика (106 событий в самом высокоэнергичном интервале (1–5)·10<sup>19</sup> эВ) заставляет ограничиться только качественным уровнем исследования, но указывает на утяжеление массового состава и показывает отсутствие резких крупномасштабных изменений в интервале 3·10<sup>18</sup> – 3·10<sup>19</sup> эВ. Авторы надеются, что не только расчёты основанные на глубине максимума каскада, но увеличение статистики и использование (или разработка новых) более адекватных данной физической проблеме идентифицирующих функций и мер копулы позволят получить более точные результаты

#### Summary:

Исследование статистическими методами с привлечением аппарата описания внутренних связей многомерных распределений (функции копулы) показывает обогащение более тяжелой компонентой группы средних ядер. Это утяжеление имеет сложный характер и происходит постепенно с ростом энергии (3·10<sup>18</sup> – 5·10<sup>19</sup>) эВ. Резких, существенных изменений массового состава имеющиеся данные (1% всех имеющихся у коллекции данных) не показывают.

41

## Статус эксперимента МОНИКА по исследованию ионного состава солнечных космических лучей

**Author:** Alexey Bakaldin<sup>1</sup>

**Co-authors:** Alexander Karelin<sup>2</sup>; Alexander Kvashnin<sup>3</sup>; Arkady Galper<sup>1</sup>; Nikolai Zamyatin<sup>4</sup>; Sergey Khabarov<sup>4</sup>; Sergey Voronov<sup>1</sup>; Yury Stozhkov<sup>3</sup>

<sup>1</sup> National Research Nuclear University "MEPhI"

<sup>2</sup> MEPhI

<sup>3</sup> Lebedev Physical Institute

<sup>4</sup> Joint Institute for Nuclear Research

**Corresponding Author:** bakaldin71@mail.ru



Представлен текущий статус спутникового эксперимента МОНИКА по исследованию потоков ионов космических лучей от He до Ni в диапазоне энергий 10-300 МэВ/н в окрестности Земли. Основной научной задачей эксперимента МОНИКА является измерение ионного и изотопного состава, энергетических спектров солнечных космических лучей для отдельных солнечных событий, и изучение эволюции этих характеристик во времени. Эксперимент МОНИКА позволит также исследовать ионный и изотопный состав аномальной компоненты космических лучей, галактических космических лучей и потоков ядер в радиационном поясе Земли. Наблюдения потоков ионов будут проводиться с помощью светосильного многослойного полупроводникового телескопа-спектрометра МОНИКА, установленного на борту космического аппарата, имеющего околоземную круговую полярную орбиту высотой порядка 600 км, которая позволит реализовать метод измерения заряда ионов с энергиями более 10 МэВ/н, основанный на использовании магнитного поля Земли в качестве сепаратора заряда. Геомфактор прибора составляет  $100 \text{ см}^2 \text{ ср}$ , угловое разрешение –1 градус.

42

## Экспериментальные указания на аномальный характер вклада в КЛ от близкого одиночного источника.

**Author:** SERGEY SHAULOV<sup>1</sup>

**Co-author:** Sergey Bezshapov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> FIAN

**Corresponding Author:** ser101@inbox.ru

Результаты измерения тонкой структуры спектра космических лучей (КЛ) в интервале энергий 1015–1018 эВ противостоят модели резкого излома в спектре при энергии 3·1015 эВ и указывают на вклад в поток КЛ от одиночного близкого источника. Появление значимого вклада от одиночного источника подтверждается также видом экспериментальных данных об анизотропии КЛ.

Обсуждается модель, в которой наблюдаемые в этой же области энергий аномальные характеристики мюонной и адронной компонент ШАЛ относятся к излучению одиночного источника. Рассматривается возможность того, что источником является кварковая звезда.

### Summary:

1. Тонкая структура спектра ШАЛ изучалась на установке АДРОН (Гянь-Шань). Ее особенность заключается в ряде характеристик: высокогорность, малое расстояние между детекторами ШАЛ (7 м), высокая точность определения оси ШАЛ (0.2 м) с помощью сплошного ковра ионизационных камер, расположенных крест-накрест, и относительно большой динамический диапазон электроники ( $>10^4$ ). Это позволило корректно выделить вклад в спектр ШАЛ аномально узких ливней ( $s < 0.4$ ). Отличие в эффективности учета таких ливней на разных установках по видимому является основной причиной отличия спектров в области 1017 эВ.
2. Сравнительный анализ последних измерений спектра КЛ в области 1017 эВ подтверждает ранее сделанный вывод о наличии особенности типа бампа или уступа. Такая форма тонкой структуры спектра в области 1015-1018 эВ и данные анизотропии КЛ приводят к необходимости ревизии моделей колена и вероятнее всего указывают на наличие вклада от одиночного близкого источника КЛ.
3. Использование рентгеноэмульсионной камеры в качестве детектора стволов ШАЛ в эксперименте АДРОН позволило получить ряд новых данных, которые свидетельствуют о присутствии ливней с аномальными характеристиками. Одновременное увеличение числа мюонов в ливнях и энергии ТэВных гамма-квантов ( $\pi^0$ ) не удастся объяснить стандартными моделями развития ядерно-электромагнитных каскадов в атмосфере. Если предположить, что эти каскады относятся к излучению близкого источника, то аномальные свойства ливней можно связывать с излучением гипотетической кварковой звезды. Гипотеза требует детальной экспериментальной проверки.

43

## Физические характеристики гамма-телескопа ГАММА-400. Угловое разрешение, разделение электронов и протонов.

Author: Alexey Leonov<sup>1</sup>

Co-authors: Андрей Архангельский<sup>1</sup>; Аркадий Гальпер<sup>1</sup>; Валерий Зверев<sup>1</sup>; Владимир Кадилин<sup>1</sup>; Владимир Каплин<sup>1</sup>; Ирина Архангельская<sup>1</sup>; Максим Хеймиц<sup>1</sup>; Михаил Рунцо<sup>1</sup>; Николай Топчиев<sup>2</sup>; Пётр Наумов<sup>1</sup>; Сергей Сучков<sup>2</sup>; Юрий Гусаков<sup>2</sup>; Юрий Юркин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

<sup>2</sup> ФИАН

Corresponding Author: leon@ibrae.ac.ru

В настоящее время разрабатывается гамма-телескоп ГАММА-400. Этот прибор предназначен для измерения потоков гамма излучения и электрон-позитронной компоненты космических лучей в диапазоне энергий от 100 МэВ до нескольких ТэВ. Такие измерения вызывают интерес в связи со следующими научными задачами: поиском продуктов аннигиляции или распада частиц тёмной материи; проведением глубокого анализа небесной сферы с целью поиска и исследования дискретных источников гамма излучения; измерением энергетических спектров галактического и внегалактического диффузного гамма излучения; исследованием гамма всплесков и гамма излучения активного солнца. Гамма-телескоп ГАММА-400 обладает уникальными физическими характеристиками по сравнению с предыдущими приборами, а также с приборами, которые проводят измерения в настоящее время. Угловое разрешение гамма-телескопа составляет величину, меньшую, чем 0.02 град., для гамма-излучения с энергией 100 ГэВ. В данном докладе представлены методика восстановления направления прилёта высокоэнергичных гамма-квантов и результаты исследования способности прибора ГАММА-400 разделять электроны и протоны.

Для восстановления направления прилёта проводится анализ пространственного развития электромагнитного каскада, возникающего при взаимодействии первичных гамма-квантов с веществом гамма-телескопа. Вторичные частицы, в том числе частицы обратного тока, существенно усложняют процедуру восстановления трека первичной электрон-позитронной пары, образующейся при конверсии высокоэнергичного гамма-кванта. Разработанный метод позволяет восстанавливать направление оси электромагнитного каскада и обеспечивает угловое разрешение лучше, чем 0.02 град. для энергии 100 ГэВ.

Основными компонентами космических лучей являются протоны и ядра гелия. Вклад электрон-позитронной компоненты космических лучей при высоких энергиях составляет величину около 0.001. При исследовании способности гамма-телескопа ГАММА-400 разделять электроны и позитроны от протонов в космических лучах изучается отдельный вклад каждой детекторной системы прибора в режекцию протонов. Использование суммарной информации от всех детекторных систем позволяет получить коэффициент режекции протонов  $\sim 4 \times 10^5$  для вертикальных частиц и  $\sim 3 \times 10^5$  для частиц, попадающих в гамма-телескоп под углом 30 град.

44

## Четырёхканальная установка Нейтрон-БНО

Author: Viktor Alekseenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute for Nuclear Research

Сообщаются сведения о новой экспериментальной установке «Нейтрон-БНО», введённой в эксплуатацию в декабре 2013 года в Баксанской Нейтринной Обсерватории. Установка предназначена для регистрации и изучения вариаций потока тепловых нейтронов во время гроз и Форбуш-эффектов. Регистрация потока нейтронов осуществляется четырьмя эн-детекторами на основе компаунда мишень-сцинтиллятор 6LiF+ZnS(Ag). Приведены первые результаты регистрации вариаций нейтронного потока.

45

## Вариации нейтронного потока во время гроз

**Author:** Viktor Alekseenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institute for Nuclear reseach*

**Corresponding Author:** alekvictor@yandex.ru

Сообщаются результаты регистрации и анализа спорадических вариаций потока атмосферных тепловых нейтронов во время гроз. Регистрация потока нейтронов осуществлялась неэкранированными сцинтилляционными эн-детекторами на основе компаунда мишень-сцинтиллятор  $6\text{LiF} + \text{ZnS}$  (Ag), расположенными в различных физических условиях, и пропорциональными газовыми гелиевыми счётчиками. Зарегистрированы уменьшения нейтронного потока на 5-10% процентов связанные с ливневыми осадками во время гроз. За три летних сезона не было зарегистрировано фактов увеличения нейтронного потока, обусловленных молниевыми разрядами.

46

## Наблюдение космических лучей широкоугольным черенковским телескопом, работающим на совпадение с сцинтилляционными детекторами ЯКУШАЛ

**Authors:** Anatoly Ivanov<sup>1</sup>; Lev Timofeev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *SHICRA SB RAS*

**Corresponding Author:** timofeevlev@ikfia.sbras.ru

В этом докладе представлена методика наблюдения черенковского света от широких атмосферных ливней (ШАЛ) порожденных космическими лучами (КЛ) выше  $10^{16}$  эВ и первые результаты наблюдений. Детектором является широкоугольный черенковский телескоп работающий на совпадение с сцинтилляционными детекторами, интегральными и дифференциальными черенковскими детекторами Якутской комплексной установкой ШАЛ. Детектор расположен рядом (около 2м) с одним из интегральных черенковских детектором. В докладе представлены методика, технические характеристики телескопа, а также результаты полевых наблюдений на Якутской комплексной установке ШАЛ.

47

## Анализ распределения по прямым восхождениям космических лучей с энергией выше $10^{18}$ эВ по наблюдениям в Якутске

**Authors:** Alexey Krasilnikov<sup>1</sup>; Anatoly Ivanov<sup>1</sup>; Artem Sabourov<sup>2</sup>; Mikhail Pravdin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *IKFIA*

<sup>2</sup> *IKIFA*

**Corresponding Author:** ivanov@ikfia.ysn.ru

Представлены результаты анализа распределения космических лучей (КЛ) с энергиями выше  $10^{18}$  эВ по прямым восхождениям. Для этого использованы данные наблюдений 1974-2008 гг. на Якутской установке широких атмосферных ливней (ШАЛ), с привлечением двух методов анализа - гармонического и дисперсионного. Вычислены амплитуды первых двух

гармоник, а также фаза первой гармоники, меняющиеся с энергией КЛ. По второму методу найдена минимальная ширина распределения в сравнении с ожидаемой шириной изотропного распределения. Показано, что в интервале энергии ( $10^{19}$ ,  $1.78 \times 10^{19}$ ) эВ имеется некое отклонение от изотропии, получаемое двумя методами, которое может быть объяснено вкладом источника КЛ в интервале прямых восхождений (15,45) градусов. Первая гармоника демонстрирует систематический сдвиг по фазе с ростом энергии, что также не согласуется с изотропным распределением.

48

## **Широкоугольный черенковский телескоп и программа модернизации черенковских детекторов Якутской установки ШАЛ**

**Authors:** Alexey Krasilnikov<sup>1</sup>; Anatoly Ivanov<sup>1</sup>; Ivan Sleptsov<sup>1</sup>; Lev Timofeev<sup>2</sup>; Mikhail Pravdin<sup>1</sup>; Stanislav knurenko<sup>3</sup>; Zim Petrov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IKFIA

<sup>2</sup> SHICRA SB RAS

<sup>3</sup> Yu.G. Shafer Institute of cosmophysical research and aeronomy SB RAS, 31 Lenin Ave., 677980 Yakutsk, Russia

**Corresponding Author:** ivanov@ikfia.ysn.ru

Описаны характеристики и результаты полевых испытаний широкоугольного черенковского телескопа, работающего на совпадение сигналов с наземными детекторами Якутской установки широких атмосферных ливней (ШАЛ). Обсуждается программа модернизации подсистемы черенковских детекторов установки, нацеленной на исследование галактической компоненты космических лучей.

50

## **Происхождение космических лучей с энергиями от $10^6$ до $10^{21}$ эВ**

**Author:** Vladimir Ptuskin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IZMIRAN

**Corresponding Author:** vptuskin@hotmail.com

Обзор современного состояния проблемы происхождения космических лучей. Обсуждаются ускорение космических лучей в остатках сверхновых, интерпретация данных Voyager 1 по частицам низких энергий, структура колена в энергетическом спектре при  $3 \cdot 10^{15}$  эВ, предел ускорения частиц в галактических источниках, природа космических лучей самых высоких энергий.

51

## **Характерное электрическое состояние грозовой атмосферы из данных по вариациям космических лучей**

**Author:** Наиль Хаердинов<sup>1</sup>

**Co-authors:** Александр Лидванский<sup>2</sup>; Михаил Хаердинов<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Сафович<sup>2</sup> Сергеевич<sup>3</sup> Наильевич**Corresponding Author:** khaerdinovns@yandex.ru

Последние двадцать лет, в теории электрических разрядов в грозовой атмосфере, формируется механизм пробоя атмосферного воздуха лавинами релятивистских убегающих электронов. Этот тип разряда аналог коронному, базирующемуся на релятивистских частицах. Наблюдение условий такого электрического разряда в атмосфере вызывает большой интерес. Вместе с тем, обычное состояние грозовой атмосферы в активной фазе – пороговое для молниевое разряда. Любое непосредственное вмешательство в этот процесс, с целью изучения, необратимо исказит естественное состояние. Широко известны данные по измерению напряжённости поля грозовой атмосферы, полученные Маршалом и др. с помощью ракетных и баллонных измерений, на основании которых делается вывод о естественном ограничении напряжённости вертикального поля, пропорционально плотности, пороговым значением перенапряжения  $\delta = 1$  (216 кВ/м для уровня моря), Однако, сообщалось и о случае регистрации поля в течении 1 минуты с перенапряжением  $\delta = 1.3$ . Возможно, ошибки методического характера вносят искажения в наблюдения. В связи с этим, диагностические исследования электрического состояния активной фазы грозы, выполненные с помощью анализа поведения космического излучения, естественным образом зондирующего атмосферу, являются более корректными в сравнении с прямыми измерениями на баллонах.

В данной работе анализируются, ранее опубликованные экспериментально полученные на установке «Ковёр» БНО ИЯИ РАН распределения вариаций интенсивности вторичных частиц космических лучей, в зависимости от значений приземной напряжённости за летние и осенние периоды. В распределениях существуют области, измеряемых на земле напряжённостей ( $Dz > 7$ кВ/м), при которых вариации космических лучей не объясняются трансформацией спектра в приземном поле. Такие возмущения ранее названы аномальными в отличие от нормальных, коррелирующих с приземным полем. В случае электрон – фотонной компоненты, для объяснения эффекта, требуется дополнительная генерация частиц. По статистике, эти аномальные возмущения максимальны при значениях приземной напряжённости  $Dz = 10 \pm 12$  кВ/м. Возникает вопрос – какова напряжённость поля в месте генерации частиц? Вариации интенсивности мюонов, несут в себе информацию о глубоких слоях атмосферы. Опираясь на экспериментально измеренные для интенсивности мюонов коэффициенты регрессии с приземным полем, привлекая модель формирования вариаций интенсивности мюонов, строится высотный профиль напряжённости поля над установкой под нижним зарядовым слоем в зависимости от приземной напряжённости, не противоречащий наблюдаемым данным. Для нашей установки, удачно отвечает требованиям модель профиля с гиперболической зависимостью от высоты и постоянной напряжённостью на протяжении последнего участка толщиной  $\Delta h = 5.4$  г/см<sup>2</sup>. Значения максимальной напряжённости вдоль профиля для высоты  $h$  (район нижнего заряженного слоя), в единицах перенапряжения, соответствующие «особым» точкам распределения вариаций электрон – фотонной компоненты:  $\delta 7$ кВ/м = 1.71,  $\delta 10$ кВ/м = 2.44,  $\delta 12$ кВ/м = 2.93. Статистические ошибки: сверху +131% и снизу -24%. ( $\delta = \beta/\beta_c$ ,  $\beta_c = 1.67$  МВ/(г/см<sup>2</sup>), соответствует  $D_c = 216$  кВ/м при н. усл.) При этих напряжённостях должен идти пробой на убегающих электронах в припороговом режиме. Что и регистрируется.

**Summary:**

На основе модели влияния электрического поля на интенсивность мюонов, описывающей эксперимент, разработан независимый метод диагностики распределения поля в нижней атмосфере. Показано, что случаи аномальных возмущений интенсивности мягкой компоненты являются следствием пробоя на убегающих электронах в припороговом режиме. Этот тип пробоя в условиях данных наблюдений является регулярной причиной ограничения роста приземной напряжённости. Глобальной причиной увеличения перенапряжения поля в атмосфере до  $\delta 12$ кВ/м  $\sim 3$ , является пробой стратосферы в припороговом режиме.

53

**Search Dark Matter on Data Yakutsk EAS Array****Author:** Aleksei Mikhailov<sup>1</sup>

**Co-author:** Valery Kolosov <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Alekseevich*

<sup>2</sup> *Afanasievich*

**Corresponding Author:** mikh@ikfia.sbras.ru

According some assumptions the Dark matter can be present in halo of Galaxy. In this model the relic superheavy particles can comprise part of the Dark matter and are concentrated in the galactic halo. The ultrahigh energy cosmic rays are produced by the decays these particles. Also rate of registration cosmic rays in presence of Dark matter may be depended relatively projection move of Earth to galactic center. We search the presence Dark matter in our Galaxy by data of Yakutsk EAS array.

54

## **Определение спектров внегалактических источников космических лучей сверхвысоких энергий**

**Author:** Владимир Зиракашвили<sup>1</sup>

**Co-authors:** Владимир Птускин <sup>1</sup>; Евгений Клепач <sup>1</sup>; Светлана Роговая <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *ИЗМИРАН*

**Corresponding Author:** rogovaya@izmiran.ru

На основе решения обратной задачи переноса космических лучей с энергиями 1018 –1021 эВ во Вселенной, заполненной фоновым излучением, проведены расчеты энергетических спектров источников внегалактических космических лучей. Расчеты проведены для двух типов спектров космических лучей у Земли, полученных соответственно в экспериментах Telescope Array + HiRes и в эксперименте Auger. Предполагается, что в составе источников доминируют протоны и ядра железа. Определены ожидаемые спектры вторичных ядер. Выявлено, как проявляется некорректность обратных задач переноса космических лучей. Получены отклонения от степенной зависимости энергетических спектров источников космических лучей. Исследованы случаи, когда спектры различных типов ядер в источниках одинаковым образом зависят от магнитной жесткости частиц и когда это условие не выполняется и спектры источников протонов и ядер железа определяются из данных Auger по энергетической зависимости величины  $\langle \ln A \rangle$ .

55

## **Длиннопробежная компонента космических лучей по данным экспериментов с рентгеноэмульсионными камерами на Памире и Тянь-Шане**

**Author:** В.С. Пучков<sup>1</sup>

**Co-authors:** А.Е. Морозов <sup>2</sup>; А.П. Чубенко <sup>1</sup>; А.С. Борисов <sup>1</sup>; В.Г. Денисова <sup>1</sup>; В.И. Галкин <sup>3</sup>; Е.А. Каневская <sup>1</sup>; З.М. Гусева <sup>1</sup>; М.Г. Коган <sup>1</sup>; М.Д. Смирнова <sup>1</sup>; Р.А. Мухамедшин <sup>4</sup>; С.Е. Пятовский <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Физический институт им. П.Н.Лебедева Российской академии наук*

<sup>2</sup> *P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences*

<sup>3</sup> *Физический ф-т МГУ им. М.В.Ломоносова*

<sup>4</sup> *ИЯИ РАН*

**Corresponding Author:** puchkov@sci.lebedev.ru

Проанализировано происхождение наблюдаемого в эксперименте Памир избытка взаимодействующих адронов на глубине более 70 t-единиц в свинцовом поглотителе глубокой однородной рентгеноэмульсионной камеры (РЭК). Представлены предварительные экспериментальные данные о взаимодействии адронов в космических лучах по данным РЭК с большим воздушным зазором, экспонировавшейся на Памире и Тянь-Шане. Данный тип РЭК разработан для проверки гипотезы о значительном росте сечения рождения чармированных адронов при  $E_0 \sim 50$  ТэВ как основного источника наблюдаемого избытка пятен потемнения на рентгенографических пленках. Чармированные адроны генерируются в верхнем блоке РЭК, распадаясь в воздушном зазоре по электромагнитным каналам, иницилируя  $e^\pm$  и  $\gamma$ -кванты, которые дают рост наблюдаемого количества пятен потемнения в верхних слоях нижнего блока РЭК. Экспериментальные данные, полученные в РЭК с воздушным зазором и в глубокой свинцовой камере, сравниваются с результатами расчетов по модели FANSY 1.0. Сравнение показывает качественное совпадение экспериментальных данных с расчетными в предположении высокого сечения образования чармированных адронов  $\sim 8$  мб/нуклон при  $X_{lab} \geq 0.1$ .

56

## **Ионы $4\text{He}$ , C, O, Fe в диапазоне энергий 0.04-1 МэВ/нуклон в быстром и медленном солнечном ветре на 1 а.е. в минимуме активности 23 солнечного цикла.**

**Author:** Мария Зельдович<sup>1</sup>

**Co-author:** Юрий Логачев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИИЯФ МГУ

**Corresponding Author:** mariya@srd.sinp.msu.ru

Исследуются энергетические спектры ионов  $4\text{He}$ , C, O, Fe надтепловых энергией (0.04-1 МэВ/нуклон) по измерениям ACE/ULEIS и относительное содержание ионов в высокоскоростных потоках солнечного ветра из приэкваториальных корональных дыр в 2007-2011 гг. Показано, что относительное содержание надтепловых ионов C/O и Fe/O в минимуме и максимуме солнечной активности соответствует относительному содержанию ионов в быстром и медленном солнечном ветре. Наибольшие вариации с уровнем солнечной активности наблюдались в величинах  $4\text{He}/\text{O}$  и  $\text{Fe}/\text{O}$ , при этом форма энергетических спектров всех изучаемых ионов изменялась с солнечной активностью, что накладывает определенные ограничения на выбор механизмов ускорения ионов солнечного ветра до надтепловых энергий, таких как стохастическое ускорение в турбулентной среде солнечного ветра и ускорение на межпланетных ударных волнах.

57

## **События с энергичными солнечными частицами в 21-24 циклах солнечной активности**

**Author:** Галина Базилевская<sup>1</sup>

**Co-authors:** Виталий Ишков<sup>2</sup>; Галина Сурова<sup>3</sup>; Елена Дайбог<sup>3</sup>; Инна Петренко<sup>4</sup>; Леонид Лазутин<sup>3</sup>; Леонтий Мирошниченко<sup>2</sup>; Маргарита Назарова<sup>4</sup>; Олеся Яковчук<sup>3</sup>; Юрий Логачев<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФИАН

<sup>2</sup> ИЗМИРАН, НИИЯФ МГУ

<sup>3</sup> НИИЯФ МГУ

<sup>4</sup> ИПП

**Corresponding Author:** gbaz@rambler.ru

Текущий 24-й цикл солнечной активности отличается дефицитом событий, содержащих релятивистские протоны (наземные возрастания, GLE). На апрель 2014 г., который является 64-м месяцем с начала 24-го цикла, зарегистрировано всего одно такое событие, тогда как в предыдущих циклах за тот же период было зарегистрировано от 7 до 13 событий. Соотношение числа событий, содержащих протоны с энергией выше 10 МэВ и выше 100 МэВ, для текущего цикла не отличается от предыдущих циклов. Мы анализируем солнечные протонные события разной мощности и сопровождающие их явления на Солнце на протяжении 21-24 циклов активности с целью установить причину дефицита GLE в 24-м цикле.

58

## **ПОЛЯРИЗАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ПОСЛЕСВЕЧЕНИЙ ГАММА – ВСПЛЕСКОВ В МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С НАРУШЕННОЙ ЛОРЕНЦ –ИНВАРИАНТНОСТЬЮ.**

**Author:** Юрий Гришкан<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Самуилович

Построен ортогональный базис поляризационных параметров Стокса для электромагнитного излучения с нарушенной лоренц - инвариантностью во внешнем классическом гравитационном поле. Рассчитаны средние по энергии значения параметров Стокса. Показано, что экспериментальные данные по поляризации излучения послесвечений гамма –всплесков в жёстком рентгеновском диапазоне можно объяснить смешиванием левой и правой поляризаций в потоке излучения, принимаемого от источника. Величина средней линейной поляризации излучения не зависит от величины параметра нарушения лоренц –инвариантности и вида спектра мощности источника излучения. Она полностью определяется значением параметра смешивания  $b$  левой и правой поляризаций излучения. Выполнено сравнение расчётов с результатами экспериментов IBIS/INTEGRAL и GAP/ IRAROS. Результаты эксперимента GAP объясняются конкретными значениями параметра  $b$  для излучения исследованных в нём послесвечений гамма -всплесков. Предложены способы модификации используемых в эксперименте поляризационных приборов, при которых возможно более полное исследование поляризации электромагнитного излучения.

### **Summary:**

Существующие сегодня поляризационные приборы способны измерять только линейную поляризацию электромагнитного излучения в жёстком рентгеновском и мягком гамма энергетических диапазонах [10]. Если расположить регистрирующие модули поляриметров в любом правильном двумерном или трёхмерном порядке, например по классической схеме «звезда», появится возможность измерения средних значений поляризационных параметров  $Q, U, V$  по - отдельности. Это позволит выявить их зависимость от красного смещения  $z$ , спектральной плотности  $n(k)$ , вида спектральной функции  $f(k)$ . Тогда появляется возможность сделать выбор между различными моделями исследуемого эффекта.

59

## **Наблюдения долготного распределения солнечных космических лучей в событиях 2012 года**

**Author:** Alexei Struminsky<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Space Research Institute



**Corresponding Author:** astrum@iki.rssi.ru

Рассмотрено долготное распределение интенсивности потока солнечных космических лучей в мощных событиях 2012 года по данным КА SOHO, STEREO-A и B, расположенных на расстоянии 1 а.е. в различных точках эклиптики. Основное внимание уделяется наблюдениям эффекта «восток-запад» в начале и эффекта «резервуара» в конце событий, а также модуляции потока СКЛ распространяющимися структурами солнечного ветра. Начальная фаза рассмотренных событий, наблюдавшаяся на КА, соответствовала представлениям о приходе протонов от западных, центральных и восточных родительских вспышек. Во время поздней длительной фазы спады наблюдался эффект «резервуара» КА STEREO и SOHO как в спокойном солнечном ветре, так и в возмущенном солнечном ветре. Это говорит о том, что «резервуаром» равномерно заполненным частицами является не только область за фронтом ударной волны, а значительно большая область. Протонное событие 7 марта 2012 было наибольшим, зарегистрированным вблизи Земли в 24-ом цикле, несмотря на координаты N17E27 и N22E12 его родительских вспышек. Однако, оно не было рекордным из зарегистрированных в гелиосфере. Самое мощное протонное событие 24-го цикла наблюдалось вдали Земли КА STEREO-A 23 июля 2012 года, которое было центральным для STEREO-A, где было сжатие потока КЛ сходящимися ударными волнами.

60

## Анализ направлений прихода космических лучей сверхвысоких энергий

**Author:** Aleksei Mikhailov<sup>1</sup>

**Co-authors:** Valerii Kolosov<sup>2</sup>; Николай Ефремов<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Alekseevich*

<sup>2</sup> *Afanasievich*

<sup>3</sup> *Николаевич*

**Corresponding Author:** mikh@ikfia.sbras.ru

А.А. Михайлов, Н.Н. Ефремов, В.А. Колосов.  
Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю. Г. Шафера СО РАН, 677980, Якутск, Россия; E-mail: mikh@ikfia.sbras.ru

Анализируются направления прихода космических лучей сверхвысоких энергий по данным Якутской установки ШАЛ. Ранее нами был предложен новый метод анализа направлений прихода космических лучей с учетом вращения Земли. В этой работе мы анализировали данные Якутской установки ШАЛ данным методом.

### Summary:

The analysis of the Arrival Directions Ultrahigh Energy Cosmic Rays

A.A. Mikhaiov, N.N. Efremov, V.A.Kolosov

e-mail: mikh@ikfia.sbras.ru

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy, 31 Lenin Ave., 677980 Yakutsk, Russia

The Arrival directions of ultrahigh energy cosmic rays by Yakutsk array data are analyzed. Early we suggest new method of analyze arrival directions ultrahigh energy particles which take account rotate of Earth. Here we analyze Yakutsk array data by this method.

61

## Поиск темной материи по данным Якутской установки

**Author:** Aleksei Mikhailov<sup>1</sup>

**Co-author:** Valerii Kolosov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Alekseevich*

<sup>2</sup> *Afanasievich*

**Corresponding Author:** mikh@ikfia.sbras.ru

По некоторым предположениям темная материя может существовать в гало нашей Галактики. При этом реликтовые сверхтяжелые частицы могут составлять часть темной материи. При распаде данных частиц возможно образование частиц сверхвысоких энергий. Также по теоретическим предположениям темп регистрации частиц сверхвысоких энергий на установках может меняться в зависимости от проекции направления движения Земли относительно центра Галактики. По данным Якутской установки ШАЛ мы ищем присутствия темной материи в нашей Галактике.

According some assumptions the Dark matter can be present in halo of Galaxy. In this model the relic superheavy particles can comprise part of the Dark matter. The ultrahigh energy cosmic rays are produced by the decays these particles. Also rate of registration cosmic rays in presence of Dark matter may be depended relatively projection move of Earth to galactic center. We search the presence Dark matter in our Galaxy by data of Yakutsk EAS array.

62

## Регистрация нейтронов во время грозы с разрешением 10 мкс в Якутске

**Author:** Vladimir Kozlov<sup>1</sup>

**Co-authors:** Anatoliy Toropov<sup>2</sup>; Sergey Starodubtsev<sup>2</sup>; Victor Mullayarov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Ilich*

<sup>2</sup> *Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia*

**Corresponding Author:** anatol2010@mail.ru

Рассмотрены экспериментальные результаты регистрации нейтронной компоненты и напряженности электрического поля во время ближних гроз 2009-2013 гг. в Якутске. Зарегистрированы кратковременные всплески потока нейтронов во время ближних (5-7 км) молниевых разрядов на уровне моря (105 м). Всплески наблюдались во время значительного повышения поля которое скачком менялось в момент молниевых разряда. Увеличение потока нейтронов достигает 20% и выше от среднего уровня для данных минутного разрешения. Рассмотрены результаты синхронной регистрации с двух стандартных нейтронных счетчиков СНМ-15 (в свинце и без свинца) во время грозы с разрешением 10 мкс и вертикальной штыревой антенны регистрирующей электромагнитные сигналы ближних молний.

63

## Влияние спорадических проявлений солнечной активности на динамику атмосферного давления в высокогорных условиях

**Author:** Валентина Антонова<sup>1</sup>

**Co-author:** Сергей Крюков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт ионосферы Национального Центра космических исследований и технологий, Алматы, Казахстан*

**Corresponding Author:** valanta@rambler.ru

Представлены результаты исследования динамики атмосферного давления на высокогорной Тянь-Шаньской станции (высота 3340 м над уровнем моря) в течение 23-го и текущего циклов солнечной активности после выбросов корональных масс, сопровождавшихся форбуш-эффектами в космических лучах. Установлено, что для 80% рассмотренных событий спустя  $1 \div 2$  суток следует устойчивое понижение атмосферного давления независимо от состояния геомагнитного поля (спокойное или магнитная буря). Характер отклика атмосферного давления на эти события для уровней Тянь-Шаньской станции и г. Алматы (850 м над уровнем моря) различен. Полученные экспериментальные результаты сопоставлены с возможными механизмами воздействия спорадических проявлений солнечной активности на циркуляцию нижней атмосферы. Наилучшее соответствие получено для механизма, в котором главным звеном являются космические лучи.

64

## **Колено в спектре ПКИ и близкий источник (эксперимент)**

**Author:** Victor Pavlyuchenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Lebedev Physical Institute*

**Corresponding Author:** pavict@rambler.ru

Приводятся предварительные экспериментальные результаты проверки работоспособности разностного метода, специально разработанного для определения природы излома (колена) в энергетическом спектре первичного космического излучения. Метод изначально основан на предположении о диффузном характере распространения заряженных частиц в хаотических магнитных полях Галактики, поэтому в нем исследуются не интенсивности потоков ПКИ, а характеристики ШАЛ, приходящих с разных направлений. Анализируются методические возможности и особенности метода.

На основе экспериментальных данных о 3.38 млн ШАЛ с  $Ne > 10^5$  установки ГАММА (Арагац) получено статистически обеспеченное указание на существование близкого источника в Южном полушарии неба.

65

## **Дайбог Е.И., Кечкемети К., Лазутин Л.Л., Логачев Ю.И., Сурова Г.М. Релятивистские электроны в хвосте магнитосферы Земли в минимумах солнечной активности**

**Author:** Елена Исаевна Дайбог<sup>1</sup>

**Co-authors:** Галина Михайловна Сурова<sup>1</sup>; Карой Кечкемети<sup>2</sup>; Леонид Леонидович Лазутин<sup>1</sup>; Юрий Иванович Логачев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *НИИЯФ МГУ*

<sup>2</sup> *Вигнер исследовательский центр ВНА*

**Corresponding Author:** daibog@srd.sinp.msu.ru

На больших расстояниях (10  $R_E$  и более) от Земли измерения потоков частиц в магнитосфере проводится крайне редко, а их динамика важна для понимания структуры магнитосферы, направления их дрейфов, механизмов проникновения солнечных частиц в магнитосферу и других вопросов взаимодействия частиц-поле.

Орбита и приборы спутника Земли IMP-8 позволяют восполнить этот пробел. Спутник IMP-8

имел близкую к круговой орбиту на расстоянии около 35 Re. от Земли. Имеются результаты полета спутника IMP-8 с 1974 по 2001 гг. Период обращения спутника по орбите составлял 12 суток, из которых он находился в хвосте магнитосферы около 4 суток. Проведен анализ потоков электронов МэВ-ных энергий в разных областях орбиты спутника, при входе-выходе из магнитосферы, вне магнитосферы, и в околомагнитосферном пространстве. Показано, что в спокойные периоды SA, даже в периоды минимума SA, в хвосте магнитосферы наблюдаются всплески потоков электронов, источниками которых могут быть ускорительные механизмы в магнитосфере, проникновение солнечных частиц а также электронов из магнитосферы Юпитера.

66

## **Изотопные следы гамма- и протонных событий и аномальный сигнал в радиоуглероде в 775 г.н.э.**

**Author:** Валерий Остряков<sup>1</sup>

**Co-authors:** Александр Блинов<sup>2</sup>; Алексей Константинов<sup>2</sup>; Анатолий Павлов<sup>2</sup>; Геннадий Васильев<sup>3</sup>; Мария Вдовина<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Спб Государственный Политехнический университет*

<sup>2</sup> *СПб государственный Политехнический Университет*

<sup>3</sup> *Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН*

**Corresponding Author:** valery11@mail.ru

В работе рассмотрено образование космогенных радионуклидов  $^{14}\text{C}$ ,  $^{10}\text{Be}$  и  $^{36}\text{Cl}$  в атмосфере Земли под действием мощных импульсных протонных и гамма-событий, таких как сверхмощные солнечные вспышки и галактические гамма-всплески. С учетом геофизических процессов произведен расчет возможного «изотопного следа» в природных архивах (датированных колонках полярного льда и годичных кольцах деревьев). Полученные результаты применены к анализу аномального повышения концентрации радиоуглерода, измеренного в кольцах деревьев возрастом 774-775 гг.н.э. Приведены аргументы в пользу того, что наиболее вероятная причина такого повышения - высокоэнергичное излучение Галактического гамма-всплеска.

67

## **О возможности измерения коэффициента питч-углового рассеяния вблизи $\sim 90^\circ$ .**

**Author:** Валерий Остряков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Спб Государственный Политехнический университет*

**Corresponding Author:** valery11@mail.ru

Известно, что квазилинейная теория питч-углового рассеяния частиц МГД-турбулентностью имеет особенности вблизи питч-углов  $\sim 90^\circ$ . В работе предлагается простой способ измерения коэффициента диффузии в этой области, который основан на регистрации потока обратно-рассеянных частиц в отсутствие прямого потока.

68

## **Роль среднего электрического поля при ускорении частиц ударными волнами.**

**Author:** Vladimir Zirakashvili<sup>1</sup>

**Co-author:** Vladimir Ptuskin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radiowave Propagation (IZMIRAN), 142190 Troitsk Moscow, Russia*

<sup>2</sup> *IZMIRAN*

**Corresponding Author:** zirak@izmiran.ru

Рассматривается ускорение частиц ударными волнами в присутствии крупномасштабного электрического поля, возникающего при развитии нерезонансной Белловской потоковой неустойчивости. Показано, что электрическое поле снижает эффективность ускорения частиц, производящих неустойчивость (протоны и ядра) и повышает эффективность ускорения частиц с противоположным зарядом (электроны). Данный эффект важен для ударных волн, распространяющихся со скоростью выше 10 тысяч км/с в межзвездной среде или для более медленных ударных волн, распространяющихся в среде со слабым магнитным полем.

69

## **Аппаратурная реализация триггера 1-го уровня эксперимента НУКЛОН**

**Author:** Виктор Гребенюк<sup>1</sup>

**Co-authors:** Андрей Садовский<sup>1</sup>; Дмитрий Карманов<sup>2</sup>; Дмитрий Подорожный<sup>2</sup>; Леонид Ткачев<sup>1</sup>; Николай Горбунов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *ОИЯИ*

<sup>2</sup> *НИИЯФ МГУ*

**Corresponding Author:** greben@jinr.ru

Спутниковый эксперимент, начало которого ожидается в конце 2014 года, НУКЛОН направлен на прямые измерения элементного состава и энергетических спектров в области энергий (1012-1015eV). В сообщении кратко описаны конструкция и электроника съема информации с триггерной системы. Приведены спектры набора космических мюонов и предварительные результаты beam-test'a на адронном пучке ускорителя SPS в ЦЕРНе с энергией до 350 ГэВ.

70

## **Новая модель для исследования космических лучей в атмосфере Земли**

**Author:** Eugeny Mauricev<sup>1</sup>

**Co-author:** Yury Balabin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Polar Geophysical Institute*

**Corresponding Author:** maurchev@pgia.ru

Одним из направлений исследования космических лучей является моделирование их прохождения через атмосферу Земли с помощью самых различных методик. В данной работе рассматривается изучение рождения и развития каскадов частиц с помощью численной модели RUSCOSMIC, разработанной в лаборатории космических лучей г. Апатиты.

Первым результатом вычислений являются типовые треки, позволяющие визуально оценить количественные характеристики развития каскадов, а также частично верифицировать модель на основе имеющихся знаний. Вторым результатом вычислений являются энергетические спектры вторичных космических лучей, возникающих в результате прохождения галактических КЛ, которые позволяют получить наиболее детальную информацию о развитии и особенностях каскадов вторичных КЛ и более детально сверить результаты моделирования с результатами баллонных измерений.

71

## Детальное исследование компонент в каскадах вторичных космических лучей

**Author:** Eugeny Mauricev<sup>1</sup>

**Co-author:** Yury Balabin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Polar Geophysical Institute*

**Corresponding Author:** maurchev@pgia.ru

Для более детального понимания физики взаимодействия элементарных частиц в атмосфере Земли, а также для ряда некоторых прикладных задач необходимо знать характеристики каскадов вторичных космических лучей (КЛ), возникающих в результате взаимодействий первичных КЛ с ядрами тяжелых элементов. В данной работе рассматриваются именно численные методы решения данной задачи и приводятся результаты вместе со сравнениями с данными, полученными в результате экспериментов с запуском счетчиков частиц на шарах-зондах.

72

## Численная модель гамма-спектрометра: сравнение экспериментальных данных с результатом моделирования

**Author:** Eugeny Mauricev<sup>1</sup>

**Co-authors:** Aleksei Germanenko<sup>2</sup>; Yury Balabin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Polar Geophysical Institute*

<sup>2</sup> *Polar Geophysical Institute, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences*

**Corresponding Author:** maurchev@pgia.ru

Для решения задач долговременного исследования рентгеновского излучения нами используются детекторы NaI(Tl). Для улучшения точности измерений в данной работе проведено численное моделирование сцинтилляторов различной геометрии с помощью Geant4. В качестве модельных точечных источников использовались генераторы частиц со спектральными характеристиками, соответствующими Cs-137 и Am-241. Результатом моделирования являются функции эффективности регистрации в зависимости от толщины сцинтиллятора.

73

## **Исследование нейтронной компоненты с помощью новой численной модели и верификация результатов моделирования по данным нейтронного монитора г. Апатиты**

**Author:** Eugeny Maurchev<sup>1</sup>

**Co-author:** Yury Balabin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Polar Geophysical Institute*

**Corresponding Author:** maurchev@pgia.ru

Одной из станций сети нейтронных мониторов является лаборатория по исследованию космических лучей в г. Апатиты, ведущая непрерывную регистрацию нейтронов вторичных космических лучей. Эти данные являются отличным способом верифицировать результаты, полученные с помощью моделирования прохождения космических лучей через атмосферу Земли. В данной работе обсуждаются энергетические спектры нейтронов вторичных космических лучей, их пространственное распределение и сравнение с данными нейтронного монитора.

74

## **Измерение выхода нейтронов, генерированных мюонами космических лучей в железе, с помощью детектора LVD**

**Author:** Natalia Agafonova<sup>1</sup>

**Co-authors:** Alexey Malgin<sup>2</sup>; Ekaterina Dobrynina<sup>2</sup>; Irina Shakyrianova<sup>2</sup>; Olga Ryazhskaya<sup>2</sup>; Rasim Enikeev<sup>2</sup>; Valery Yakushev<sup>2</sup>; Vladimir Dadykin<sup>2</sup>; Vsevolod Ashikhmin<sup>2</sup>; Vsevolod Ryasnyy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institute for Nuclear Research RAS*

<sup>2</sup> *INR RAS*

**Corresponding Author:** natagafonova@gmail.com

В эксперименте LVD проводятся измерения выхода нейтронов генерированных мюонами в железе (Fe) и свинце (Pb). Для A=57 (Fe) выполнена полная Монте-Карло симуляция. Получены первые результаты измерений.

75

## **Моделирование эксперимента по изучению спектра и состава ПКИ на установке "Ковер-3"**

**Author:** Azret Kuchmezov<sup>1</sup>

**Co-authors:** Alexandr Kudzhaev<sup>1</sup>; Nikolay Klimenko<sup>1</sup>; Olga Mikhailova<sup>1</sup>; Valery Petkov<sup>1</sup>; Дахир Джаппуев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *INR RAS*

**Corresponding Author:** kuchmezow1986@yandex.ru

В Баксанской нейтронной обсерватории создается установка "Ковер-3" для изучения спектра и состава первичного космического излучения (ПКИ) в области излома [1, 2]. Для определения энергии и типа первичной частицы по набору измеренных в эксперименте параметров (предполагается, что для каждого ливня будут измеряться восемь параметров) требуются провести большое

количество модельных расчетов.

Для моделирования развития ШАЛ в атмосфере Земли использовалась программа CORSIKA (версия 6.30) с моделью адронных взаимодействий QGSJET01C при высоких энергиях адронов и моделью Fluka при низких энергиях. Расчеты проведены для первичных протонов и ядер железа, первичный энергетический спектр был взят в степенном виде с показателем спектра, равным -2.7. Зенитные углы первичных частиц распределены изотропно в интервале 0–30 градусов. Моделирование проводилось в диапазоне энергий первичных частиц от 0.3 до 30 ПэВ, в целом соответствующем диапазону измерений в нашем эксперименте.

В работе приводятся первые результаты проведенных расчетов и сравнение их с экспериментальными данными, полученными на действующей части установки.

1. В.Б. Петков, Д.Д. Джаппуев и др. Установка Ковер-3 для изучения ШАЛ в области излома. Доклад 59а, 30-я РККЛ, Санкт –Петербург, 2008.
2. J. Szabelski for Carpet-3 collaboration. Carpet-3 a new experiment to study the primary composition around the knee. Nuclear Physics B (Proc. Suppl.), v.196, p.371, 2009.

76

## Определение времени ускорения протонов до субрелятивистских энергий в процессе развития солнечной вспышки.

**Author:** Victoria Kurt<sup>1</sup>

**Co-authors:** Boris Yushkov<sup>1</sup>; Karel Kudela<sup>2</sup>; Larisa Kashapova<sup>3</sup>; Natalia Meshalkina<sup>3</sup>; Vladimir Galkin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University

<sup>2</sup> Institute of Experimental Physics, Slovak Academia of Science

<sup>3</sup> Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS

**Corresponding Author:** vgak@srd.sinp.msu.ru

Выяснение времени начала ускорения протонов до субрелятивистских энергий, регистрируемых как наземные возрастания солнечных космических лучей (GLE), может служить важнейшим аргументом при выборе того или иного сценария ускорения этих частиц - во время вспышечного процесса магнитного пересоединения или позже, на фронте ударной волны, образованной движением коронального выброса массы во внешней короне Солнца. Ранее мы определили времена начала 42-х GLEs, используя мировую базу данных этих событий. Для четырех событий, а именно GLEs №№64, 65, 66 и 69, имеются измерения высокоэнергичного излучения в интервале энергий 40-кэВ–300 МэВ детектором СОНГ на борту ИСЗ КОРОНАС-Ф и наблюдения изменения магнитной структуры вспышек, такие как движения оснований рентгеновских (HXR) или ультрафиолетовых (UV) источников. Измерения СОНГ позволяют восстановить спектры излучения вспышки с достаточно хорошим временным разрешением. В рассматриваемых событиях мы использовали трехкомпонентную модель излучения - тормозное излучение первично ускоренных электронов и два компонента, возникающие при взаимодействии ускоренных протонов с веществом - спектр, образованный при снятии возбуждения ядер; и широкий континуум, возникающий в результате распада пионов.

Исследование каждой вспышки показало, что временное поведение ядерных гамма-линий, за которые ответственны протоны с энергиями 10-30 МэВ, не совпадает с временным поведением излучения от распада пионов, рожденного протонами с энергиями >300 МэВ. Отношение интенсивности этих компонентов излучения очень сильно зависит от спектра ускоренных протонов. Мы использовали это отношение для определения временного поведения спектра ускоренных протонов. Затем мы сравнили поведение жесткости спектра с эволюцией во времени структуры области, излучающей HXR/UV. Мы показали, что эффективное ускорение протонов до энергий 300 МэВ совпадает по времени с радикальной перестройкой структуры магнитного поля вспышки. Затем мы сравнили в каждой вспышке это время с временем возникновения радиоизлучения II типа и с началом каждого GLE и показали, что начало наземного возрастания согласуется с возникновением протонов с энергией > 300 МэВ (ускорением частиц) в интервале времени наибольшей скорости изменения структуры вспышки.

77



## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГАММА-ТЕЛЕСКОПА, «ГАММА-400», В СРЕДЕ «GEANT4» С УЧЕТОМ ИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В РЕАЛЬНЫХ ЧЕРТЕЖАХ**

**Author:** Алексей Перфильев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Александрович*

**Corresponding Author:** alexey.perfilev@gmail.com

Перфильев А.А., Часовиков Е., Архангельская И.В., Архангельский А.И., Хижняк Е.В.  
НИЯУ «МИФИ», Москва

MATHEMATICAL MODEL OF GAMMA-TELESCOPE, «GAMMA-400», TAKING INTO ACCOUNT  
ENGINEERING STRUCTURE, PRESENTED IN REAL DESIGN.

Perfil'ev A.A., Chasovikov E., Arkhangelskaja I.V., Arkhangelskij A.I., Khizhnyak E.  
NRNU «MEPhI»

Комплекс научной аппаратуры «ГАММА-400» разрабатывается для получения данных для определения природы «темной материи» в Метагалактике, изучения космического гамма-излучения в диапазоне высоких энергий, эволюции теории происхождения высокоэнергетических космических лучей и физики элементарных частиц, поиска и исследования гамма-всплесков. Одним из этапов разработки гамма-телескопа, является создание математической модели для моделирования прохождения высокоэнергетических элементарных частиц. Эта процедура необходима для отбора оптимальных размеров и материалов детекторов.

«ГАММА-400» состоит из 4424 отдельных инженерных конструкций, в связи с этим описание его геометрии в среде «GEANT4» представляется громоздкой и трудоемкой задачей. По этой причине была построена математическая модель, для которой был разработан пакет программ позволяющий конвертировать описание геометрии из систем автоматизированного проектирования в среду «GEANT4».

В докладе представлены результаты преобразования инженерных чертежей в среду «GEANT4», и моделирование прохождения высокоэнергетических элементарных частиц через конструкции гамма-телескопа, с учетом фоновых потоков протонов и электронов, присутствующих в магнитосфере Земли при проведении реального спутникового эксперимента.

78

## **Сравнение спектров кратностей нейтронных событий, регистрируемые нейтронными супермониторами НМ-64 в стволах ШАЛ на высотах 850 м и 3340 м н.у. моря**

**Author:** Александр Чубенко<sup>1</sup>

**Co-authors:** Александр Щепетов<sup>1</sup>; Валентина Антонова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Физический институт им.П.Н.Лебедева*

<sup>2</sup> *Институт ионосферы РК*

**Corresponding Author:** a.p.chubenko@rambler.ru

В работе представлены экспериментальные спектры по множественности нейтронов (кратностей М), временным разрешением в секциях нейтронных супермониторов НМ-64 на высотах 850 м и 3340 м н.у. моря. На высоте 3340 м супермонитор состоит из трех стандартных 6-ти канальных секций, которые были дополнены быстрыми сцинтилляционными ортокарборановыми нейтронными детекторами с временным разрешением в 100 раз превышаемым временное разрешение нейтронных счетчиков СНМ-15. Такое дополнение необходимо было для ответа на вопрос об изменении формы временного распределения регистрируемых нейтронов в секциях НМ-64 в области значений множественности выше 1000, которое наблюдается по данным счетчиков СНМ-15. Эксперимент со сцинтилляционными детекторами показал отсутствие какой либо зависимости от множественности формы временных распределений и для области

выше 1000. Исходя из этого результата, в события были введены поправки на эффект просчетов нейтронных импульсов счетчикам СНМ-15 и получен дифференциальный спектр нейтронных кратностей без методических искажений. Такая же процедура была выполнена и для спектра событий одно секционного нейтронного супермонитора НМ-64 на высоте 850 м. Оба спектра по форме практически совпали и оба в области  $M > 1000$  стали пологими с показателем наклона около 2 (или даже меньше, чем 2). В области  $M > 1000$  практически основной вклад в события дают адронные стволы ШАЛ и для них показатель должен быть больше, чем 2,5. Таким образом, можно утверждать, что в стволах ШАЛ наблюдается эффект генерации аномально больших множественностей нейтронов.

79

## Эксперимент ГАММА-400: состояние и перспективы

**Author:** Николай Топчиев<sup>1</sup>

**Co-authors:** Алексей Леонов<sup>2</sup>; Аркадий Гальпер<sup>1</sup>; Сергей Сучков<sup>1</sup>; Юрий Гусаков<sup>1</sup>; Юрий Юркин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФИАН

<sup>2</sup> НИЯУ МИФИ

**Corresponding Author:** tnp51@rambler.ru

Разрабатываемый в настоящее время гамма-телескоп ГАММА-400 предназначен для измерения потоков гамма-излучения и электрон-позитронной компоненты космических лучей, которые могут быть связаны с аннигиляцией или распадом частиц темной материи, а также для поиска и проведения детального исследования дискретных источников гамма-излучения, измерения энергетических спектров галактического и внегалактического диффузного гамма-излучения, исследования гамма-всплесков, гамма-излучения активного Солнца. Энергетический диапазон ГАММА-400 составляет от 100 МэВ до 3000 ГэВ. Гамма-телескоп имеет угловое разрешение  $\sim 0,01$  градуса, энергетическое разрешение  $\sim 1\%$  и коэффициент режекции протонов  $\sim 10E6$ . ГАММА-400 будет установлен на российской космической обсерватории.

80

## Поведение плотности космических лучей в начале Форбуш-эффектов

**Author:** Anatoly Belov<sup>1</sup>

**Co-authors:** Artem Abunin<sup>1</sup>; Evgeniya Eroshenko<sup>1</sup>; Maria Abunina<sup>1</sup>; Victor Yanke<sup>1</sup>; Victoriya Oleneva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IZMIRAN

**Corresponding Author:** abunin@izmiran.ru

Исследуется поведение плотности космических лучей в начале Форбуш-эффектов, в первые несколько часов после прихода межпланетной ударной волны. Используются данные о вариациях плотности, полученные по наблюдениям мировой сети нейтронных мониторов в 1957-2013 гг. Выявлено большое разнообразие поведения плотности космических лучей после прихода ударной волны. В целом, наблюдается корреляция начальной вариации плотности КЛ с полной величиной Форбуш-эффекта и мощностью сопутствующего геомагнитного возмущения.

81

## СПЕКТРЫ ВАРИАЦИЙ И АНИЗОТРОПИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В ПЕРИОД GLE 11 ИЮНЯ 1991 г.

**Author:** Marina Kravtsova<sup>1</sup>

**Co-author:** Valery Sdobnov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *INSTITUTE OF SOLAR-TERRESTRIAL PHYSICS RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES SIBERIAN BRANCH*

**Corresponding Author:** rina@iszf.irk.ru

По данным наземных и спутниковых наблюдений интенсивности космических лучей (КЛ) на мировой сети станций методом спектрографической глобальной съемки исследованы спектры вариаций и анизотропия КЛ в период GLE 11 июня 1991 г. Приведены спектры вариаций КЛ, а также относительные изменения интенсивности КЛ с жесткостями 4 и 10 ГВ в солнечно-эклиптической геоцентрической системе координат в отдельные периоды исследуемого события.

82

## ПОИСК ИСТОЧНИКОВ ПЕРВИЧНОГО КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ЭНЕРГИЯХ $5 \cdot 10^{13}$ – $5 \cdot 10^{14}$ ЭВ ПО ДАННЫМ ТЯНЬ-ШАНЬСКОЙ УСТАНОВКИ КЛАРА

**Author:** Елена Гудкова<sup>1</sup>

**Co-authors:** Михаил Зотов<sup>2</sup>; Виктор Павлюченко<sup>1</sup>; Герман Куликов<sup>2</sup>; Николай Калмыков<sup>2</sup>; Нина Нестерова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Физический институт им. П.Н. Лебедева. РАН*

<sup>2</sup> *НИИЯФ МГУ*

**Corresponding Author:** elena@gudkoff.ru

Приводятся результаты поиска источников космических лучей при энергиях  $5 \cdot 10^{13}$ –  $5 \cdot 10^{14}$  ЭВ по данным о 30 миллионах широких атмосферных ливней, зарегистрированных на установке КЛАРА Тянь-Шаньской станции ФИАН. Анализ осуществлён двумя различными методами: методом выделения направлений повышенного потока космических лучей в экваториальной системе с учетом углового распределения ливней и Методом Перемешивания. Обнаруженные области с повышенным потоком космических лучей сравниваются с результатами других установок и сопоставляются с координатами известных астрофизических источников (галактических остатков взрывов сверхновых, пульсаров и др.).

83

## О возможных причинах нарушения корреляционных связей между состоянием облачности и потоками галактических космических лучей

**Author:** Светлана Веретененко<sup>1</sup>

**Co-author:** Максим Огурцов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе*

**Corresponding Author:** svevereten@yandex.ru

Исследована природа корреляционных связей, наблюдавшихся между аномалиями нижней облачности и потоками галактических космических лучей (ГКЛ) в 1983-2000 гг. [1], а также возможные причины нарушения этих связей после 2000 года. Показано, что состояние облачности в умеренных широтах тесно связано с интенсивностью циклонических процессов, вследствие чего высокие значения корреляции между нижней облачностью и потоками ГКЛ, наблюдавшиеся до начала 2000-х гг., обусловлены эффектами ГКЛ в вариациях интенсивности внетропического циклогенеза. Поскольку характер солнечно-атмосферных связей испытывает периодические изменения в зависимости от состояния стратосферного циркумполярного вихря [2], возможной причиной нарушения корреляции между облачностью и потоками ГКЛ после 2000 года является обращение знака эффектов ГКЛ в тропосферной циркуляции в связи с изменением состояния вихря.

Работа выполнена при поддержке Президиума РАН (проект №22) и РФФИ (грант №13-02-00783).

[1] Marsh N., Svensmark H. Low Cloud Properties Influenced by Cosmic Rays. Phys.Rev.Lett., 85(23), 5004-5007, 2000.

[2] Veretenenko S., Ogurtsov M. The stratospheric polar vortex as a cause for the temporal variability of solar activity and galactic cosmic ray effects on the lower atmosphere circulation. J. Phys.: Conf. Ser., 409 012238, 2013.

84

## О возможности наблюдения резонанса Глэшоу в нейтринных телескопах при энергиях много меньших 6.3 ПэВ

**Author:** Ибрагим Алиханов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> БНО ИЯИ РАН

**Corresponding Author:** ialspbu@gmail.com

Резонанс Глэшоу — резонансное рождение  $W$ -бозона в процессе аннигиляции электронного антинейтрино с электроном — является важным предсказанием Стандартной модели, до сих пор не наблюдавшимся экспериментально. Недавний ввод в строй нейтринного телескопа IceCube, с размерами порядка одного кубического километра, стимулировал значительный рост интереса физиков к изучению данной реакции. Помимо своего фундаментального значения для проверки Стандартной модели, резонанс Глэшоу может служить превосходным средством для измерения как величины, так и состава по ароматам потока космических нейтрино вблизи энергии 6.3 ПэВ.

В рамках метода эквивалентных фотонов изучается возбуждение резонансов Глэшоу при рассеянии нейтрино на свободных протонах и ядрах кислорода, входящих в состав водной мишени. Вычислены соответствующие сечения, проанализированы сигналы, ожидаемые в водном нейтринном детекторе. Показано, что учет рождения резонансов Глэшоу в полном сечении взаимодействия нейтрино с нуклонами через заряженные токи приводит к росту числа нейтринных событий порядка 10 % в области энергий около 50 ТэВ.

Наряду с электронными (анти)нейтрино, также рассматривается вклад мюонных и таонных (анти)нейтрино в резонансное рождение  $W$ -бозонов в воде.

85

## ALEGRO — черенковская гамма-обсерватория нового поколения

**Author:** Gennady Vasilyev<sup>1</sup>

**Co-authors:** Alexander Krassilchtchikov<sup>2</sup>; Andrei Bykov<sup>3</sup>; Andrei Kozhberov<sup>2</sup>; Eugene Kholupenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Ioffe Physical-Technical Institute*

<sup>2</sup> *Ioffe Institute, St. Petersburg*

<sup>3</sup> *Ioffe Institute, St. Petersburg*

**Corresponding Author:** gennadyivas@gmail.com

В работе представлены результаты моделирования широких атмосферных ливней от космических фотонов с энергиями 5 –100 ГэВ. На основе выполненных расчетов предложена концепция и оценены основные параметры наземной черенковской гамма-обсерватории нового поколения. Одной из ключевых задач такой обсерватории будет исследование малоизученной области гамма-диапазона 5 –50 ГэВ, что позволит выполнять высокочувствительные наблюдения остатков сверхновых звезд, пульсарных туманностей и гамма-всплесков, которые не могут быть проведены с нынешним поколением гамма-телескопов.

86

## **Монте-Карло моделирование космического детектора ТУС для исследования космических лучей предельно высоких энергий**

**Author:** Artur Tkachenko<sup>1</sup>

**Co-authors:** Andrei Grinyuk<sup>1</sup>; Leonid Tkachev<sup>1</sup>; Леонид Ткачев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *JINR*

<sup>2</sup> *ОИЯИ*

**Corresponding Author:** tkatchev@jinr.ru

ТУС является первым детектором на орбите спутника Земли, предназначенным для измерения спектра, состава и анизотропии Космических Лучей Предельно Высоких Энергий (КЛПВЭ) в диапазоне выше  $10^{19.5}$  эВ. Предполагается регистрировать флуоресцентные фотоны из Широких Атмосферных Ливней (ШАЛ), генерированные космическими частицами в атмосфере Земли. Эксперимент ТУС позволит выяснить принципиальную возможность измерения ШАЛ из космоса и, возможно, преодолеть противоречия между данными в современных наземных экспериментах по исследованию КЛПВЭ.

Особое значение приобретает моделирование эксперимента, чтобы оптимизировать технические характеристики аппаратуры и триггерную он-лайн программу по выделению редких сигналов от ШАЛ на различных уровнях фонового излучения атмосферы. В данной работе описана программа TUSSIM моделирования эксперимента с учетом измеренных параметров оптической системы, геометрических параметров фотодетектора, считывающей и триггерной электроники, а также он-лайн алгоритма работы триггерной программы отбора событий. В результате моделирования оценен ожидаемый спектр КЛПВЭ в диапазоне  $10^{19.5} - 10^{20.5}$  эВ за 3-5 лет набора данных на солнечно-синхронной орбите с высотой 500 км с учетом меняющихся фоновых условий во время полета спутника.

87

## **Области повышенного потока космических лучей по данным установок ФИАН и МГУ**

**Author:** Михаил Зотов<sup>1</sup>

**Co-authors:** Виктор Павлюченко<sup>2</sup>; Герман Куликов<sup>1</sup>; Елена Гудкова<sup>2</sup>; Николай Калмыков<sup>1</sup>; Нина Нестерова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *НИИЯФ МГУ*

<sup>2</sup> ФИАН**Corresponding Author:** zotov@eas.sinp.msu.ru

Анизотропия космических лучей (КЛ) в диапазоне энергий ТэВ-ПэВ привлекает значительное внимание после ряда публикаций экспериментов Milagro, Tibet, IceCube, ARGO-YBJ и др. Эксперименты ШАЛ МГУ и КЛАРА Тянь-Шаньской станции ФИАН также публиковали результаты поиска областей повышенного потока КЛ на угловых масштабах до 10-15 градусов. В данной работе анализ этих данных осуществлён единым методом, хорошо зарекомендовавшим себя в аналогичных исследованиях, а именно, т.н. методом перемешивания (shuffling technique), впервые предложенным для анализа данных установок Fly's Eye и CYGNUS и неоднократно применявшимся в дальнейшем другими экспериментами.

Метод основан на получении ожидаемого распределения направлений прихода КЛ ("фона") в предположении их изотропности с помощью набора данных, реально зарегистрированных на используемой установке. Таким образом, метод отражает особенности работы конкретного эксперимента в конкретных условиях его проведения.

Для анализа было отобрано 23 миллиона ливней, зарегистрированных на установке КЛАРА (диапазон энергий первичных КЛ от 50 ТэВ до 0.5 ПэВ) и 0.5 миллиона ливней установки ШАЛ МГУ (диапазон энергий 0.2-20 ПэВ). После построения ожидаемого распределения фона области наблюдения были просканированы кругами радиусом от 2 до 9 градусов на сетке с шагом 0.4 градуса. В качестве критерия для поиска областей с избытком КЛ использовалась традиционная для аналогичных исследований функция Li&Ma. В результате по данным установки КЛАРА были обнаружены 6-8 протяженных областей размером порядка 10-20 градусов и более 10 областей меньшего размера, в которых наблюдается избыток КЛ на уровне значимости более 3 с максимальными значениями, превышающими 4. Одна из протяженных областей лежит в плоскости Галактики в направлении на группу остатков сверхновых и гамма-пульсаров, в том числе пульсар в Крабовидной туманности и пульсар Геминга. Другие области распределены почти по всей области наблюдения с некоторым скоплением вдоль плоскости Сверхгалактики.

Анализ данных установки ШАЛ МГУ, в целом, дал другую картину анизотропии КЛ, что может быть связано с различием диапазонов энергии зарегистрированных событий. Тем не менее, имеется ряд совпадений, часть которых находится в направлении на галактические остатки взрывов сверхновых и гамма-пульсары, среди них энергичный пульсар LAT PSR J1836+5925, сходный с пульсаром Геминга.

88

## Моделирование вариаций плотности галактических космических лучей в магнитных облаках

**Author:** Anatoly Belov<sup>1</sup>**Co-authors:** Artem Abunin<sup>1</sup>; Evgeniya Eroshenko<sup>1</sup>; Helen Mavromichalaki<sup>2</sup>; Maria Abunina<sup>1</sup>; Victor Yanke<sup>1</sup>; athanasios Papaioannou<sup>2</sup><sup>1</sup> IZMIRAN<sup>2</sup> National & Kapodistrian University of Athens**Corresponding Author:** abunin@izmiran.ru

Исследованы особенности поведения плотности галактических космических лучей в событиях, связанных с присутствием магнитных облаков в межпланетных возмущениях у Земли. Рассмотрена модель, способная описать распределение плотности космических лучей внутри магнитного облака, и показано, что в большинстве случаев (но не во всех) поведение плотности КЛ в магнитном облаке у Земли можно описывать простой параболической зависимостью от расстояния, измеренного в гирорадиусах. Большинство магнитных облаков модулируют космические лучи, уменьшая их плотность, но есть группа событий (приблизительно 1/5 часть), в которых в магнитном облаке плотность КЛ возрастает. События с положительным эффектом имеют максимум, в основном, в ведущей части облака. В событиях с отрицательным эффектом минимумы распределены более равномерно, но имеют тенденцию группироваться в хвостовой части облака. Рассмотрен ряд факторов, дающих вклад в модельное описание, и проведены оценки этих вкладов.

89

## About the shape of the energy spectra of solar cosmic rays at high energies and their applications during the interplanetary operations

**Authors:** Mikhail Panasyuk<sup>1</sup>; Nikolai Kuznetsov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Moscow Lomonosov State University

<sup>2</sup> Skobaltsyn Institute of Nuclear Physics, Moscow Lomonosov State University

When developing a special role in interplanetary space have problems of radiation safety, both on board the spacecraft, and in fixed bases on the surface of solar system bodies. One of the hazards are powerful solar cosmic ray events. However, energetic spectra powerful events, fixed in the past (February 1956, November 1960, August 1972, etc.), which is currently calculated radioactive effects are in sharp contrast with the spectra measured with modern equipment. This leads to the fact that the radiation dose for colon protection on ships and in future manned bases calculated from stale data undervalued. The report provides examples demonstrating the difference obsolete and contemporary data.

90

## К вопросу о длительности солнечного цикла Зюсса

**Author:** Максим Огурцов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФТИ им. Иоффе

**Corresponding Author:** ogurtsov-maksim@mail.ru

Квазидвухсотлетний солнечный цикл Зюсса (де Фриза) выявлен путём анализа ряда косвенных индикаторов активности Солнца (радиоуглерод, полярные сияния,  $^{10}\text{Be}$  во льду Антарктиды). Однако большинство этих индикаторов имеют временное разрешение не менее 8-10 лет и не всегда достаточно надёжны. В последнее время получены новые погодичные данные по концентрации и потоку  $^{10}\text{Be}$  в скважинах Dye-3 и NGRIP, охватывающие временные промежутки 1424-1985 (Dye-3) и 1389-1994 (NGRIP). Сопоставление этих бериллиевых рядов с данными нейтронных мониторов начиная с 1953 года, свидетельствует об их достаточной надёжности. Статистический анализ рядов данных по концентрации и потоку  $^{10}\text{Be}$  в двух скважинах показал, что во всех временных сериях присутствует мощная вариация с периодом 300-310 лет, но квазидвухсотлетних цикличностей нет. Показано, что связь обнаруженного квазитрёхсотлетнего цикла с климатическими вариациями маловероятна. Таким образом, анализ последних палеоданных указывает на то, что период солнечного цикла Зюсса, возможно, близок к 300 годам.

91

## Влияние форбуш-понижений галактических космических лучей на развитие антициклонической активности в умеренных широтах

**Author:** Ирина Артамонова<sup>1</sup>

**Co-author:** Светлана Веретенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова

<sup>2</sup> Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе

**Corresponding Author:** svevereten@yandex.ru

Проведено исследование влияния короткопериодных вариаций галактических космических лучей (ГКЛ) на состояние барического поля атмосферы с использованием данных 'реанализа' NCEP/NCAR за период 1980-2006 гг. Показано, что форбуш-понижения ГКЛ сопровождаются значительным ростом приземного давления в поясе широт 45-70° как северного, так и южного полушарий. В северном полушарии максимальное повышение давления наблюдается над Скандинавией, Северной Европой и севером европейской части России на 3-4-й день после начала исследуемых событий. В южном полушарии области роста давления расположены над восточной частью Южной Атлантики и морем Дюрвиля в Южном океане. Согласно результатам синоптического анализа, причиной наблюдаемых вариаций давления является ослабление циклонической и усиление антициклонической деятельности в связи с исследуемыми форбуш-понижениями. Приводятся оценки минимальных энергий частиц, которые могут быть вовлечены в указанные процессы. Результаты исследования свидетельствуют о влиянии короткопериодных вариаций ГКЛ на эволюцию внетропических барических систем, а также о важной роли космических лучей в механизме солнечно-атмосферных связей.

Работа выполнена при поддержке Президиума РАН (проект №22) и РФФИ (грант №13-02-00783).

92

## Комплексное исследование энергичных процессов в грозовых облаках

**Author:** Наиль Хаердинов<sup>1</sup>

**Co-authors:** Александр Куреня<sup>1</sup>; Александр Лидванский<sup>1</sup>; Константин Канониди<sup>2</sup>; Михаил Хаердинов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИЯИ РАН

<sup>2</sup> ИЗМИРАН

**Corresponding Author:** khaerdinovns@yandex.ru

В ходе эксперимента по изучению вариаций космических лучей во время гроз в Баксанской нейтринной обсерватории получены свидетельства существования в грозовой атмосфере крупномасштабного электрического разряда нового типа –медленно протекающего пробоя на убегающих электронах в припороговом режиме. Для дальнейшего, более полного, изучения его свойств стандартная экспериментальная база по изучению вариаций космических лучей существенно расширена. В 5 км от установки, в горном тоннеле, каждую секунду измеряется геомагнитное поле. Точность измерения 0.1 нТ. С июня 2013 г ведётся непрерывное удалённое видеонаблюдение уличными IP видеокамерами за атмосферой над установкой. Имеется два удалённых пункта. Первый –удаление 75 км, предназначен для наблюдения области стратосферы поверх облаков над установкой. Второй –удаление 1 км, для наблюдения атмосферы над установкой в непосредственной близости. Чувствительность видеокамер 0.01 л, время экспозиции кадра 1с. Планируется снабдить удалённые пункты дополнительными видеокамерами для получения цветового разрешения и записи видео с частотой кадров 10 - 30 (1/с). Для количественной оценки вариаций зарядового диполя грозовых облаков планируется, так же, размещение в удалённом пункте измерителя приземного фонового поля. В работе приводится описание комплексного эксперимента. Сообщаются предварительные результаты.

### Summary:

Для ночных гроз зарегистрированы редкие случаи, когда молниевые разряды приводят к потемнению грозового облака. События изменения освещённости явно проявились в период значительных аномальных возмущений мюонной интенсивности, что говорит о быстром, но не мгновенном скачке разности потенциалов в стратосфере.



93

## Миграция северного магнитного полюса Земли, возрастание концентрации CO<sub>2</sub> и изменение климата в двадцатом веке

**Author:** Валентин Дергачев<sup>1</sup>

**Co-author:** Сергей Васильев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе

<sup>2</sup> Физико-технический институт РАН им. А.Ф. Иоффе

**Corresponding Author:** v.dergachev@mail.ioffe.ru

### Аннотация

Сейчас широко обсуждается связь возрастания концентрации углекислого газа в атмосфере с изменением климата на Земле. Является ли это возрастание единственной причиной глобального потепления? Работа посвящена исследованию возможной связи между положением северного магнитного полюса (СМП) Земли и изменением средней температуры в различных широтных зонах Земли. Kovaltsov and Usoskin (2007) изучили индуцированную космическими лучами ионизацию атмосферы в условиях изменения положения северного геомагнитного полюса и показали, что изменения локальных параметров атмосферы из-за эффекта миграции полюса сопоставимы с таковыми из-за вариаций солнечной активности. Kerton (2009) исследовал перемещение магнитного полюса Земли за последние 105 лет и продемонстрировал существование корреляции между положением СМП, с одной стороны, и аномалиями глобальной температуры и температуры северного полушария, с другой стороны. Таким образом, существуют факты, указывающие на возможность влияния положения магнитного полюса на климат.

Но имеется ли связь между положением полюса и локальными климатическими индексами?

В данной работе анализировались среднемесячные данные по температуре за 1898–2007 годы четырех метеостанций побережья Гренландии, положение которых существенно различается по широте. В 20-ом веке СМП мигрировал в северо-западном направлении, удаляясь от Гренландии. Изменение среднемесячных температур было сравнено с расстоянием до северного магнитного полюса. Для анализа данных рассматривалась линейная регрессионная модель. Установлена статистическая связь между широтой СМП и температурой в Гренландии по данным за 20-ый век. Эта связь ослабевает по мере уменьшения широты (удаления от полюса). В весенние месяцы (март, апрель, май) наблюдается уменьшение температуры к концу 20-ого века, в зимние и осенние месяцы, за исключением сентября, – увеличение среднемесячной температуры. Полученные результаты указывают на существование связи между положением СМП и изменением температуры в северной Атлантике.

94

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР ЖЕЛЕЗА СКЛ НА ОРБИТЕ МКС В 2002-2004 гг.

**Author:** Валентин Дергачев<sup>1</sup>

**Co-authors:** Дмитрий Баранов<sup>2</sup>; Михаил. Панасюк<sup>3</sup>; Рихо. Ныммик<sup>3</sup>; Юрий Гагарин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына

**Corresponding Author:** v.dergachev@mail.ioffe.ru

Пластиковый трековый детектор экспонировался на внешней поверхности Международной космической станции (МКС) в период 2002-2004 гг. (эксперимент ПЛАТАН-М). В результате

анализа треков частиц, зарегистрированных в детекторе, был измерен энергетический спектр железа СКЛ в диапазоне 30-150 МэВ/нуклон. Определяющий вклад в интегральный поток частиц за все время экспозиции прибора ПЛАТАН-М дала серия событий СКЛ в октябре-ноябре 2003 г., связанных с четырьмя уникально мощными рентгеновскими вспышками класса X.

Проведено сопоставление спектра с результатами, полученными на станции ACE вне магнитосферы Земли, трансформированными на орбиту МКС. Энергетическое разрешение спектра железа СКЛ оказалось в эксперименте ПЛАТАН-М в два раза лучше, а ошибки измерений в два раза меньше по сравнению с измерениями прибора SIS на станции ACE. В одном из каналов прибора SIS обнаружено существенное превышение показаний над аналогичными измерениями прибора ПЛАТАН-М на уровне шести стандартных ошибок, что является указанием на сбой в работе прибора SIS. Подтверждены возможности модели проникновения СКЛ внутрь магнитосферы Земли, что позволяет сопоставлять результаты измерений в межпланетном пространстве и на околоземных орбитах спутников и космических станций.

95

## Спектр кратностей тепловых нейтронов в ШАЛ по данным установки ПРИЗМА-32

**Author:** Юрий Стенькин<sup>1</sup>

**Co-authors:** Oleg Shchegolev<sup>1</sup>; Viktor Alekseenko<sup>1</sup>; Анатолий Петрухин<sup>2</sup>; Владимир Степанов<sup>1</sup>; Дмитрий Громушкин<sup>3</sup>; Игорь Яшин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ИЯИ РАН

<sup>2</sup> Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ"

<sup>3</sup> НИЯУ МИФИ

**Corresponding Author:** yuri.stenkin@rambler.ru

В докладе представляются результаты измерения спектра ШАЛ по числу зарегистрированных нейтронов, полученные на установке нового типа ПРИЗМА-32, за 28 месяцев непрерывной работы. Установка состоит из 32 эн-детекторов, способных одновременно регистрировать сразу две компоненты ШАЛ: электромагнитную (э) и нейтронную (н). Данная установка была создана в 2012 г. в рамках сотрудничества между ИЯИ РАН и НИЯУ МИФИ на базе Научно образовательного центра НЕВОД. Проводится сравнение спектров ШАЛ по числу зарегистрированных нейтронов с результатами детального монте-карловского моделирования эксперимента с использованием программы CORSIKA.

96

## ФПР адронов и электронов в ШАЛ на различных высотах

**Author:** Олег Щеголев<sup>1</sup>

**Co-authors:** Jingzhou Zhao<sup>2</sup>; Xinhua Ma<sup>2</sup>; Виктор Алексеев<sup>1</sup>; Владимир Степанов<sup>1</sup>; Владимир Сулаков<sup>3</sup>; Дмитрий Громушкин<sup>4</sup>; Игорь Яшин<sup>4</sup>; Юрий Стенькин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИЯИ РАН

<sup>2</sup> ИИЭР, Beijing

<sup>3</sup> НИИЯФ МГУ

<sup>4</sup> НИЯУ МИФИ

**Corresponding Author:** shchegolev\_oleg@mail.ru

В работе представлен анализ опубликованных экспериментальных данных, полученных на установках PRISMA-32 и PRISMA-YBJ. Установка PRISMA-32, созданная в результате сотрудничества ИЯИ РАН и МИФИ, состоит из 32-х электронно-нейтронных детекторов и расположена в Московском инженерно-физическом институте. Установка PRISMA-YBJ, созданная в результате сотрудничества ИЯИ РАН и ИНЕР CAS (КНР), состоит из 4-х эн-детекторов и расположена на Тибете на высоте 4300 м над уровнем моря. Получены и проанализированы функции пространственного распределения как электронов, так и тепловых нейтронов и их родительских адронов для обеих уровней наблюдения. Экспериментальные результаты сравнены с результатами моделирования экспериментов в CORSIKA.

97

## СПЕКТР ШАЛ ПО ЧИСЛУ ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ ПО ДАННЫМ УСТАНОВКИ PRISMA-YBJ

**Author:** Юрий Стенькин<sup>1</sup>

**Co-authors:** Jingzhou ZHAO<sup>2</sup>; Oleg Shchegolev<sup>1</sup>; Xinhua Ma<sup>3</sup>; Zeyu CAI<sup>2</sup>; Виктор Алексеенко<sup>4</sup>; Владимир Степанов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИЯИ РАН

<sup>2</sup> Hebei Normal University

<sup>3</sup> ИНЕР, CAS

<sup>4</sup> БНО ИЯИ РАН

**Corresponding Author:** yuri.stenkin@rambler.ru

Установка PRISMA-YBJ состоит из 4 эн-детекторов, способных одновременно регистрировать как электромагнитную, так и нейтронную компоненту ШАЛ. Установка была создана в 2013 г. в Тибете (Янгбаджинг, КНР) на высоте 4300 м над уровнем моря в рамках сотрудничества между ИЯИ РАН и ИНЕР CAS.

В докладе представлен измеренный спектр ШАЛ по числу зарегистрированных нейтронов, полученный за 9 месяцев непрерывной работы установки. Благодаря рекордной высоте расположения установки, статистика зарегистрированных ШАЛ составляет около 400000. Проводится сравнение со спектрами, полученными в результате детального монте-карловского моделирования эксперимента с использованием программы CORSIKA.

98

## Вариации космических лучей во время гроз и новые геофизические эффекты

**Author:** Михаил Хаердинов<sup>1</sup>

**Co-authors:** Nail Khaerdinov<sup>2</sup>; Александр Лидванский<sup>1</sup>; Константин Канониди<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ИЯИ РАН

<sup>2</sup> Institute for Nuclear Research of Russian Academy of Sciences, Baksan Neutrino Observatory

<sup>3</sup> ИЗМИРАН

**Corresponding Author:** khaerdinovmn@gmail.com

Ранее, на установке «Ковёр» БНО ИЯИ РАН экспериментально и теоретически было проведено исследование влияния электрического поля грозовой атмосферы на интенсивность вторичных частиц космических лучей. В результате - два важных вывода: 1) Регистрируется во время гроз электрон-фотонная компонента, генерируемая в процессе пробоя воздуха на убегающих

электронах в припороговом режиме. При этом, определяется высота области генерации по спектру регистрации. 2) Регистрируются аномальные возмущения мюонов вызываемые формированием во время активной фазы грозы разности потенциалов в стратосфере порядка 100 МВ. Характерная энергия, электрического поля  $\sim 1$  ГДж. Эти обнаруженные эффекты отвечают совершенно новому типу глобального электрического разряда медленно протекающего (~8 мин.) сверху вниз, от ионосферы в грозовое облако. Цель данной работы – обнаружение и изучение проявлений этого явления в новых геофизических эффектах.

Поскольку электрический пробой сопровождается током, следовательно, должно быть и локальное магнитное поле от него. Ранее, нами уже указывалось на обнаруженную эпизодическую корреляцию возмущений как мюонной, так и электрон - фотонной компонент с возмущениями геомагнитного поля во время гроз, измеренными на БНО. Но вопрос локальности обнаруженного эффекта не был исследован. Вместе с тем, основной причиной возмущений геомагнитного поля являются токи в ионосфере, порождаемые различными процессами. Естественно ожидать их модулирующее воздействие на разность потенциалов стратосферы. В случае припорогового электрического состояния такая вариация напряжения может вызвать пробой на убегающих электронах. Для разделения вариаций геомагнитного поля на локальные и глобальные, в работе анализировались вариации поля, измеренные в БНО и в Москве, на предмет корреляции с возмущениями интенсивности регистрации вторичных частиц космических лучей. Приводятся результаты анализа четырёх грозных событий.

В качестве дополнительного канала регистрации геофизических эффектов, связанных с аномальными возмущениями космических лучей регистрируемых в БНО, с июня 2013 г., с удалённого пункта (75 км), ведётся непрерывное видеонаблюдение области атмосферы над установкой. Ночью 15 сентября 2013 г. видекамера зафиксировала быстро движущиеся светящиеся облака. Момент прохождения их над БНО совпал с началом грозы. Наблюдалась корреляция свечения с аномальным возмущением интенсивности мюонов. Состояние геомагнитного поля спокойное.

#### Summary:

1 Экспериментально обнаружено локальное подавление во время гроз возмущений глобального геомагнитного поля.

2 Стабилизация магнитных пульсаций протекает в режиме медленного пробоя стратосферы убегающими электронами в припороговом режиме.

3 Зарегистрирован факт взаимного влияния возмущений геомагнитного поля и приземной напряжённости электростатического поля.

4 Наблюдается магнитное поле, вызванное током ионов образуемых при медленном пробое на убегающих электронах.

5 Экспериментально зарегистрирован факт корреляции продолжительного, непрерывного диффузного свечения грозных облаков с аномальным возмущением вторичных частиц космических лучей, регистрируемых на уровне земли.

99

## Интерпретация данных Voyager 1 о межзвездном спектре космических лучей малых энергий в модели с галактическим ветром.

**Author:** Vladimir Ptuskin<sup>1</sup>

**Co-authors:** Eun-Suk Seo<sup>2</sup>; Vladimir Zirakashvili<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IZMIRAN

<sup>2</sup> University of Maryland, USA

<sup>3</sup> Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radiowave Propagation (IZMIRAN), 142190 Troitsk Moscow, Russia

**Corresponding Author:** vptuskin@hotmail.com

Прямые измерения локального межзвездного спектра протонов, ядер и электронов были выполнены во внешней гелиосфере в космическом эксперименте на борту Voyager 1. Мы предлагаем интерпретацию данных этих измерений в рамках модели, включающей ускорение

частиц в остатках сверхновых и их перенос в самосогласованной модели галактического ветра.

100

## 11-ЛЕТНИЕ ПЛАНЕТНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

**Author:** Виктор Охлопков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> МОД

**Corresponding Author:** ovpetrovich@yandex.ru

Модуляционные эффекты космических лучей зависят от проявлений солнечной активности (СА). Циклические процессы СА и их прогноз имеют важное значение для жизнедеятельности на нашей планете. Более ранние результаты опубликованы в [1 - 4].

В данной работе с помощью введенного автором параметра – средняя разность гелиоцентрических долгот планет (СРД) – были рассчитаны линейные конфигурации трех планет – Венеры, Земли и Юпитера и составлен индекс этих конфигураций, который был использован для сопоставления с солнечной активностью. Наилучшая связь солнечной активности (использованы числа Вольфа) получена только для трех планет – Венеры, Земли и Юпитера.

Индекс линейных конфигураций составлен по минимальным значениям СРД (планеты находятся в соединении, одна конфигурация), а также по минимальным отклонениям планет от линии, проходящей через них и Солнце при расположении планет по разные стороны от Солнца (3 конфигурации). Обозначим его для краткости как JEV, по первым буквам латинских названий планет. Этот индекс, объединяющий все 4 конфигурации, имеет 11-летнюю периодичность и описывает 11-летний цикл солнечной активности.

Рассчитана приливная волна на Солнце от планет Венеры, Земли и Юпитера, которая хорошо согласована с индексом JEV.

Планетный индекс JEV рассчитан с 1000 года по настоящее время, и проведено его сопоставление с солнечной активностью. Для периода с 1000 по 1699 гг использован ряд солнечной активности Шове, а с 1700 года использованы числа Вольфа. Хотя данные по солнечной активности до 1700 года получены косвенным путем, наблюдается полное соответствие числа циклов как в индексе JEV, так и в солнечной активности. Основная по амплитуде периодичность в них совпадает и равна 11.07 лет. Совпадение средней длительности 11-летней периодичности за 1000-летний интервал с точностью до второго знака после запятой доказывает связь индекса JEV с 11-летним солнечным циклом.

[1]. Охлопков В.П., Циклы солнечной активности и конфигурации планет // Вестник Московского университета. Сер. 3. Физика. Астрономия. 2012. № 4. С. 56-61 (Okhlopkov V.P. Cycles of Solar Activity and the Configurations of Planets // Moscow University Physics Bulletin, 2012, Vol. 67, No. 4, pp. 377-383.

<http://www.springerlink.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.3103/S0027134912040108>).

[2]. Охлопков В. П., О связи циклов солнечной активности с конфигурациями планет // Известия РАН. Сер. Физ., 2013, том 77, № 5, с. 667-669.

[3]. (Okhlopkov V.P., Relationship of Solar Activity Cycles to Planetary Configurations // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics, 2013, Vol. 77, No. 5, pp. 599-601).

[4]. (Okhlopkov V.P., Cycles of solar activity and the configurations of the planets // 2013, IOPscience, J. Phys.: Conf. Ser. 409 012199), (<http://iopscience.iop.org/1742-6596/409/1/012199>).

### Summary:

11-ЛЕТНИЕ ПЛАНЕТНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

Author: Охлопков, Виктор

НИИЯФ МГУ, Москва 119991, Ленинские горы

Corresponding Author: ovpetrovich@yandex.ru

Модуляционные эффекты космических лучей зависят от проявлений солнечной активности (СА). Циклические процессы СА и их прогноз имеют важное значение для жизнедеятельности на нашей планете. Более ранние результаты опубликованы в [1 - 4].

В данной работе с помощью введенного автором параметра – средняя разность гелиоцентрических долгот планет (СРД) – были рассчитаны линейные конфигурации трех планет – Венеры, Земли и Юпитера и составлен индекс этих конфигураций, который был использован для сопоставления с солнечной активностью. Наилучшая связь солнечной активности (использованы числа Вольфа) получена только для трех планет – Венеры, Земли и Юпитера.

Индекс линейных конфигураций составлен по минимальным значениям СРД (планеты находятся в соединении, одна конфигурация), а также по минимальным отклонениям планет от линии, проходящей через них и Солнце при расположении планет по разные стороны от Солнца (3 конфигурации). Обозначим его для краткости как JEV, по первым буквам латинских названий планет. Этот индекс, объединяющий все 4 конфигурации, имеет 11-летнюю периодичность и описывает 11-летний цикл солнечной активности.

Рассчитана приливная волна на Солнце от планет Венеры, Земли и Юпитера, которая хорошо согласована с индексом JEV.

Планетный индекс JEV рассчитан с 1000 года по настоящее время, и проведено его сопоставление с солнечной активностью. Для периода с 1000 по 1699 гг использован ряд солнечной активности Шове, а с 1700 года использованы числа Вольфа. Хотя данные по солнечной активности до 1700 года получены косвенным путем, наблюдается полное соответствие числа циклов как в индексе JEV, так и в солнечной активности. Основная по амплитуде периодичность в них совпадает и равна 11.07 лет. Совпадение средней длительности 11-летней периодичности за 1000-летний интервал с точностью до второго знака после запятой доказывает связь индекса JEV с 11-летним солнечным циклом.

[1]. Охлопков В.П., Циклы солнечной активности и конфигурации планет // Вестник Московского университета. Сер. 3. Физика. Астрономия. 2012. № 4. С. 56-61 (Okhlopkov V.P. Cycles of Solar Activity and the Configurations of Planets // Moscow University Physics Bulletin, 2012, Vol. 67, No. 4, pp. 377–383.

<http://www.springerlink.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.3103/S0027134912040108>.

[2]. Охлопков В. П., О связи циклов солнечной активности с конфигурациями планет // Известия РАН. Сер. Физ., 2013, том 77, № 5, с. 667–669.

[3]. (Okhlopkov V.P., Relationship of Solar Activity Cycles to Planetary Configurations // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics, 2013, Vol. 77, No. 5, pp. 599–601).

[4]. (Okhlopkov V.P., Cycles of solar activity and the configurations of the planets // 2013, IOPscience, J. Phys.: Conf. Ser. 409 012199), (<http://iopscience.iop.org/1742-6596/409/1/012199>).

101

## **О форме энергетических спектров солнечных космических лучей при больших энергиях и их следствия при описаний радиационных условия в межпланетном пространстве.**

**Author:** Rikho Nymmik<sup>1</sup>

**Co-authors:** Mikhail Panasyuk<sup>1</sup>; Nikolai Kuznetsov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *SINP MSU*

**Corresponding Author:** [nymmik@sinp.msu.ru](mailto:nymmik@sinp.msu.ru)

При освоении межпланетного пространства особую роль имеют проблемы радиационной безопасности, как на борту космических кораблей, так и в стационарных базах на поверхности тел солнечной системы. Одним из источников опасности являются мощные события солнечных космических лучей. Однако энергетические спектры мощных событий, фиксированные в прошлом (февраль 1956, ноябрь 1960, август 1972 и др), по которым в настоящее время вычисляются радиационные эффекты, находятся в резком противоречии со спектрами, измеряемыми современной аппаратурой. Это приводит к тому, что радиационные дозы, за толстой защитой на кораблях и в будущих обитаемых базах, вычисляемые по устаревшим данным сильно недооценены. В

докладе приведены примеры, демонстрирующие разницу устаревших и современных данных.

102

## **Изменения жесткости обрезания космических лучей в период геомагнитной бури в сентябре 2005 г.**

**Author:** Marta Tyasto<sup>1</sup>

**Co-authors:** Olga Danilova<sup>2</sup>; Valery Sdobnov<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Sankt-Petersburg Filial of IZMIRAN*

<sup>2</sup> *Sankt -Petersburg Filial of IZMIRAN*

<sup>3</sup> *Institute of Solar-Terrestrial Physics RAN*

**Corresponding Author:** mtyasto@mail.ru

Возмущение солнечного ветра, во время которого скорость достигала 1000 км/с привело к развитию геомагнитной бури 8-16 сентября 2005 г.. Для данной бури мы исследовали изменения геомагнитных порогов космических лучей. Методом траекторных расчетов в магнитном поле возмущенной магнитосферы Цыганенко TS01 были рассчитаны теоретические вертикальные эффективные геомагнитные пороги. Методом спектрографической глобальной съемки были получены экспериментальные жесткости обрезания на основе данных мировой сети нейтронных мониторов. Проведен совместный анализ временных вариаций полученных теоретических и экспериментальных геомагнитных порогов.

### **Summary:**

The strong solar wind disturbance during which the solar wind velocity reached ~ 1000 km/s led to the geomagnetic storm on 8-16 September . We studied variations in the cosmic ray geomagnetic cutoff rigidities that occurred during this geomagnetic storm period. Theoretical effective geomagnetic cutoffs were calculated by trajectory tracing in the magnetic field of the Tsyganenko Ts01 disturbed magnetosphere model. By using the spectrographic global survey method, experimental cutoff rigidities were determined on basis of the data of the world neutron monitor network, Combined analysis of time changes in the theoretical and experimental geomagnetic cutoffs was performed.

103

## **Метод глобальной съемки в режиме реального времени и прогноз космической погоды.**

**Author:** Vladislav Grigoryev<sup>1</sup>

**Co-author:** Sergey Starodubtsev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Yu.G.Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy of SB RAS*

<sup>2</sup> *Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy of SB RAS*

**Corresponding Author:** grig@ikfia.sbras.ru

В ИКФИА, с целью прогноза космической погоды, проводится непрерывный, в режиме реального времени, мониторинг по определению параметров анизотропии космических лучей (КЛ), ответственной за наблюдаемую на Земле суточную вариацию интенсивности регистрируемых частиц. При этом используются часовые данные нейтронного монитора и наземного мюонного телескопа одной станции –Якутского спектрографа космических лучей им. А.И. Кузьмина. С

расширением базы данных мировой сети станций нейтронных мониторов NMDB, появилась возможность исследования динамики параметров анизотропии КЛ с использованием метода глобальной съемки в режиме реального времени. В связи с этим, авторами проведена реализация этого метода по данным NMDB. С целью использования результатов расчетов для прогноза космической погоды, выполнен совместный ретроспективный анализ поведения полученных непрерывных часовых значений параметров суточной анизотропии и изотропной интенсивности КЛ, вариаций Dst-индекса (WDC, Kyoto) и скорости солнечного ветра (OMNIWeb) за 2012-2013 годы. Результаты проведенного анализа показывают, что использование метода глобальной съемки в реальном времени позволит увеличить, по данным наземных измерений КЛ, вероятность прогноза попадания Земли в геоэффективные крупномасштабные возмущения солнечного ветра.

104

## Модификация базовой модели гелиосферной модуляции космических лучей с учетом генерации магнитной турбулентности в солнечном ветре

**Author:** Sardaana Gerasimova<sup>1</sup>

**Co-authors:** Germogen Krymsky<sup>2</sup>; Prokopii Krivoshapkin<sup>2</sup>; Sergey Starodubtsev<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS

<sup>2</sup> Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy of SB RAS

<sup>3</sup> Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy of SB RAS

**Corresponding Author:** s\_k\_gerasimova@ikfia.sbras.ru

В ранее разработанной базовой модели модуляции постулировался линейный рост и спад напряженности турбулентного магнитного поля в 11-летнем солнечном цикле. В данной работе рассмотрен процесс генерации турбулентности в солнечном ветре, обусловленный взаимодействием быстрых и медленных потоков. Интенсивность взаимодействия зависит от угла наклона нейтрального токового слоя в солнечном ветре. Учет генерации турбулентности улучшает описание поведения космических лучей в 22-летнем солнечном цикле.

105

## ФОКУСИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПАРКЕРА

**Author:** Геннадий Кичигин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск

**Corresponding Author:** king@iszf.irk.ru

Рассматривается движение энергичных заряженных частиц (космических лучей) в спиральном магнитном поле Паркера. Из полученных результатов следует, что поле Паркера обладает фокусирующими свойствами, т.е. играет роль линзы, имеющей следующие свойства: 1) для положительного поля все радиально выпущенные из сферы энергичные заряженные частицы собираются полем в экваториальной плоскости, 2) для отрицательного поля частицы фокусируются в тонкий луч, направленный вдоль оси симметрии поля (оси вращения звезды). Эти свойства поля Паркера находят простое объяснение, если учесть, что, в итоге, в одном случае дрейф частицы приводит к ее попаданию в экваториальную плоскость, в другом – частица, прижимаясь к оси симметрии поля, далее движется вдоль нее до бесконечности.



107

## Возможности сцинтилляционного эксперимента Тунка-133 в изучении массового состава первичных космических лучей

**Author:** Николай Калмыков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт ядерной физики Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова

**Corresponding Author:** kalm@eas.sinp.msu.ru

Н.М. Буднев (1), А.Л. Иванова (1), Н.Н. Калмыков (2), Л.А. Кузьмичев (2), В.В. Просин (2), В.П. Сулаков (2), Ю.А. Фомин (2)

(1) Научно-исследовательский институт прикладной физики Иркутского государственного университета

(2) Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.Скобельцына Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова

Исследование первичных космических лучей (ПКЛ) в энергетическом диапазоне  $10^{16}$  –  $10^{18}$  эВ, в котором работает установка Тунка-133, имеет существенное значение для понимания происхождения и распространения космических лучей. По-видимому, до энергий этого диапазона космические лучи могут ускоряться в нашей Галактике, а далее происходит переход к внегалактическим космическим лучам. В настоящей работе рассматриваются возможности изучения массового состава ПКЛ на модернизированной установке Тунка-133, дополненной сцинтилляционными детекторами мюонов и электронов. Это позволит в ближайшем будущем регистрировать 3 компоненты ШАЛ, что даст возможность получать качественно новые экспериментальные данные и, в частности, создаст новые возможности для изучения массового состава ПКЛ. Как показывает моделирование, число мюонов  $N_{\mu}$  в ШАЛ практически независимо от глубины максимума  $X_{\max}$  ливня, поэтому дополнительный отбор по  $N_{\mu}$  при отборе по  $X_{\max}$  позволяет существенно улучшить разделение различных групп ядер. При отборе ШАЛ с  $X_{\max}$ , превышающим среднее в протонных ливнях, доля ливней от ядер гелия убывает до 24% от исходной, доля ливней от ядер группы CNO до 5% и доля ливней от ядер Fe до 2%. Даже с учётом 25% точности определения  $N_{\mu}$  в ливне одновременный отбор ливней с числом мюонов менее среднего в ливнях от протонов уменьшает долю ливней от ядер гелия до 6% от исходной, долю ливней от ядер CNO до 1% и долю ливней от ядер Fe примерно до 0.1%. Число электронов  $N_e$  в ШАЛ существенно ( $K_{\text{corr}}$  около 90%), коррелирует с  $X_{\max}$ , так что  $N_e$  нельзя считать независимым от  $X_{\max}$ . Однако определение  $N_e$  даёт возможность проводить отбор по величине  $\ln(N_e/N_{\mu})$ , которая чувствительна к массовому составу.

108

## Поиск анизотропии позитронов и электронов в эксперименте ПАМЕЛА

**Author:** Владимир Михайлов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

**Corresponding Author:** vvmikhajlov@mephi.ru

Эксперимент ПАМЕЛА поводится на борту спутника Ресурс ДК1 №1 с июня 2006г. Результаты показали рост отношения интенсивности позитронов к суммарной интенсивности электронов и позитронов с ростом энергии выше 10 ГэВ. Этот рост свидетельствует о существовании дополнительного источника космических лучей, связанных либо с астрофизическими объектами, например пульсарами, либо с возможной аннигиляцией частиц темной материи. Локальные источники позитронов могут привести к заметной анизотропии их потока. Результаты поиска анизотропии электронов

и позитронов для событий, зарегистрированных в эксперименте ПАМЕЛА с 2006 по 2013г, представлены в данной работе.

109

### **«Эксперимент по изучению энергетического спектра и массового состава ПКЛ в области $10^{18}$ - $10^{20}$ эВ с помощью аэростатной установки в Антарктиде» (проект)**

**Author:** Рэм Антонов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИИЯФ МГУ

**Corresponding Author:** ptrwww@mail.ru

Аэростатная установка, состоящая из оптической системы с диаметром входного окна диафрагмы 0.5 м и системы из 1000 детекторов, поднимается на высоту 30-40 км над покрытой льдом и снегом поверхностью Антарктиды в период полярной ночи и регистрирует отраженный от снежной поверхности черенковский свет ШАЛ и флуоресцентный трек ШАЛ в атмосфере. Устойчивые циркумполярные ветровые потоки позволяют осуществлять длительный полёт вокруг Южного полюса. Пороговая энергия регистрации черенковского света составит несколько единиц  $10^{17}$  эВ, пороговая энергия регистрации флуоресцентных треков ШАЛ - несколько единиц  $10^{18}$  эВ. В течение 90 суток полярной ночи может быть зарегистрировано около  $10^5$  событий ШАЛ с энергией выше  $10^{18}$  эВ и около 1000 событий ШАЛ с энергией выше  $10^{19}$  эВ. Предлагаемая установка может стать уникальным инструментом для изучения источников КЛ южного полушария небесной сферы Земли, которое закрыто для наблюдения с территории России.

110

### **Исследование чувствительности к химическому составу ПКЛ по данным установки СФЕРА-2**

**Author:** Dmitry Chernov<sup>1</sup>

**Co-authors:** Владимир Галкин<sup>2</sup>; Дмитрий Подгрудков<sup>2</sup>; Елена Бонвеч<sup>2</sup>; Рэм Антонов<sup>2</sup>; Татьяна Аулова<sup>2</sup>; Татьяна Роганова<sup>2</sup>; Тимур Джатдоев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Moscow State University

<sup>2</sup> НИИЯФ МГУ

**Corresponding Author:** chr@dec1.sinp.msu.ru

Предлагается новый метод оценки типа первичных космических лучей в области энергий 10-1000 ПэВ для индивидуальных событий, зарегистрированных установкой СФЕРА-2. Метод основан на сравнении образов зарегистрированных событий с моделированными событиями в предположении различных типов первичной частицы, с учетом погрешностей измерения. Исследование направлено на поиск предела чувствительности в определении химического состава ПКЛ сверхвысоких энергий при использовании метода регистрации отраженного черенковского света ШАЛ.

111

## Вариации потока космических лучей и их связь с глобальными значениями температуры тропосферы и стратосферы Земли на протяжении 23 и 24 солнечных циклов

**Author:** Валентин Дергачев<sup>1</sup>

**Co-author:** Павел Дмитриев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе

<sup>2</sup> ФТИ им. А.Ф.Иоффе

**Corresponding Author:** v.dergachev@mail.ioffe.ru

Исследована взаимная корреляция вариации потока космических лучей (КЛ) со среднесуточными глобальными значениями температуры различных слоев тропосферы и стратосферы Земли на протяжении 23 и 24 циклов солнечной активности.

В качестве потока КЛ с сервера ИЗМИРАН<sup>2</sup> (<http://cro.izmiran.rssi.ru>) были взяты скорректированные за счет атмосферного давления среднесуточные данные Московского нейтронного монитора 24NM-64 (имп./мин) с жесткостью геомагнитного обрезания 2.43 ГВ, а в качестве значений температуры различных слоев атмосферы Земли - среднесуточные глобальные значения яркостной температуры десяти различных слоев тропосферы и стратосферы высотой до 41 км, температуры слоя атмосферы, примыкающего к поверхности Земли, и температуры поверхности моря, восстановленные из измерений радиометра Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU-A), установленного на спутнике NOAA-15 (National Oceanic and Atmospheric Administration) с солнечно-синхронной около полярной орбитой, которые доступны на сервере: <http://discover.itsc.uah.edu>.

Обнаружена слабая тенденция зависимости вариаций температуры от величины потока КЛ: с увеличением потока КЛ температура нижних слоев до 4.4 км увеличивается, а более высоких от 7.5 км и выше уменьшается.

При помощи метода построения комбинированной спектральной периодограммы была изучена временная структура вышеперечисленных рядов данных, что приводит к выводу о возможности существования «общих» групп квазипериодических компонентов с периодами от нескольких дней до года.

112

## Детектор космических лучей предельно высоких энергий «КЛПВЭ» на борту МКС

**Author:** Борис Хренов<sup>1</sup>

**Co-authors:** Михаил Зотов<sup>1</sup>; Александр Марков<sup>2</sup>; Гали Гарипов<sup>1</sup>; Иван Яшин<sup>1</sup>; Игорь Чурило<sup>2</sup>; Леонид Ткачев<sup>3</sup>; Михаил Панасюк<sup>4</sup>; Олег Сапрыкин<sup>5</sup>; Павел Климов<sup>1</sup>; Сергей Шаракин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИИЯФ МГУ

<sup>2</sup> РКК Энергия

<sup>3</sup> ОИЯИ

<sup>4</sup> НИИАФ МГУ

<sup>5</sup> ЦНИИМАШ

**Corresponding Author:** zotov@eas.sinp.msu.ru

Детектор космических лучей предельно высоких энергий (энергии  $> \sim 50$  ЭэВ) «КЛПВЭ» разрабатывается в НИИЯФ МГУ совместно с РКК «Энергия» для запуска на орбиту Земли и установки на российском сегменте Международной космической станции. В 2013 году был закончен этап аванпроекта и сформировано техническое задание для дальнейшей реализации миссии.

Орбитальный детектор «КЛПВЭ», состоящий из оптического концентратора большой площади (около 10 кв.м.) и матрицы фотоприемника, предназначен для регистрации флуоресцентного свечения, производимого заряженными частицами широкого атмосферного ливня (ШАЛ), и отраженного от земли и облаков черенковского излучение ШАЛ. Чтобы обеспечить годовую

экспозицию, превышающую в несколько раз экспозицию наземных крупнейших детекторов, поле зрения установки должно быть не менее 0.2 ср (диаметр углового поля примерно 30 градусов). Однозеркальная оптическая система, рассматривавшаяся на предварительном этапе проработки проекта и используемая в первом орбитальном детекторе КЛ ПВЭ «ТУС», не позволяет достичь столь широкого поля зрения. Поэтому для улучшения характеристик прибора было решено использовать корректирующие оптические элементы на основе опыта коллаборации JEM-EUSO по изготовлению линз Френеля.

В докладе представлены различные прорабатываемые в настоящее время варианты оптической системы орбитального детектора «КЛПВЭ», приведены оценки эффективности работы прибора, энергетического порога и ожидаемой статистики событий КЛ ПВЭ. Обсуждаются возможности регистрации других быстротекущих явлений в атмосфере (молний, транзиентов, метеоров и др.).

113

## **Анизотропия космических лучей вокруг 1 ЭэВ по публичным данным эксперимента Auger**

**Author:** Михаил Зотов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИИЯФ МГУ

**Corresponding Author:** zotov@eas.sinp.msu.ru

Одной из нерешённых проблем физики космических лучей (КЛ) является энергия перехода от галактических к внегалактическим источникам. Традиционная модель предполагает, что переход осуществляется в районе «лодыжки» в энергетическом спектре КЛ примерно при 4 ЭэВ. Альтернативная модель «дипа» (dip, Aloisio, Berezhinsky et al.) в качестве области перехода предлагает диапазон энергий от 0.4 до 0.7 ЭэВ с окончанием этого перехода к началу «дипа» в спектре при 1 ЭэВ. Данная модель недавно получила косвенное подтверждение результатами эксперимента KASCADE-Grande.

В данной работе изучалась анизотропия КЛ в диапазоне энергий 0.2-1.4 ЭэВ по публичным данным эксперимента Auger. Мотивация исследования состояла в том, что если в этом диапазоне энергий действительно имеет место переход от галактических к внегалактическим КЛ, то это может изменить характер анизотропии. Анализ данных был осуществлён по той же методике, которая применялась коллаборацией Auger для поиска источников галактических нейтронов. Был проанализирован доступный набор данных по всём указанном диапазоне энергий (~28 тыс. событий) и в трёх его подмножествах, содержащих примерно по 14 тыс. событий. Оказалось, что в полном наборе и его наименее «энергичном» подмножестве (0.2-0.56 ЭэВ) имеется область с избытком КЛ в направлении, близком к центру Галактики. Эта область становится менее выраженной при энергиях 0.4-0.8 ЭэВ и исчезает в диапазоне 0.56-1.4 ЭэВ, что согласуется с результатом Auger об отсутствии избытка КЛ с направления на центр Галактики при энергиях >1 ЭэВ. Противоположное поведение было обнаружено у области с избытком КЛ в направлении на скопление галактик Дева: она отсутствовала в диапазоне 0.2-0.56 ЭэВ, но появлялась с ростом энергии. Таким образом, на левом краю энергетического диапазона наблюдается корреляция со скоплением возможных галактических источников КЛ, а на правом - внегалактических.

Мы не можем утверждать, что такая же картина анизотропии будет наблюдаться в полном наборе данных эксперимента Auger, поскольку публичные данные составляют лишь малую его часть. Тем не менее, полученный результат даёт указание на возможность существования аналогичной динамики изменения анизотропии КЛ в рассмотренном диапазоне энергий в полном наборе данных. Если так, это послужит аргументом в пользу моделей, предсказывающих переход от галактических к внегалактическим КЛ при энергиях  $\sim < 1$  ЭэВ. Проверка может быть осуществлена с помощью полного набора данных Auger.

114

## Исследование энергетических характеристик групп мюонов в наклонных ШАЛ

**Author:** Р.П. Кокоулин<sup>1</sup>

**Co-authors:** А.А. Петрухин<sup>1</sup>; А.Г. Богданов<sup>1</sup>; В.А. Хомяков<sup>1</sup>; В.В. Киндин<sup>1</sup>; В.В. Шутенко<sup>1</sup>; Дж. Маннокки<sup>2</sup>; Дж. Тринкоро<sup>2</sup>; Е.А. Ковыляева<sup>1</sup>; И.И. Яшин<sup>1</sup>; Л.И. Душкин<sup>1</sup>; О. Сааведра<sup>3</sup>; С.С. Хохлов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

<sup>2</sup> INAF

<sup>3</sup> Torino University

**Corresponding Author:** rpkokoulin@mephi.ru

Представлены первые результаты исследования энерговыделения наклонных групп мюонов на поверхности Земли в черенковском водном детекторе. В качестве меры энерговыделения (пропорционального суммарным потерям энергии мюонов в веществе детектора) используется суммарный отклик ФЭУ черенковского калориметра НЕВОД, а локальная плотность мюонов в точке наблюдения и направление их прихода оцениваются по данным координатно-трекового детектора ДЕКОР. Найдено, что среднее удельное энерговыделение (нормированное на плотность мюонов) существенно зависит от зенитного угла. Сравнение с результатами моделирования мюонной компоненты ШАЛ, выполненного на основе пакета CORSIKA, показывает, что средняя энергия мюонов, регистрируемых в составе наклонных групп, быстро увеличивается с ростом зенитного угла и вблизи горизонта достигает 400-500 ГэВ.

115

## Экспериментальный комплекс НЕВОД: сегодня и завтра

**Author:** Анатолий Петрухин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ"

**Corresponding Author:** aapetrukhin@mephi.ru

Рассматривается современное состояние экспериментального комплекса НЕВОД, его возможности и полученные результаты. Обсуждаются перспективы дальнейшего развития комплекса как за счет создания новых установок, так и за счет модернизации существующих.

116

## О поведении интенсивности ГКЛ в фазе максимума солнечного цикла и об особенностях СЦ 24

**Author:** Mikhail Krainev<sup>1</sup>

**Co-authors:** Albina Svirzhevskaya<sup>1</sup>; Galina Bazilevskaya<sup>2</sup>; Mikhail Kalinin<sup>1</sup>; Nikolay Svirzhevsky<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lebedev Physical Institute RAS

<sup>2</sup> Lebedev Physical Institute

**Corresponding Author:** mkrainev46@mail.ru

В настоящее время продолжается фаза максимума солнечного цикла (СЦ) 24, во многих отношениях аномального в сравнении с циклами второй половины 20-ого века. В разгаре

должна быть и соответствующая фаза в цикле интенсивности галактических космических лучей (ГКЛ), развивающемся в противофазе с солнечной активностью.

В данной работе мы сопоставляем наблюдаемое поведение площади солнечных пятен, распределения полярности гелиосферного магнитного поля (ГМП) и интенсивности ГКЛ на орбите Земли в 2011-2014 гг. с их типичным поведением в фазах максимума СЦ 21-23 (1980-2003 гг.), включающим провалы и пики Гневывшева (соответственно, в солнечной активности и интенсивности ГКЛ), инверсию полярности ГМП и энергетический гистерезис в интенсивности ГКЛ. Кроме того, развитие СЦ 24 в площади солнечных пятен в N- и S-полушариях Солнца и интенсивности ГКЛ в 2013-2014 гг. сравнивается с ожидаемым из корреляционной связи между значениями этих характеристик в максимуме и точке перегиба солнечного цикла, установленной нами ранее.

117

## **Описание интенсивности ГКЛ в трёх последовательных минимумах солнечной активности**

**Author:** Михаил Калинин<sup>1</sup>

**Co-author:** Михаил Крайнев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *ФИАН им. П.Н. Лебедева*

**Corresponding Author:** mkalinin@fian.fiandns.mipt.ru

Методом численного решения транспортного уравнения для ГКЛ в рамках простой модели гелиосферы описано поведение интенсивности галактических космических лучей в трёх последних минимумах солнечной активности. Модель отличается от ранее использованных нами полем скоростей дрейфа, а также учётом разницы характеристик гелиосферного магнитного поля внутри и вне секторной зоны. В расчётах использованы измерительные данные известной базы данных OMNI по гелиосферному магнитному полю, скорости солнечного ветра и данные по углу наклона токового слоя Стенфордского университета. Результаты расчёта сравниваются с измерительными данными по интенсивности ГКЛ регулярного баллонного мониторинга в атмосфере Земли.

118

## **Об основных причинах и механизмах образования долговременных вариаций интенсивности галактических космических лучей**

**Author:** Mikhail Krainev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Lebedev Physical Institute RAS*

**Corresponding Author:** mkrainev46@mail.ru

В гелиосфере, окружающей Солнце области солнечного ветра и магнитных полей, развиваются процессы, генетически связанные с обеими ветвями активности Солнца – тороидальной и полоидальной. В результате в наблюдаемой в гелиосфере интенсивности галактических космических лучей (ГКЛ) также присутствуют как сильное изменение в противофазе с пятенной активностью Солнца (пятенный (sunspot), или 11-летний цикл), так и несколько меньшая вариация в фазе с изменением полярности высокоширотных солнечных магнитных полей (магнитный, или 22-летний цикл).

В докладе будет сделан краткий обзор как общепринятых, так и альтернативных представлений о причинах указанных вариаций интенсивности ГКЛ, а также проанализированы причины образования и степень обоснованности этих представлений.

119

## К вопросу о причинах анизотропии галактических космических лучей

**Author:** Александр Лидванский<sup>1</sup>

**Co-author:** Валериан Козяревский<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт ядерных исследований РАН*

**Corresponding Author:** lidvansk@lebedev.ru

Анизотропия, связанная с движением Земли вокруг Солнца хорошо измерена в солнечном времени (эффект Комптона-Геттинга). Т. к. Солнечная Система движется в Галактике со скоростью на порядок превышающей скорость орбитального движения Земли, то отсутствие аналога эффекта Комптона-Геттинга с на порядок большей амплитудой анизотропии является проблемой. До сих пор она решалась негласным предположением о движении космических лучей как целого примерно с той же скоростью и в том же направлении, что и Солнечная система. Однако можно предложить другой вариант решения этой проблемы. Недавно в рамках проверки гипотезы Ерлыкина и Волфендейла о наличии близкого источника космических лучей коллаборация ГАММА проводила анализ галактического распределения ливней с энергией около  $10^{15}$  выделенных по параметру возраста. Предварительный результат этого анализа говорит в пользу существования анизотропии таких событий от источника расположенного в южной части неба (направление на источники Vela, близко к галактической плоскости). В настоящей работе показано, что наличие такого источника может частично уравновесить эффект от движения Солнечной Системы, при этом результирующий вектор анизотропии близок к полученному при энергии 100 ТэВ в эксперименте на установке Ковер. Таким образом, возможно, аналог эффекта Комптона-Геттинга для движения Солнечной Системы все же существует.

120

## О спектре долгопериодных вариаций космических лучей

**Author:** Павел Кобелев<sup>1</sup>

**Co-authors:** Anatoly Belov<sup>2</sup>; Raisa Gushchina<sup>2</sup>; Виктор Янке<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *ИЗМИРАН*

<sup>2</sup> *IZMIRAN*

**Corresponding Author:** kosmos061986@yandex.ru

По данным мониторинга космического излучения на мировой сети нейтронных мониторов и мюонных телескопов решена обратная задача определения параметров первичного спектра вариаций космических лучей в области жесткостей 1-200 ГэВ. Используя среднемесячные вариации космических лучей, в приближении нулевой гармоники при решении интегрального уравнения, описывающего относительные вариации космических лучей получены оптимальные значения параметров спектра первичных вариаций за весь период наземных наблюдений. Спектр задан в трехпараметрическом виде. Показано, что полученные параметры спектра позволяют с точностью несколько десятых долей процента описать наблюдаемые долгопериодные вариации космических лучей.

121

## Регистрация Ве-7 на орбитах ИСЗ “Космос” в период 24-го цикла солнечной активности

**Author:** Чармэн Третьякова<sup>1</sup>

**Co-authors:** Дмитрий Журавлев<sup>1</sup>; Михаил Панасюк<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИИЯФ МГУ

**Corresponding Author:** charmian@eas.sinp.msu.ru

В 1990 г. после шестилетнего пребывания на высотах более 320 км был возвращён на Землю американский спутник LDEF [1]. Измерения активности образцов с его поверхности показали чрезвычайно высокую концентрацию радиоактивного Ве-7, который образуется в результате столкновений частиц космических лучей с атомами остаточной атмосферы. Значительный вклад в образование Ве-7 могли дать мощные протонные события, наблюдавшиеся на Земле в конце 1989 г. Поэтому в 1996-1999 годах измерения радиоактивности Ве-7 на околоземных орбитах были продолжены на российских спутниках “Космос” и “Ресурс” (высоты 170-370 км). В результате была обнаружена корреляция между концентрацией Ве-7 на этих высотах и величиной потока энергичных солнечных протонов на Земле.

В 2007-2012 годах эксперименты по регистрации Ве-7 на орбитах ИСЗ “Космос” были продолжены. Всего было проведено 6 экспозиций пластин, по одной в год. Как и прежде, для регистрации Ве-7 использовались металлические пластины размером 10×10 см, которые устанавливались на внешней поверхности спутника таким образом, что плоскость пластины была перпендикулярна направлению движения космического аппарата. При движении спутника атомы Ве-7 наталкиваются на поверхность пластины и накапливаются на ней. По возвращению на Землю проводился гамма-спектроскопический анализ радионуклидного состава пластин для определения содержания Ве-7 по линии 478 КэВ, которая возникает при распаде Ве-7.

В четырёх экспозициях, проведённых в 2007, 2008, 2009 и 2010 годах, радиоактивность Ве-7 в пластинах оказалась меньше 0.5 Бк/м<sup>2</sup> - порога регистрации спектрометров, применявшихся для её измерения. В экспозициях 2011 и 2012 годов активность Ве-7 оказалась равной 2.9±1.6 и 6±1.8 Бк/м<sup>2</sup> соответственно. В 2007-2010 гг. наблюдался минимум солнечной активности, солнечные протонные события (СПС) случались редко, а в 2008 и 2009 гг. вообще не было ни одного СПС. В отсутствие вспышек концентрация Ве-7 в атмосфере определяется сравнительно (с СПС) небольшим потоком протонов ГКЛ, поэтому активность Ве-7 оказалась меньше 0.5 Бк/м<sup>2</sup>. Экспозиции 2011 и 2012 гг. были проведены на фазе роста СА, во время этих экспозиций происходили СПС, причём в 2012 г. вспышки были более мощные и длительные, чем в 2011 г.

Эксперименты по регистрации радионуклида Ве-7 на ИСЗ “Космос” в 2000-х годах показали, что концентрация Ве-7 на орбитах спутников коррелирует с величиной потока энергичных протонов. Этот вывод согласуется с результатами, полученными ранее в работе [1].

[1] G.W.Philips, G.H.Share, S.E.King, R.A.August, A.J.Tylka, and J.H.Adams, Jr. M.I.Panasyuk, R.A.Nymmik, B.M.Kuzhevskij, V.S.Kulikauskas, and D.A.Zhuravlev. A.R.Smith, D.L.Hurley, and R.J.McDonald. Correlation of Upper-Atmospheric Be-7 with Solar Energetic Particle Events. GRL, 2001, v.28, №56pp.939-942.

122

## Мюонный детектор проекта Tunka-HiSCORE

**Author:** И.И. Яшин<sup>1</sup>

**Co-authors:** А.А. Петрухин<sup>1</sup>; А.Г. Богданов<sup>1</sup>; В.В. Киндин<sup>1</sup>; И.И. Астапов<sup>1</sup>; К.Г. Компаниец<sup>1</sup>; К.О. Юрин<sup>1</sup>; Л.А. Кузьмичев<sup>2</sup>; Н.В. Ампилогов<sup>1</sup>; Н.М. Буднев<sup>3</sup>; Н.С. Барбашина<sup>1</sup>; Р.П. Кокоулин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

<sup>2</sup> НИИЯФ МГУ

<sup>3</sup> ИГУ

**Corresponding Author:** iiyashin@mephi.ru



Обсерватория Tunka-HiSCORE нацелена на решение ряда фундаментальных задач гамма-астрономии и физики космических лучей высоких энергий с помощью широкоугольной установки (0.6 стерадиан) большой площади (в перспективе до  $10 \text{ км}^2$ ), расположенной в Тункинской долине и способной регистрировать гамма-кванты сверхвысокой энергии в диапазоне 20 - 1000 ТэВ и заряженные космические лучи с энергией 100 ТэВ - 100 ПэВ с хорошим энергетическим и угловым разрешением и высокой статистической обеспеченностью. Для улучшения возможностей режекции фоновых ШАЛ от протонов и ядер предлагается использовать мюонные детекторы. Из результатов моделирования следует, что мюонный детектор должен занимать не менее 1% от общей площади детектора ШАЛ. Рассматриваются различные варианты мюонных детекторов, их измерительных систем, а также конфигурации их размещения.

123

## Исследование отклика мюонного годоскопа УРАГАН на корональные выбросы масс

**Author:** Иван Астапов<sup>1</sup>

**Co-authors:** Анатолий Петрухин<sup>1</sup>; Анна Дмитриева<sup>1</sup>; Виктор Шутенко<sup>1</sup>; Владимир Борог<sup>1</sup>; Елена Яковлева<sup>1</sup>; Игорь Яшин<sup>1</sup>; Наталья Барбашина<sup>1</sup>; Ольга Ситько<sup>1</sup>; Юлия Мишутина<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

**Corresponding Author:** iiastapov@mephi.ru

Корональные выбросы массы представляют собой гигантские объемы солнечного вещества, вырывающиеся с поверхности Солнца. Их прохождение через гелиосферу вызывает изменения потока первичных космических лучей в межпланетной среде, что, в свою очередь, вызывает анизотропию вторичных космических лучей в атмосфере Земли. Мюонный годоскоп УРАГАН позволяет регистрировать изменения локальной анизотропии потока мюонов во время таких событий. В работе приводятся результаты анализа изменений параметров локальной анизотропии потока мюонов, зарегистрированных мюонным годоскопом УРАГАН (на поверхности Земли), во время корональных выбросов масс, отобранных по данным коронографа LASCO C2/C3 (спутниковые детекторы). Также представлены долговременные вариации локальной анизотропии потока мюонов в период с 2008 по 2013 гг, включающий различные фазы солнечной активности и соответствующие корреляции с параметрами межпланетной среды. Отдельно рассматривается отклик мюонного годоскопа на серию не геоэффективных событий, произошедших в июле 2012 года, которые показали новые возможности наблюдений подобных событий на поверхности Земли.

124

## Временные и энергетические характеристики всплесков высокоэнергичных электронов в магнитосфере Земли, связанные с геофизическими процессами

**Author:** Сергей Александрин<sup>1</sup>

**Co-authors:** Аркадий Гальпер<sup>2</sup>; Сергей Колдашов<sup>2</sup>; Тимур Жараспаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National Research Nuclear University "MEPhI"

<sup>2</sup> National Research Nuclear University MEPhI

**Corresponding Author:** syaleksandr@mephi.ru

Сегодня большой интерес вызывают исследования изменений радиационных условий в околоземном космическом пространстве (ОКП) вне зоны радиационного пояса (РП), проявляющихся

как всплески и быстрые вариации потоков заряженных частиц в широком диапазоне энергий. К настоящему времени было выполнено значительное число экспериментальных работ в этом направлении. Необходимо отметить, что наиболее важные результаты были получены по данным спутниковых экспериментов как для высоких энергий (5–50 МэВ), так и для низких (0,3–5 МэВ). Была выявлена взаимосвязь между всплесками электронов и различными магнитосферными и геофизическими процессами (сейсмическими, грозowymi и др.), и при этом показано, что механизм формирования всплесков высокоэнергичных электронов во внутренней зоне магнитосферы ( $L < 2$ ) связан с локальными возмущениями РП, сопровождающимися высыпаниями электронов. Если их зеркальные точки находятся не слишком глубоко в остаточной атмосфере (выше 60–80 км), то облако таких частиц дрейфует вокруг Земли вдоль L-оболочки, содержащей зону локального возмущения РП. При этом электроны с энергиями более нескольких МэВ имеют период долгого дрейфа менее десяти минут, и облако частиц быстро уходит из области возмущения РП. При пересечении космическим аппаратом этой L-оболочки приборы регистрируют всплеск частиц, и место его регистрации не совпадает с долгой зоной возмущения РП, тем не менее, облако электронов несет информацию о ее координатах. В данной работе для проведения детального анализа полученных экспериментальных результатов проведено численное моделирование процессов распространения облака выпавшихся электронов в магнитосфере Земли. В расчетах учитывались размеры области локального возмущения РП в L-пространстве, энергетический спектр выпавшихся частиц, зависимости скорости долгого дрейфа электронов от их энергии, L-координаты, пичч-угла, а также моделировались фоновые потоки электронов альбедо в ОКП и характеристики детектирующей аппаратуры (энергетический диапазон, энергетическое и угловое разрешение). Геомагнитное поле задавалось диполем, длительность локального возмущения РП считалась малым по сравнению с периодом долгого дрейфа частиц. Были рассчитаны временные профили и энергетические спектры всплесков высокоэнергичных электронов для разных возмущенных L-оболочек и условий их пересечения космическим аппаратом, выполнен анализ эволюции энергетических спектров частиц в течение времени регистрации всплеска. Были изучены зависимости времени ( $t$ ) регистрации отдельных частиц от их энергии ( $E$ ) во время наблюдения всплеска в условиях, моделирующих регистрацию всплеска электронов в реальном спутниковом эксперименте. Показано, что при определенных условиях в двумерном пространстве координат  $E$  и  $t$  можно выделить события (электроны), которые группируются вдоль линии, определяемой зависимостью скорости долгого дрейфа частиц от их энергии. На основе результатов проведенных расчетов выполнен анализ распределений частиц по  $E$  и  $t$  координатам для всплесков электронов, зарегистрированных в спутниковых экспериментах «АРИНА» и «ВСПЛЕСК» и получены указания на проявление корреляции между  $E$  и  $t$ , соответствующее описанной выше особенности в группировке частиц.

125

## Данные МГ УРАГАН в реальном времени

**Author:** Виктор Шутенко<sup>1</sup>

**Co-authors:** Анатолий Петрухин<sup>1</sup>; Анна Дмитриева<sup>1</sup>; Владимир Борог<sup>1</sup>; Дмитрий Чернов<sup>1</sup>; Елена Яковлева<sup>1</sup>; Иван Астапов<sup>1</sup>; Игорь Яшин<sup>1</sup>; Константин Компаниец<sup>1</sup>; Наталья Барбашина<sup>1</sup>; Ольга Ситько<sup>1</sup>; Ростислав Кокоулин<sup>2</sup>; Юлия Мишутина<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

<sup>2</sup> МИФИ

**Corresponding Author:** [vvshutenko@mephi.ru](mailto:vvshutenko@mephi.ru)

Для мониторинга космической погоды используются данные детекторов, размещенных на космических спутниках и на поверхности Земли. Одним из таких детекторов является мюонный годоскоп УРАГАН, состоящий из четырех независимых супермодулей (СМ), площадь каждого  $\sim 11 \text{ м}^2$ . Супермодули регистрируют угловое распределение потока мюонов в широком диапазоне зенитных углов, что позволяет получать информацию о вариациях как его интенсивности, так и его угловых характеристик. Три супермодуля непрерывно находятся в режиме регистрации, а один СМ используется в основном для тестирования и калибровки детекторов различного типа. Данные набираются по минутным интервалам времени (кадрам) и содержат матрицы угловых распределений и контрольную информацию. Из полученных от отдельных СМ минутных кадров формируется сводный минутный кадр данных, который сохраняется на

жёстком носителе и является исходным для последующей обработки и анализа. Данные УРАГАН обрабатываются в режиме реального времени после сохранения сводного минутного кадра внутри бинарного часового файла. Периодически (каждые 5 минут и в начале каждого часа) делается обработка полученных данных, результатами которой являются временные ряды характеристик угловых распределений, 2D-фурье и вейвлет анализа. Изображения текущих графиков временных рядов и матриц вариаций угловых распределений публикуются на сайте экспериментального комплекса НЕВОД в сети Интернет.

126

## Восстановление параметров высокоэнергичных каскадов в ЧВД НЕВОД

**Author:** Василий Хомяков<sup>1</sup>

**Co-authors:** Алексей Богданов<sup>1</sup>; Анатолий Петрухин<sup>1</sup>; Виктор Киндин<sup>1</sup>; Виктор Шутенко<sup>1</sup>; Игорь Яшин<sup>1</sup>; Ростислав Кокоулин<sup>1</sup>; Семён Хохлов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

**Corresponding Author:** vakhomyakov@mephi.ru

Детектирующая система черенковского водного детектора (ЧВД) НЕВОД представляет собой пространственную решетку с расположенными в узлах квазисферическими модулями (КСМ), регистрирующими черенковское излучение от релятивистских заряженных частиц (всего в решетке 91 КСМ).

Малый шаг пространственной решетки (~5 радиационных единиц) и широкий динамический диапазон регистрируемых сигналов позволяют исследовать каскадные ливни, генерируемые в воде мюонами. На первом этапе была решена задача восстановления каскадной кривой для ливней, оси которых определялись по мюонам с помощью координатного детектора ДЕКОР, расположенного вдоль боковых стенок ЧВД.

В настоящей работе рассмотрено решение задачи в широкой геометрии, когда восстановление параметров каскадов с неизвестным направлением оси осуществлялось на основе только амплитуд откликов ФЭУ ЧВД. Отбирались события, в которых сработало не менее 60 КСМ из 91. Помимо каскадов от мюонов, выработка данного триггера может быть вызвана рождением каскадов от адронов, прохождением ШАЛ и мюонных групп. Подход к выделению каскадных ливней с неизвестной осью среди таких событий основан на использовании порядковых статистик откликов КСМ. В ЧВД НЕВОД, имеющем плотную решетку измерительных модулей, при возникновении каскада модули с наибольшими амплитудами отклика должны образовывать компактную группу, геометрия которой может служить признаком каскада. Алгоритм отбора и приемлемые размеры группы модулей отрабатывались на обучающей выборке, состоящей из ранее отобранных каскадов с известной осью.

В докладе представлены первые результаты исследования каскадных ливней в диапазоне зенитных углов от 60 до 90 градусов и энергий от 10 ГэВ до 10 ТэВ. Реконструкция и анализ отобранных каскадов позволяют на два порядка увеличить статистику событий в области высоких энергий и расширить диапазон зенитных углов по сравнению с ранее использовавшимся подходом.

127

## Исследования потока альбедных мюонов на экспериментальном комплексе НЕВОД-ДЕКОР

**Author:** Вероника Кругликова<sup>1</sup>

**Co-authors:** Алексей Богданов<sup>1</sup>; Анатолий Петрухин<sup>1</sup>; Виктор Киндин<sup>1</sup>; Виктор Шутенко<sup>1</sup>; Дмитрий Чернов<sup>1</sup>; Екатерина Ковьялева<sup>1</sup>; Елена Яковлева<sup>1</sup>; Игорь Яшин<sup>1</sup>; Константин Компаниец<sup>1</sup>; Наталья Барбашина<sup>1</sup>; Ростислав Кокоулин<sup>1</sup>; Семён Хохлов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

**Corresponding Author:** vskruglikova@mephi.ru

Исследование околоразногоризонтального потока атмосферных мюонов представляет интерес как с точки зрения изучения космических лучей высоких энергий, так и для оценки фона в нейтринных экспериментах. Особый интерес представляет область зенитных углов больших 90 градусов, в которой регистрируются так называемые альбедные мюоны –атмосферные мюоны, рассеянные в верхнюю полусферу.

Экспериментальный комплекс НЕВОД-ДЕКОР является подходящей системой для исследования потока альбедных мюонов на поверхности Земли. Координатно-трековый детектор ДЕКОР, позволяет выделять треки околоразногоризонтальных мюонов с угловой точностью лучше 1 градуса, пространственной –около 1 см. При использовании метода максимального правдоподобия анализ амплитуд откликов ФЭУ ЧВД НЕВОД позволяет определить направление движения мюона с вероятностью ошибки до  $10^{-8}$ .

В докладе приводятся первые результаты исследования потока альбедных мюонов по данным экспериментальной серии с декабря 2011 по март 2013 года с пороговой энергией 7 ГэВ в интервале зенитных углов до 95 градусов.

128

## Исследование временных изменений амплитудных спектров форбуш-понижений для различных типов гелиосферных возмущений

**Author:** Елена Яковлева<sup>1</sup>

**Co-authors:** Анатолий Петрухин<sup>2</sup>; Анна Дмитриева<sup>2</sup>; Анна Ковыляева<sup>2</sup>; Иван Астапов<sup>2</sup>; Игорь Яшин<sup>2</sup>; Наталья Барбашина<sup>2</sup>; Ольга Ситько<sup>2</sup>; Юлия Мишутина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

<sup>2</sup> НИЯУ МИФИ

**Corresponding Author:** eiyakovleva@mephi.ru

Исследования форбуш-понижений ведутся в основном с помощью сети нейтронных мониторов, покрывающий весь земной шар. Для анализа энергетических характеристик спектра во время ФП с помощью нейтронных мониторов используется метод глобальной съемки. В то же время подобные исследования можно проводить и в потоке мюонов (в области энергий выше 10 ГэВ) с помощью одной установки –мюонного годоскопа (МГ) УРАГАН, обладающего широкой апертурой и высоким угловым разрешением (1-2 градуса), и способного регистрировать мюоны под различными зенитными углами. МГ УРАГАН позволяет исследовать ФП в широком энергетическом интервале на разных стадиях развития события в одной точке наблюдения. Чувствительность данных мюонного годоскопа к показателю энергетического спектра КЛ обусловлена тем, что за генерацию мюонов, регистрируемых при разных зенитных углах, ответственны первичные частицы с разной эффективной энергией. Мюонный годоскоп УРАГАН во время форбуш-понижений чувствителен к энергиям первичных частиц примерно от 5 до 65 ГэВ.

В работе исследуются форбуш-понижения за период 2007-2013 гг. по данным мюонного годоскопа УРАГАН. Для получения энергетического спектра амплитуд ФП в потоке мюонов используются функции связи первичного и вторичного потоков КЛ для статистически одинаково обеспеченных пяти зенитно-угловых интервалов (0–17, 17–26, 26–34, 34–44 и более 44). Анализ энергетических характеристик проводится на основе зависимости амплитуды падения интенсивности мюонов КЛ от среднелогарифмической энергии первичных частиц, дающих вклад в изменение темпа счета МГ УРАГАН. Хорошее временное разрешение МГ УРАГАН позволяет исследовать динамику показателя амплитудного спектра в различные моменты времени. Получена временная зависимость показателя  $\alpha$  амплитудного спектра каскадных ФП, вызванных различными типами возмущений солнечного ветра. Значения показателя спектра  $\alpha$  во время гелиосферных возмущений находятся в пределах от 0 до -1, а в период между возмущениями показатель спектра более «мягкий», от -1 до -2.

129

## Измерение спектра локальной плотности заряженных частиц на установке СКТ

**Author:** Михаил Амельчаков<sup>1</sup>

**Co-authors:** Алексей Богданов<sup>1</sup>; Анатолий Петрухин<sup>1</sup>; Владимир Исаков<sup>1</sup>; Иван Шульженко<sup>1</sup>; Игорь Яшин<sup>1</sup>; Ростислав Кокоулин<sup>1</sup>; Семён Хохлов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

**Corresponding Author:** mbamelchakov@mephi.ru

Система калибровочных телескопов (СКТ) первоначально была создана для калибровки оптических модулей черенковского водного детектора НЕВОД. Она включает в себя две плоскости ( $8 \times 10 \text{ м}^2$ ) сцинтилляционных счетчиков ( $40 \times 20 \times 2 \text{ см}^3$ ), расположенных в регулярном порядке. В каждой плоскости находится 40 детекторов. Одна из плоскостей расположена на крышке черенковского детектора, а другая – на его дне, на глубине 8.4 м воды. В настоящее время регистрирующая система установки снабжена логическими и амплитудными каналами регистрации. Каждый амплитудный канал способен измерять энерговыделение в диапазоне от 0.2 до 50 релятивистских частиц, что обеспечивает возможность анализа многочастичных событий. Поэтому СКТ может быть использована для исследования ШАЛ. Вследствие того, что размер установки намного меньше характерных размеров ШАЛ, проблематично использовать традиционный метод реконструкции параметров ливней по функции плотности распределения (ФПР) частиц. Поэтому для исследования ШАЛ на СКТ используется метод, основанный на феноменологии локальной плотности регистрируемых заряженных частиц. Спектр локальных плотностей восстанавливается двумя способами: по кратности сработавших детекторов в верхней плоскости (от 3 до 40) и по амплитудным данным счетчиков. Показано, что на установке СКТ можно восстанавливать спектр локальных плотностей заряженных частиц в диапазоне значений от 0.5 до  $500 \text{ м}^{-2}$ , что соответствует почти трем порядкам по энергии первичных частиц.

130

## Координатно-трековая установка на дрейфовых камерах для исследования космических лучей сверхвысоких энергий

**Author:** Егор Задеба<sup>1</sup>

**Co-authors:** Алексей Богданов<sup>1</sup>; Анатолий Борисов<sup>2</sup>; Анатолий Кожин<sup>2</sup>; Анатолий Петрухин<sup>1</sup>; Виктор Шутенко<sup>1</sup>; Владислав Воробьев<sup>1</sup>; Вячеслав Овчинников<sup>1</sup>; Вячеслав Селяков<sup>1</sup>; Дмитрий Чернов<sup>1</sup>; Игорь Яшин<sup>1</sup>; Константин Компаниец<sup>1</sup>; Лев Душкин<sup>1</sup>; Максим Иващенко<sup>1</sup>; Наталья Барбашина<sup>1</sup>; Николай Ампилогов<sup>1</sup>; Николай Волков<sup>1</sup>; Ринат Фахрутдинов<sup>2</sup>; Ростислав Кокоулин<sup>3</sup>; Семён Хохлов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

<sup>2</sup> ГНЦ ИФВЭ

<sup>3</sup> МИФИ

**Corresponding Author:** eazadeba@mephi.ru

Представлен проект координатно-трековой установки на дрейфовых камерах, предназначенной для совместной работы с черенковским водным детектором НЕВОД (НИЯУ МИФИ). Использование больших дрейфовых камер ( $4000 \times 508 \times 112 \text{ мм}^3$ ), разработанных в ИФВЭ для экспериментов на нейтринном канале ускорителя У-70, позволят создать уникальный крупномасштабный детектор площадью  $270 \text{ м}^2$  для исследования многочастичных событий под большими зенитными углами, генерируемыми космическими частицами сверхвысоких энергий. В докладе приводятся результаты исследования характеристик дрейфовых камер в потоке мюонов космических лучей, проводившегося на стендах, созданных для этой цели в НОЦ НЕВОД. По данным моделирования регистрации околоразрешенных мюонов детектором из дрейфовых камер и черенковским водным детектором разработаны блок-схема и основные элементы триггерной

системы и системы сбора данных установки. Представлен проект размещения дрейфовых камер вокруг черенковского водного детектора.

131

## Учет температурного разреза атмосферы в данных мюонного годоскопа УРАГАН с использованием данных ЦАО, GDAS и информации "АЛИСА-СК": 2007-2014 гг.

**Author:** Анна Дмитриева<sup>1</sup>

**Co-authors:** Анна Ковыляева<sup>1</sup>; Виктор Шутенко<sup>1</sup>; Дмитрий Чернов<sup>1</sup>; Елена Яковлева<sup>1</sup>; Игорь Яшин<sup>1</sup>; Наталья Барбашина<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

**Corresponding Author:** andmitriyeva@mephi.ru

При исследовании вариаций потока мюонов, вызванных внеатмосферными явлениями, необходимо вносить поправки на температурный эффект (ТЭ). Для этого необходимо знать зависимость температуры воздуха от высоты. Обычно эту информацию получают по данным запусков аэрологических зондов. Альтернативными источниками информации являются данные спутниковых наблюдений, а также данные, получаемые при помощи моделей атмосферы для прогнозов погоды.

В настоящее время в околосреднем пространстве функционирует четыре спутника NOAA, на которых установлены детекторы, позволяющие восстанавливать параметры атмосферы. Спутниковые данные можно получать при помощи приемной станции "Алиса-СК", которая была установлена на территории НИЯУ МИФИ в ноябре 2013 г. Зависимость давления, температуры и влажности от высоты можно также получить по данным численной модели атмосферы для предсказания погоды, разработанной NCEP NOAA –Глобальной системы сбора данных (The Global Data Assimilation System, GDAS). Проведено сравнение вертикальных профилей температуры, получаемых со спутников и по модели GDAS, с данными Центральной Аэрологической Обсерватории (г.Долгопрудный) для стандартных изобарических уровней. Среднее значение разности температур  $\langle \Delta T \rangle$  для большинства уровней не превышает 1°.

Проведена корректировка данных УРАГАН на температурный эффект по данным ЦАО, спутников и GDAS. Представлен темп счета установки УРАГАН без коррекции и с коррекцией на температурный эффект по данным ЦАО, "Алиса-СК" и GDAS. Сравнение показало отличное согласие. Получены скорректированные на атмосферные эффекты ряды интегрального темпа счета и анизотропии потока мюонов за 2007-2014 гг.

132

## Исследование зависимости отклика Черенковского детектора НЕВОД от степени очистки воды

**Author:** Виктор Киндин<sup>1</sup>

**Co-authors:** Алексей Богданов<sup>1</sup>; Анатолий Петрухин<sup>1</sup>; Василий Хомяков<sup>1</sup>; Вероника Кругликова<sup>1</sup>; Виктор Шутенко<sup>1</sup>; Виталий Бурцев<sup>1</sup>; Вячеслав Овчинников<sup>1</sup>; Егор Задеба<sup>1</sup>; Екатерина Ковыляева<sup>1</sup>; Игорь Яшин<sup>1</sup>; Константин Компаниец<sup>1</sup>; Наталья Барбашина<sup>1</sup>; Ростислав Кокоулин<sup>2</sup>; Семён Хохлов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

<sup>2</sup> МИФИ

**Corresponding Author:** vvkindin@mephi.ru

Важнейшей характеристикой любого черенковского водного детектора является прозрачность воды и другие ее параметры, влияющие на эффективность регистрации черенковского излучения,

возникающего в воде при прохождении релятивистских заряженных частиц. В конце апреля 2013 года на ЧВД НЕВОД была проведена кардинальная реконструкция системы водоподготовки, в результате которой прозрачность воды сильно улучшилась. В период с декабря 2011 года по март 2013 года проводилась непрерывная экспериментальная серия, в результате которой был получен большой экспериментальный материал. С мая по август 2013 года вода черенковского детектора НЕВОД была очищена до параметров дистиллята, при этом регистрация событий не прекращалась. Набранный экспериментальный материал позволил проанализировать изменения отклика ЧВД при регистрации различных классов событий для разной прозрачности воды и порогов регистрации.

133

## Статус эксперимента НЕВОД-ШАЛ

**Author:** И.А. Шульженко<sup>1</sup>

**Co-authors:** А. Кьявасса<sup>2</sup>; А.А. Петрухин<sup>1</sup>; А.Г. Богданов<sup>1</sup>; В.В. Киндин<sup>1</sup>; В.В. Овчинников<sup>1</sup>; В.В. Шестаков<sup>1</sup>; В.В. Шутенко<sup>1</sup>; Дж. Маннокки<sup>3</sup>; Дж. Тринкери<sup>3</sup>; И.Е. Быков<sup>1</sup>; И.И. Яшин<sup>1</sup>; К.Г. Компаниец<sup>1</sup>; М.Б. Амельчаков<sup>1</sup>; Н.В. Ампилогов<sup>1</sup>; Н.Н. Камлев<sup>1</sup>; Н.С. Барбашина<sup>1</sup>; О. Сааведра<sup>2</sup>; О.И. Ликий<sup>1</sup>; Р.П. Кокоулин<sup>1</sup>; С.С. Хохлов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

<sup>2</sup> INFN

<sup>3</sup> INFN

**Corresponding Author:** iashulzhenko@mephi.ru

В работах по изучению групп мюонов в широком диапазоне зенитных углов и множественностей, проведенных на комплексе НЕВОД-ДЕКОР в 2002-2009 гг., было показано, что интенсивность групп мюонов в интервале энергий первичных частиц  $10^{15}$ – $10^{18}$  эВ превышает их расчетное количество даже для чисто железного состава ПЖЛ. Однако вклад в события с фиксированной локальной плотностью мюонов дают ШАЛ с различными энергиями, регистрируемые на разных (случайных) расстояниях от оси. Размещение вокруг комплекса НЕВОД-ДЕКОР установки для регистрации ШАЛ с энергиями  $10^{15}$ – $10^{17}$  эВ классическим методом позволит определять мощность ливня, положение оси и сузить область энергий первичных частиц космических лучей, в которой происходит изменение поведения мюонной компоненты. Для этих целей в НИЯУ МИФИ разворачивается установка НЕВОД-ШАЛ, детектирующая система которой будет размещена на крышах лабораторных корпусов университета.

Регистрирующая система установки НЕВОД-ШАЛ создается на основе кластеров сцинтилляционных детекторов электромагнитной компоненты ШАЛ. Отдельные кластеры состоят из четырех детектирующих станций, каждая из которых, в свою очередь, формируется из четырех сцинтилляционных детекторов с размерами пластин  $0.8 \times 0.8 \times 0.04$  м<sup>3</sup>. Каждый кластер обслуживается локальным пунктом сбора и первичной обработки данных. Характерные расстояния между станциями одного кластера составляют ~ 20 м. Площадь одной станции ~ 2.5 м<sup>2</sup>. Расстояния между кластерами составляют ~ 50 м. Центральная часть установки будет содержать 12 кластеров. Общая площадь установки ~  $2 \times 10^4$  м<sup>2</sup>.

В работе обсуждаются особенности регистрирующей системы ливневой установки, обеспечивающей детектирование, сбор и первичную обработку данных, временную синхронизацию и выделение событий по данным отдельных кластеров, а также результаты изучения характеристик фотоэлектронных умножителей и сцинтилляционных пластин. Приводятся результаты тестирования партии детекторов НЕВОД-ШАЛ.

134

## Изменения относительной анизотропии потока мюонов во время ФП по данным МГ УРАГАН

**Author:** Наталья Барбашина<sup>1</sup>

**Co-authors:** Анатолий Петрухин <sup>1</sup>; Анна Дмитриева <sup>1</sup>; Виктор Шутенко <sup>1</sup>; Владимир Борог <sup>1</sup>; Елена Яковлева <sup>1</sup>; Иван Астапов <sup>1</sup>; Игорь Яшин <sup>1</sup>; Константин Компаниец <sup>1</sup>; Ольга Ситько <sup>1</sup>; Юлия Мишутина <sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

**Corresponding Author:** nsbarbashina@mephi.ru

В экспериментальном комплексе НЕВОД с 2006 года функционирует мюонный годоскоп УРАГАН, который состоит из четырех супермодулей, обладающих высокой пространственной и угловой точностью регистрации мюонов. Каждую минуту один супермодуль годоскопа регистрирует и записывает в двумерные угловые матрицы около 80 тысяч мюонов. Для анализа вариаций интенсивности потока мюонов во время ФП используются часовые матрицы, усредненные по трем супермодулям МГ УРАГАН. Статистическая обеспеченность таких матриц составляет около 5 млн. событий. Такой подход позволяет получать мюонные снимки (мюонографии), которые дают информацию о динамике увеличения или уменьшения интенсивности потока мюонов для различных зенитных углов. При больших ФП, когда поток довольно сильно подавляется во всем диапазоне углов, такие изображения дают лишь качественную информацию. Поэтому для получения количественных оценок целесообразно использовать проекции вектора относительной анизотропии потока мюонов на юг и на восток. В работе представлены результаты корреляционного анализа этих векторов для ФП, зарегистрированных мюонным годоскопом, в том числе отдельно рассмотрены изменения относительной анизотропии на разных фазах развития ФП.

135

## ПРИМЕНЕНИЕ МЮОННОГО ГОДОСКОПА УРАГАН ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ДЕТЕКТОРОВ ЗАРАЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

**Author:** Николай Ампилогов<sup>1</sup>

**Co-authors:** Анатолий Петрухин <sup>1</sup>; Виктор Шутенко <sup>1</sup>; Игорь Яшин <sup>1</sup>; Константин Компаниец <sup>1</sup>; Наталья Барбашина <sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

**Corresponding Author:** nvampilogov@mephi.ru

Мюонный годоскоп большой площади УРАГАН, созданный в НИЯУ МИФИ для изучения пространственно-угловых вариаций потока мюонов со всех направлений верхней полусферы, является координатно-трековым детектором с хорошим угловым (~ 1 градус) и пространственным (~ 1 см) разрешением. УРАГАН состоит из четырех идентичных 8-слойных сборок-супермодулей (СМ) с эффективной площадью регистрации ~11.5 кв. м каждый. Отдельный СМ представляет собой восемь вертикально расположенных с шагом 5 см горизонтальных координатных плоскостей (КП) газоразрядных трубок, работающих в режиме ограниченного стримера с внешней двухкоординатной системой считывания. В качестве мюонного триггера используется срабатывание любых 5-ти КП из 8-ми во временных воротах 300 нс. Угловой диапазон регистрируемых треков мюонов составляет до ~75 градусов по зенитному углу. Темп счета одиночных мюонов одного супермодуля в режиме реального времени достигает ~1400 треков в секунду. Супермодуль УРАГАН используется для калибровки и изучения зонной чувствительности детекторов заряженных частиц. Калибруемый детектор устанавливается над верхней КП СМ УРАГАН, и с помощью триггерной системы супермодуля с высокой точностью выделяются треки мюонов и достоверно локализуется их прохождение относительно чувствительного объема. Это дает возможность изучать распределение амплитуд и зарядов откликов детектора в зависимости от места пролета трека; интегральную и дифференциальную эффективности регистрации мюонов, оценивать влияние многочастичных событий. В докладе обсуждается методика и результаты калибровки различных типов детекторов с помощью супермодуля годоскопа УРАГАН.

136



## Галактические ПэВатроны: моделирование новых источников космических лучей.

**Author:** Petr Gladilin<sup>1</sup>

**Co-authors:** Andrey Bykov<sup>2</sup>; Gennady Vasilyev<sup>1</sup>; Sergey Osipov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Ioffe Physical-Technical Institute*

<sup>2</sup> *Ioffe Physical -Technical Institute*

**Corresponding Author:** peter.gladilin@gmail.com

Наблюдения космических лучей (КЛ) высоких энергий (эксперименты Tunka, KASCADE Grande и т.д.) за последние несколько лет говорят о том, что в спектре галактических КЛ в области за «коленом» существуют особенности на фоне общего степенного закона. Наблюдаются изломы, на которых показатель спектра меняется с 2.93 до 3.21. На энергиях выше  $10^{16}$  эВ замечено повышение жёсткости спектра ядерной компоненты (с  $Z > 28$ ). Примечательно, что изменения в спектре КЛ происходят достаточно быстро по космическим меркам: данные якутской установки по наблюдению за широкими атмосферными ливнями (ШАЛ) говорят о том, что элементный состав КЛ на энергиях  $E < 2 \cdot 10^{18}$  эВ до 1996 года был существенно легче, чем в более поздний период наблюдений.

Возможным объяснением такого поведения спектра ГКЛ является комбинация спектров от источников с различными спектральными индексами.

Галактические источники, возможно ответственные за возникновение указанных особенностей в спектре КЛ должны удовлетворять следующим условиям:

1. Источник должен иметь достаточную интенсивность, чтобы обеспечить наблюдаемый поток КЛ.
2. Источник должен быть сильно переменным, с характерным динамическим временем порядка 100 лет.
3. Источник должен быть способен ускорять протоны и тяжёлые ядра вплоть до энергий  $10^{15}$ - $10^{17}$  эВ.
4. Источник должен обладать жёсткими спектрами ускоренных ядер с  $\Gamma < 2$  в диапазоне  $10^{15}$ - $10^{17}$  эВ.

Ранее А.М. Быковым и др. была создана модель ускорения заряженных частиц в системе сходящихся ударных волн. Было показано, что такие системы имеют ряд примечательных характеристик и могут вносить существенный вклад в общий поток КЛ в диапазоне энергий  $10^{14}$ - $10^{17}$  эВ.

В докладе проводится анализ особенностей ускорения протонной и тяжёлой ядерной компоненты в системах сходящихся ударных волн и показывается, что источники, связанные с такими системами, удовлетворяют приведённым выше условиям.

Приводятся спектры КЛ, ускоренных такими системами, а также их сопоставление и сравнение с наблюдательными данными.

137

## Рекуррентные и спорадические Форбуш-эффекты в 2007 г.

**Author:** Ольга Крякунова<sup>1</sup>

**Co-authors:** Анатолий Белов<sup>2</sup>; Андрей Малимбаев<sup>1</sup>; Артем Абуниин<sup>2</sup>; Виктор Янке<sup>2</sup>; Виктория Оленева<sup>2</sup>; Евгения Ерошенко<sup>2</sup>; Ирина Цепаккина<sup>1</sup>; Мария Абунина<sup>2</sup>; Николай Николаевский<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт ионосферы*

<sup>2</sup> *ИЗМИРАН*

**Corresponding Author:** krolganik@yandex.ru

Исследуется влияние высокоскоростных потоков солнечного ветра из низкоширотных корональных дыр и корональных выбросов масс на интенсивность космических лучей в 2007 г. В исследовании была использована база данных по Форбуш-эффектам, созданная в ИЗМИРАНе, содержащая

значения интенсивности и векторов анизотропии космических лучей, полученные методом глобальной съемки, по данным мировой сети нейтронных мониторов. Методом наложения эпох рассчитано поведение средних характеристик Форбуш-эффектов, связанных с влиянием высокоскоростных потоков солнечного ветра из корональных дыр, интенсивности межпланетного магнитного поля, скорости солнечного ветра, экваториальной компоненты анизотропии космических лучей. Описаны особенности Форбуш-эффектов, создаваемых высокоскоростными потоками солнечного ветра из корональных дыр и корональными выбросами масс.

138

## Спектры обильных ядер в источниках по данным эксперимента АТЭС

**Author:** Александр Панов<sup>1</sup>

**Co-authors:** Виктор Зацепин<sup>1</sup>; Наталия Сокольская<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИИЯФ МГУ

**Corresponding Author:** panov@dec1.sinp.msu.ru

Одним из основных результатов эксперимента АТЭС является набор энергетических спектров обильных ядер космических лучей - протонов, He, C, O, Ne, Mg, Si, Fe, измеренных в терминах энергии на частицу в диапазоне энергий от 50 ГэВ до нескольких десятков ТэВ. Однако физика ускорения космических лучей наиболее тесным образом связана со спектрами магнитной жесткости ядер в источниках, поэтому большой интерес представляет пересчет спектров ядер, измеренных в терминах энергии на частицу, к спектрам жесткости в источниках. Для получения спектров ядер в источниках требуется решение обратной задачи распространения космических лучей в межзвездной среде с использованием различных моделей распространения, что вносит неоднозначность в результат в силу неопределенностей, присущих таким моделям. В докладе выполнен пересчет спектров ядер, измеренных в эксперименте АТЭС, к спектрам жесткости в источниках с использованием нескольких простых моделей распространения, сравниваются и обсуждаются полученные спектры различных ядер в источниках и обсуждается устойчивость полученного результата относительно моделей распространения.

139

## База данных мировой сети мюонных телескопов с часовым временным разрешением и обновлением в реальном времени.

**Author:** Виктор Янке<sup>1</sup>

**Co-authors:** Александр Осипенко<sup>1</sup>; Анатолий Белов<sup>1</sup>; Артем Абуниин<sup>1</sup>; Валерий Янчуковский<sup>2</sup>; Василий Кузменко<sup>3</sup>; Вячеслав Григорьев<sup>4</sup>; Евгения Ерошенко<sup>1</sup>; Марина Беркова<sup>1</sup>; Мария Абунина<sup>1</sup>; Наталья Барбашина<sup>5</sup>; Сергей Стародубцев<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ИЗМИРАН

<sup>2</sup> АСФ ГС СО РАН

<sup>3</sup> Института нефтегазовой геологии и геофизики

<sup>4</sup> ИКФИА

<sup>5</sup> Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ"

**Corresponding Author:** yanke@izmiran.ru

Мировая сеть мюонных телескопов в настоящее время состоит из почти десятка супертелескопов, 4 годоскопов и десятка телескопов промежуточных размеров, данные которых не объединены

в какие-либо базы, а, в основном, хранятся в локальных архивах. В работе представлен прототип базы данных mddb (Muon Detector Data Base), которая объединяет доступные данные мюонных детекторов и обеспечивает возможность их эффективного использования, включая выборки, сортировки, визуализацию данных и получение данных по запросу. Созданная база данных доступна через Интернет и частично обновляется в режиме реального времени. Кроме измерений мюонной компоненты космических лучей, в базу включена детальная информация о состоянии атмосферы, позволяющая вводить не только стандартную поправку на атмосферное давление, но и исключать температурный эффект по разработанной участниками проекта и уже апробированной методике. Для работы с базой данных mddb на настоящий момент создано несколько приложений, которые должны служить примерами решения различных физических задач.

140

## **Свойства потока КЛ, пересекающих границу магнитное облако –солнечный ветер.**

**Author:** Иван Станиславович Петухов<sup>1</sup>

**Co-author:** Станислав Иванович Петухов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИКФИА СО РАН

Исследуется модель Форбуш-понижения космических лучей (КЛ) в магнитном облаке, распространяющемся в межпланетном пространстве. Принято, что в начальный момент времени магнитное облако имеет форму ограниченного по углу тора. В расчете учитывается характерный вид магнитного поля облака. Изменение формы тора в последующее время зависит от радиального распределения скорости течения и описывается кинетической моделью. Магнитное поле определяется из условия вмороженности. Разработан кинетический метод расчета потока КЛ, пересекающих границу магнитное облако –солнечный ветер, с учетом свойств магнитного поля. Определено изменение потока КЛ вдоль границы, приходящих вовнутрь облака из межпланетного пространства и выходящих из него, в зависимости от энергии частиц, свойств магнитного поля и ориентации облака в межпланетном пространстве. Получено: 1) показатель спектра потока КЛ приходящих в магнитное облако больше показателя спектра КЛ, находящихся в межпланетном пространстве; 2) наиболее быстрый выход частиц происходит через переднюю часть поверхности тора; 3) заметная часть частиц по мере распространения внутри тора приходит к его торцам.

141

## **Теория Форбуш-понижения и предшествующих эффектов в космических лучах**

**Author:** Lev Dorman<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IZMIRAN

**Corresponding Author:** lid010529@gmail.com

Понимание механизма Форбуш-понижения КЛ и прекурсорных эффектов в КЛ очень важно для разработки методов прогнозирования больших магнитных бурь с помощью одно-часовых данных интенсивности КЛ на многих станциях, полученных в реальном масштабе времени. Прежде всего рассматривается ситуация с распределением КЛ внутри СМЕ и как оно изменяется со временем. Предполагается, что ударная волна перед СМЕ и границы СМЕ полупрозрачны для КЛ, причем коэффициент просачиваемости зависит от жесткости частиц. Одно дифференциальное уравнение определяет изменение со временем распределения интенсивности КЛ внутри СМЕ с учетом уменьшения энергии частиц в расширяющемся объеме СМЕ и постоянного обмена с частицами КЛ вне СМЕ (за счёт полупрозрачности границ СМЕ). Другое дифференциальное уравнение определяет ситуацию вне СМЕ с учетом дрейфового ускорения частиц КЛ ударной

волной перед СМЕ (это объясняет небольшое предвозрастание интенсивности КЛ перед началом магнитной бури), а также обмен с частицами КЛ внутри СМЕ. Особенно сильный обмен идет вдоль магнитных силовых линий (с коэффициентом просачиваемости близким к единице). Этим объясняется эффект предпонижения интенсивности КЛ вдоль спиральных линий межпланетного магнитного поля, соединяющих СМЕ с планетой Земля. Показано, что сравнение модельных расчётов с начальными данными наблюдений интенсивности КЛ позволяет получить важную информацию о свойствах СМЕ и ударной волны, существенную для предсказания ожидаемой магнитной бури и предварительной оценки её опасности для спутников, самолётов на регулярных авиалиниях, наземных технологий, и здоровья людей.

142

## **Инжекция солнечных энергичных частиц в межпланетное пространство.**

**Author:** Иван Станиславович Петухов<sup>1</sup>

**Co-author:** Станислав Иванович Петухов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИКФИА СО РАН

Предполагаем, что солнечные энергичные частицы (SEP), сравнимой мощности регистрируемые в межпланетном пространстве, генерируются 2-мя разными источниками: 1) в нижней части атмосферы неизвестным механизмом ускорения во время солнечной вспышки и 2) в верхней части атмосферы ударной волной коронального выброса массы (СМЕ). Исследуется инжекция SEP от 1-го из перечисленных источников в межпланетное пространство. Солнечная атмосфера представлена в виде сферической оболочки с заданными толщиной и уровнем турбулентности магнитного поля. Временная и угловая зависимости потока инжектируемых частиц определены из решения уравнения диффузии частиц для сосредоточенного в пространстве и импульсного во времени источника. Динамику потока SEP в межпланетном пространстве определяют инжекция и распространение частиц. В представленных расчетах для учета распространения частиц использована модель Кримигиса. Установлены различия свойств потоков SEP на высоких гелиоширотах по сравнению со свойствами потоков в экваториальной плоскости. 1) начало прихода первых частиц запаздывает на 1.5-5 часов; 2) интервал времени между началом прихода и максимумом интенсивности больше; 3) величина максимальной интенсивности слабо зависит от углового расстояния до источника. Рассчитанные свойства потоков SEP достаточно хорошо соответствуют свойствам потоков частиц на высоких гелиоширотах, зарегистрированных детекторами Ulysses в 2000-2001 гг.

143

## **Развитие базы данных станций космических лучей ИСЗФ СО РАН**

**Author:** Анна Луковникова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИСЗФ СО РАН

**Corresponding Author:** luk@iszf.irk.ru

Созданная в 2011 году база данных СКЛ ИСЗФ СО РАН включает в себя данные 4-х СКЛ: ИРКУТСК, ИРКУТСК2, ИРКУТСК3 и НОРИЛЬСК. Локальные базы данных (БД) установлены на каждой станции КЛ ИСЗФ СО РАН. Данные синхронизируются с центральной БД на сервере в г. Иркутске. Все БД функционируют на базе СУБД Oracle. Описаны изменения в работе БД станции КЛ ИСЗФ СО РАН, направленные на улучшение качества представляемой информации, усовершенствование процедуры обработки данных и проблемы каждой станции КЛ ИСЗФ СО РАН.

144

## Влияние области за ударным фронтом на спектр солнечных космических лучей.

**Author:** Евгений Григорьевич Бережко<sup>1</sup>

**Co-authors:** Иван Станиславович Петухов<sup>1</sup>; Сергей Николаевич Танеев<sup>1</sup>; Станислав Иванович Петухов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИКФИА СО РАН

Рассмотрено ускорение солнечных космических лучей ударной волной, порожденной выбросом корональной массы в атмосфере Солнца. В численном решении уравнения переноса частиц в диффузионном приближении учитывается ускорение регулярным (диффузионным) механизмом, адиабатические потери энергии, непроницаемость поршня для частиц, сферическая симметрия. Изучено влияние области за ударным фронтом на спектр ускоренных частиц.

145

## Спектр энерговыделений в установке ПРИЗМА-32

**Author:** Дмитрий Громушкин<sup>1</sup>

**Co-authors:** Анатолий Петрухин<sup>1</sup>; Владимир Волченко<sup>2</sup>; Егор Задеба<sup>1</sup>; Игорь Яшин<sup>1</sup>; Олег Щеголев<sup>2</sup>; Юрий Стенькин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

<sup>2</sup> ИЯИ РАН

**Corresponding Author:** dmngromushkin@mephi.ru

Представляются результаты исследования электромагнитной компоненты ШАЛ: измеренные за 24 месяца спектр центральных плотностей и спектр энерговыделений в установке ПРИЗМА-32. Установка состоит из 32 эн-детекторов, в качестве регистрирующего слоя в которых используется специализированный неорганический сцинтиллятор (светосостав СЛ6-5) на основе сернистого цинка (ZnS), активированного серебром с добавлением LiF обогащенного до 90% <sup>6</sup>Li. Установка способна одновременно регистрировать как электромагнитную, так и нейтронную компоненту, электромагнитная компонента регистрируется посредством тонкого сцинтиллятора ZnS(Ag). Приводится сравнение экспериментальных данных с результатами моделирования эксперимента. Экспериментально показана возможность регистрации электромагнитной компоненты тонким сцинтилляционным нейтронным детектором при множественном прохождении заряженных частиц.

146

## Долговременные измерения потоков космических лучей в земной атмосфере

**Author:** Юрий Стожков<sup>1</sup>

**Co-authors:** Альбина Свиржевская<sup>2</sup>; Валерий Логачев<sup>3</sup>; Владимир Махмутов<sup>4</sup>; Галина Базилевская<sup>2</sup>; Николай Свиржевский<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup> Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

<sup>3</sup> *Физический институт им. П.Н. Лебедева*

<sup>4</sup> *Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН*

**Corresponding Author:** stozhkov@fian.fiandns.mipt.ru

Представлены экспериментальные данные о потоках заряженных частиц, полученные в северной и южной полярной атмосфере, а также в северной среднеширотной атмосфере. В северных полярных и средних широтах регулярные наблюдения потоков вторичных космических лучей проводятся с июля 1957 г. по настоящее время. В южных полярных широтах (Антарктида, станция Мирный) аналогичные измерения проводятся с марта 1963 г. по настоящее время. Вся атмосфера от уровня Земли до высот  $\approx 35$  км была разделена по величине атмосферного давления на 51 интервал, так что мы имеем уникальные длительные и однородные ряды данных о космических лучах на разных высотах в атмосфере.

Полученные данные охватывают более пяти 11-летних циклов солнечной активности: с июля 1957 г. - середина 19-го солнечного цикла, по август 2014 г. - середина 24-го солнечного цикла. Проведено сравнение модуляционных эффектов космических лучей в вышеуказанных солнечных циклах.

Показано, что космические лучи играют основную роль в электрических процессах, происходящих в земной атмосфере.

Проведен анализ возможного воздействия временных изменений потоков космических лучей на глобальные изменения климата.

147

## **Годовая вариация в космических лучах, в межпланетном и солнечном магнитном поле**

**Author:** Raisa Gushchina<sup>1</sup>

**Co-authors:** Anatoly Belov<sup>1</sup>; Yury Balabin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *IZMIRAN*

<sup>2</sup> *Polar Geophysical Institute*

**Corresponding Author:** rgus@izmiran.ru

Годовая вариация выделена с помощью гармонического анализа в плотности КЛ с жесткостью 10 ГВ, в напряженности межпланетного магнитного поля  $B$ , параметре солнечного ветра  $BV$  (произведения напряженности магнитного поля на скорость солнечного ветра) и в среднем магнитном поле Солнца  $B_{ss}$ , определенном для поверхности источника солнечного ветра.

Из анализа зависимости годовой вариации от гелиоширотного положения Земли для различного направления общего магнитного поля Солнца ( $A > 0$  и  $A < 0$ ) получено:

- 1) в минимумах и около минимумов  $SA$  в индексе  $B_{ss}$ , в межпланетных параметрах и интенсивности КЛ выявляется годовая и полугодовая вариация в зависимости от гелиоширотного положения Земли, фаза и амплитуда которых связана с направлением солнечного поля  $A > 0$  и  $A < 0$ ;
- 2) в гелиоширотном изменении параметра  $BV$  в анализируемые периоды отражается асимметрия солнечной активности в полусферах Солнца, что, в свою очередь, определяет амплитуду и фазу годовой вариации в КЛ.

148

## **Оценка величины дрейфовых потоков в галактических космических лучах**

**Author:** Вадим Сафронов<sup>1</sup>

**Co-authors:** Игорь Сорокин<sup>2</sup>; Юрий Стожков<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Московский физико-технический институт*

<sup>2</sup> *Московский физико-технический институт*

<sup>3</sup> *Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН*

**Corresponding Author:** stozhkov@fian.fiandns.mipt.ru

Выполнен анализ связей наблюдаемых потоков галактических космических лучей с солнечной активностью. В качестве индекса солнечной активности использовались значения числа солнечных пятен. Проведено сравнение потоков космических лучей, измеренных в положительные и отрицательные фазы 22-летних солнечных циклов. Сравнение выполнено отдельно для возрастающих и спадающих ветвей солнечного цикла, отличающихся по фазе. Такое сравнение позволяет исключить влияние гелиошироты солнечных пятен на поток космических лучей. Показано, что вклад дрейфовых потоков галактических космических лучей в их общий поток не превышает 10%.

149

## **Моделирование интенсивности ГКЛ с учетом пространственной и временной зависимости регулярных характеристик и спектра флуктуаций гелиосферного магнитного поля**

**Author:** Николай Свиржевский<sup>1</sup>

**Co-authors:** Альбина Свиржевская<sup>1</sup>; Галина Базилевская<sup>1</sup>; Михаил Калинин<sup>1</sup>; Михаил Крайнев<sup>1</sup>; Юрий Стожков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *ФИАН*

**Corresponding Author:** svirzhev@fian.fiandns.mipt.ru

По часовым данным КА “Улисс” определены показатели спектра флуктуаций и значения компонент гелиосферного магнитного поля внутри секторной зоны и вне ее. Пространственное положение и угловые размеры секторных зон определяются наклоном гелиосферного токового слоя к плоскости солнечного экватора, который изменяется в широких пределах в течение 11-летнего солнечного цикла. Это приводит к пространственной и временной зависимости коэффициента диффузии и к вариациям интенсивности ГКЛ, коррелирующим с величиной угла наклона токового слоя. Рассмотрена в частности, роль пространственной зависимости коэффициента диффузии в образовании скачкообразных вариаций интенсивности ГКЛ в 1996-1998 гг.

150

## **Спектры электронов, протонов и альфа-частиц по измерениям спектрометра ПАМЕЛА**

**Author:** Юрий Стожков<sup>1</sup>

**Co-authors:** Александр Квашнин<sup>1</sup>; ПАМЕЛА сотрудничество ПАМЕЛА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН*

<sup>2</sup> *Италия, Россия, Германия, Швеция*

**Corresponding Author:** stozhkov@fian.fiandns.mipt.ru

По данным спектрометра ПАМЕЛА в широком интервале энергий (70 –1000) ГэВ получены спектры электронов (электроны плюс позитроны), протонов и альфа-частиц. Для отделения электронов от протонов были использованы данные нейтронного детектора. Из анализа

экспериментальных данных следует, что зависимость числа нейтронов для электронного события  $n(e)$  имеет вид  $n(e) = A(e)Q^{k1}$ , где  $Q$  есть энергосодержание в калориметре от электрона,  $k1$  – показатель спектра. Для протонов наблюдается такая же зависимость в числе нейтронов  $n(p)$  от энергосодержания  $Q$  от протона:  $n(p) = A(p)Q^{k2}$ . Значения  $k1$  и  $k2$  незначительно отличаются друг от друга и примерно равны 0.65.

При выделении электронов от протонов кроме компьютерного анализа данных (отбор электронных и протонных событий по некоторому набору критериев отбора) использовался метод визуального контроля формы каскадной кривой в калориметре. Сочетание компьютерного разделения событий и визуального просмотра каждого события позволяет провести селекцию электронных событий от протонных с высокой эффективностью.

151

## **Анализ возрастных космических лучей, зарегистрированных в октябре-ноябре 2013 г.**

**Author:** Владимир Махмутов<sup>1</sup>

**Co-authors:** Галина Базиловская<sup>1</sup>; Жан-Пьер Ролан<sup>2</sup>; Максим Филиппов<sup>1</sup>; Юрий Стожков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup> Университет Маккензи, Сан Пауло, Бразилия

**Corresponding Author:** makhmutv@sci.lebedev.ru

В работе представлены результаты анализа вариаций космических лучей и солнечной активности в период октябрь-ноябрь 2013 г. Используются данные измерений космических лучей в земной атмосфере на радиозондах, зарегистрированные детектором космических лучей (детектор GCR), установленном в ЦЕРНе для проведения работ по проекту CLOUD, а также данные, полученные на мировой сети наземных нейтронных мониторов (база данных NMDB). Анализ солнечной (вспышечной) активности выполнен по данным наблюдений солнечного H-альфа, рентгеновского, гамма и радиоизлучения на наземных установках и на космических аппаратах (GOES, FERMI и др.). Особое внимание уделено возрастаниям космических лучей, наблюдавшимся GCR детектором 15 октября и 19 ноября 2013 г. Характеристики этих событий схожи с возрастаниями, зарегистрированными ранее 7 марта 2011 г. и 23 января 2012 г. детектором КОБЕР, установленном на астрономическом комплексе CASLEO в Аргентине. В работе рассмотрена возможная связь таких возрастаний космических лучей, как с вспышечной активностью Солнца, так и с процессами в земной атмосфере.

152

## **Расчетно-экспериментальный анализ вклада событий резкого возрастания потоков солнечных космических лучей на радиоэлектронную аппаратуру с точки зрения ее радиационной стойкости**

**Author:** Григорий Александрович Протопопов<sup>1</sup>

**Co-authors:** Василий Сергеевич Анашин<sup>1</sup>; Нинель Николаевна Ситникова<sup>2</sup>; Ольга Сергеевна Козюкова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Филиал ОАО "ОРКК" - "НИИ КП"

<sup>2</sup> ОАО "ИСС"

**Corresponding Author:** npk1-niikp@rambler.ru

В докладе представлены результаты эксплуатации элементов отраслевой (Роскосмос) системы мониторинга воздействия ионизирующих излучений космического пространства на радиоэлектронную



аппаратуру космических аппаратов (КА). Система мониторинга имеет бортовой и наземные сегменты. Основными элементами бортового сегмента являются датчики интегральной накопленной дозы, функционирование которых основано на принципах метал-нитрид-оксид-полупроводник дозиметрии. Было установлено 38 датчиков на 19 КА (по два на каждый КА) начиная с октября 2008 года. КА функционируют на круговой орбите с высотой 20000 км.

Проводится анализ полетных данных, полученных за длительное время, в течение которого наблюдались события аномально резкого возрастания мощности дозы. Данные анализировались с учетом измерений характеристик космической погоды в моменты аномальных возрастаний, включая характеристики событий СКЛ.

Был проведен расчетно-экспериментальный анализ вклада различных частиц в мощности дозы в моменты ее аномального возрастания. При анализе использовались результаты бортовых измерений потоков заряженных частиц в момент событий СКЛ и учитывалась реальная конфигурация защиты датчика.

#### Summary:

Было показано, что воздействие событий СКЛ может приводить к значительному возрастанию мощности дозы и, следовательно, к отказу радиоэлектронной аппаратуры. При этом, основной причиной возрастания мощности дозы на данной круговой орбите с высотой 20000 км является воздействие электронов.

153

## Новые возможности нейтронного монитора на ст. Баксан

**Author:** Эдуард Вашенюк<sup>1</sup>

**Co-authors:** Азрет Кучмезов<sup>2</sup>; Александр Куджаев<sup>2</sup>; Алексей Германенко<sup>1</sup>; Борис Гвоздевский<sup>1</sup>; Валерий Петков<sup>2</sup>; Дахир Джаппуев<sup>2</sup>; Мусаби Хаджиев<sup>2</sup>; Ольга Михайлова<sup>2</sup>; Юрий Балабин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ПГИ РАН

<sup>2</sup> ИЯИ РАН

**Corresponding Author:** gvozdevsky@pgia.ru

Нейтронный монитор (НМ) на ст. Баксан существенно обновился. Он оснащен новой скоростной системой регистрации, фиксирующей приход каждого импульса с точностью 1 мкс. С этой же точностью осуществлена привязка данных НМ к данным установки ШАЛ «Ковер». Временные метки PPS от приемника GPS поступают в НМ и обеспечивают привязку к мировому времени с той же точностью. Создан новый MPD-формат хранения информации о времени прихода каждого импульса. Новая система сбора предназначена для исследования быстрых (десятки и сотни мкс) процессов на НМ: множественность, адронные ливни. Объединение с высокой точностью двух приборов (НМ и «Ковер») позволяет проводить комплексные исследования в разных компонентах космических лучей. Кроме стандартного разрешения в 1 мин новая система позволяет получать из MPD-файлов счет НМ с любым временным разрешением вплоть до 1 сек и меньше, если такая задача возникает.

154

## Первые результаты поиска нейтринных всплесков по совместным данным БПСТ и LVD

**Author:** Рита Новосельцева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИЯИ РАН

**Corresponding Author:** rivinov@yandex.ru

Первые результаты поиска нейтринных всплесков по совместным данным БПСТ и LVD

Р.В. Новосельцева<sup>1</sup>, Н.Ю. Агафонова<sup>1</sup>, В.В. Ашихмин<sup>1</sup>, М.М. Болиев<sup>1</sup>, В.В. Волченко<sup>1</sup>, Г.В. Волченко<sup>1</sup>, И.М. Дзапарова<sup>1</sup>, Р.И. Еникеев<sup>1</sup>, М.М. Кочкаров<sup>1</sup>, Ю.Ф. Новосельцев<sup>1</sup>, В.Б. Петков<sup>1</sup>,  
2, О.Г. Ряжская<sup>1</sup>, А.Ф. Янин<sup>1</sup> и LVD Коллаборация

<sup>1</sup>Институт ядерных исследований РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт астрономии РАН, Москва, Россия

Корреляционный анализ данных установок, работающих в режиме поиска нейтринных всплесков, позволяет с большей чувствительностью проводить поиск нейтринных всплесков от коллапсирующих звезд, повысить достоверность зарегистрированных нейтринных сигналов и осуществлять поиск редких нейтринных событий от галактических и внегалактических источников нейтрино. В данной работе описана методика и приводятся предварительные результаты совместного поиска нейтринных всплесков по экспериментальным данным двух установок: Баксанского подземного сцинтилляционного телескопа ИЯИ РАН (БПСТ) и LVD, Gran-Sasso. Обе установки используют сцинтиллятор на основе уайт-спирита,  $C_9H_{20}$ .

Для совместного анализа использовались данные установок, полученные в 2012 году по задаче поиска нейтринных всплесков от гравитационных коллапсов звезд. Основой поиска нейтринных всплесков является идентификация кластеров событий в фиксированных временных интервалах [1 - 4]. На БПСТ ожидаемое событие от коллапса звезды должно выглядеть как серия одиночных срабатываний счетчиков в течение времени нейтринной вспышки, предполагаемая длительность которой составляет 10 – 20 секунд. В 2012 году на БПСТ было зарегистрировано 616124 одиночных события, по которым был проведен поиск кластеров внутри временного окна 20 секунд. Поиск кластеров в LVD был проведен для найденных в БПСТ за 2012 год кластеров кратности  $k_{\text{БПСТ}} = 3 - 7$  (т.е., сработало  $k$  счетчиков в интервале  $Dt = 20$  секунд). При совместном анализе использовался скользящий интервал, время начала которого,  $t0_{\text{БПСТ}}$ , совпадает со временем срабатывания первого счетчика в кластере. Отбор событий в данных LVD заключался в выборке одиночных триггеров с энергией  $E > 5$  МэВ. Кратность кластера в LVD  $k_{\text{LVD}}$  определялась для интервала той же длительности  $Dt = 20$  секунд, начало которого  $t0_{\text{LVD}}$  в пределах заданного числа секунд совпадает с началом кластера БПСТ.

По экспериментальным данным за 2012 год были получены распределения по кратности кластеров в LVD для кластеров в БПСТ с кратностью от 3 до 5. Полученные распределения, при используемых условиях отбора событий, можно объяснить случайными совпадениями фоновых событий в LVD и БПСТ.

Литература.

1 О.Г. Ряжская. Нейтрино от гравитационных коллапсов звезд: современный статус эксперимента. УФН, т. 176, №10, с. 1039, 2006.

2. Е.Н. Алексеев и др. Ограничение на частоту коллапсов массивных звезд в Галактике по данным наблюдения в 1980-1992 годах на Баксанском подземном сцинтилляционном телескопе. ЖЭТФ, т. 104, в. 3(9), с.2897, 1993.

3. Н.Ю. Агафонова и др. Поиск различных типов нейтрино от коллапсирующих звезд спомощью детектора LVD. Изв. РАН, сер. физ., т. 75, №3, (2011), 445, 2011.

4. Р.В. Новосельцева и др. Поиск нейтринных всплесков на Баксанском подземном сцинтилляционном телескопе. Известия РАН, сер. физ., т.75, N 3, с.453, 2011.

155

## **Каскадная модель аномалии гамма-спектров блазаров при очень высоких энергиях**

**Author:** Тимур Джатдоев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИИЯФ МГУ

**Corresponding Author:** timur1606@gmail.com

Количество активных ядер галактик (Active Galactic Nuclei, AGN), зарегистрированных в области очень высоких энергий (Very High Energy, VHE) наземными детекторами, существенно возросло за последнее десятилетие. Значения красного смещения для некоторых блазаров (AGN с мощным гамма-излучением), имеющих измеренный спектр в VHE-области ( $>100$  ГэВ), составляют  $z \approx 0.5$ .

Первичные гамма-кванты могут поглощаться на фотонах экстрагалактического фона (Extragalactic Background Light, EBL). При таких условиях многие исследователи (см., например [1-4]) полагают, что наблюдаемый спектр должен иметь обрезание выше некоторой энергии, зависящей от  $z$ . Однако, в наблюдаемых спектрах некоторых источников такое обрезание отсутствует или недостаточно выражено. Это кажущееся противоречие получило название “аномалии рождения электрон-позитронных пар” [3].

В настоящей работе рассмотрены различные модели, претендующие на разрешение указанного парадокса. Большинство авторов (в частности, работ [1-4]), пренебрегало потоком вторичных фотонов, которые могут рождаться в электромагнитных каскадах по пути от источника к наблюдателю и давать вклад в наблюдаемый спектр. В настоящей работе с использованием современных статистических методов впервые проведено количественное исследование возможности объяснения упомянутой аномалии в рамках каскадной модели.

Показано, что при разумных предположениях о форме гамма-спектра источника, модели EBL и межгалактического магнитного поля (Extragalactic Magnetic Field, EGMF) процесс рождения каскадных фотонов может существенно уменьшать статистическую значимость наблюдения аномалии в спектре блазаров при очень высоких энергиях. В настоящее время каскадная модель является единственной, не требующей ни одного дополнительного (ad hoc) предположения, и представляется наиболее естественным объяснением “аномалии рождения электрон-позитронных пар” для некоторых блазаров.

Список литературы

1. A. De Angelis et al., Phys. Rev. D, 76, 121301 (2007)
2. M.A. Sanchez-Conde et al., Phys. Rev. D, 79, 123511 (2009)
3. D. Horns, M. Meyer, JCAP, 02, 033 (2012)
4. M. Meyer et al., Phys. Rev. D, 87, 035027 (2013)

156

## Новая система регистрации ливневой установки «Андырчи» на основе интерфейса VME

**Author:** В. Ю. Гришкан<sup>1</sup>

**Co-authors:** А.Н. Куреня<sup>1</sup>; А.Ф. Янин<sup>1</sup>; В.Б. Петков<sup>1</sup>; В.И. Волченко<sup>1</sup>; Г.В. Волченко<sup>1</sup>; Е.А. Горбачева<sup>1</sup>; И.М. Дзапарова<sup>1</sup>; М.А. Марачков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИЯИ РАН

**Corresponding Author:** vgrishkan@gmail.com

Описана новая система регистрации ливневой установки «Андырчи» Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН [1], позволяющая набирать информацию по всем решаемым на установке физическим задачам. Приводится блок-схема новой системы регистрации, обсуждается методика сбора и предварительного анализа экспериментальных данных.

Система регистрации установки состоит из двух частей, сбор информации с которых производится двумя независимыми on-line компьютерами. Первая часть системы регистрации установки предназначена для регистрации широких атмосферных ливней (ШАЛ) космических лучей. Для получения данных от регистрирующего оборудования используется интерфейс VMEbus. Данная архитектура обладает хорошей масштабируемостью, низким временем задержки при передаче данных, позволяет создать компактную систему сбора данных.

Вторая часть системы регистрации установки предназначена для сбора информации при работе установки в режиме регистрации одиночной компоненты космических лучей. Темп счёта каждого из детекторов установки измеряется каждую миллисекунду, что даёт возможность проводить исследования короткопериодических вариаций и поиск ультракоротких всплесков

интенсивности космических лучей [2, 3].

Оба on-line компьютера функционируют под управлением модифицированной версии ОС RT-Linux. Максимальное значение времени латентности ОС составляет 50 микросекунд, что позволяет значительно минимизировать потери данных и повысить точность измерений проводимых в режиме реального времени.

1. В.Б. Петков и др., Приборы и техника эксперимента, № 6, с. 50, 2006.
2. А.Н. Гапоненко и др., Известия РАН, сер. физ., т. 77, № 11, с. 1597, 2013.
3. A.N. Gaponenko et al., Proc. 33rd International Cosmic Ray Conference (Rio de Janeiro, July 2-9, 2013), 0743, 2013.

157

## Поиск локальных источников нейтрино по данным БПСТ.

**Author:** Мусаби Болиев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИЯИ РАН

**Corresponding Author:** boliev2005@yandex.ru

Поиск локальных источников нейтрино по данным БПСТ.

М.М. Болиев<sup>1</sup>, А.В. Буткевич<sup>1</sup>, В.И. Волченко<sup>1</sup>, Г.В. Волченко<sup>1</sup>, И.М. Дзапарова<sup>1,2</sup>, М.М. Кочкаров<sup>1</sup>, Р.В. Новосельцева<sup>1</sup>, В.Б. Петков<sup>1,2</sup>, А.Ф. Янин<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Институт ядерных исследований РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт астрономии РАН, Москва, Россия

Стабильность и электрическая нейтральность делают нейтрино самым надежным источником информации о физических процессах, происходящих в космосе на больших и очень больших расстояниях. В работе представлены результаты анализа данных нейтринного эксперимента на Баксанском подземном сцинтилляционном телескопе (БПСТ) по поиску локальных источников нейтрино.

В данной работе представлены результаты поиска локальных источников мюонных нейтрино с энергией выше 1 ГэВ из нижней полусферы по данным БПСТ. Нейтринный эксперимент на БПСТ [1–5] проводится уже более 30 лет (живое время регистрации – 28 лет), за это время накоплена большая статистика нейтринных событий – более двух тысяч. Описаны характеристики БПСТ и методы регистрации нейтринных событий, показана эффективность и стабильность работы установки по нейтринной задаче. Представлены карты экспозиции по времени наблюдения и распределения нейтринных событий в звездных и галактических координатах. Приведены результаты анализа распределения нейтринных событий с использованием различных статистических методов. Представлены ограничения на поток нейтрино для известных космических объектов.

1) М.М. Boliev, A.V. Butkevich et al., “Baksan high-energy neutrino experiment”, Proc. of 3rd Int. Workshop on the Neutrino Telescope, p. 235, 1991.

2) М.М. Boliev, A.V. Butkevich et al., “Search for Astrophysical Sources of Neutrinos and Neutrino oscillation using the Baksan data”, Proc. of the 24th ICRC, Roma, v.1, p.722, 1995.

3) М.М. Boliev, A.V. Butkevich et al., “Observation of upward through-going muons with the Baksan detector: an update”, Nuclear Physics B, Proc. Suppl., v. 70, Issues 1–3, p. 371, 1999.

4) М.М. Boliev, A.V. Butkevich et al., “Results with the Baksan Neutrino Telescope”, Proc. of the first Workshop on Exotic Physics with Neutrino Telescope (Uppsala, Sweden, September 20-22, 2006), Uppsala University, 2007, p. 19 (arXiv:astro-ph/0701333).

5) М.М. Boliev et al., “Search for muon signal from dark matter annihilations in the Sun with the Baksan Underground Scintillator Telescope for 24.12 years”, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 09, 019, 2013.

158

## Метеорологические эффекты мюонной компоненты горных мюонных детекторов

**Authors:** Виктор Янке<sup>1</sup>; Марина Беркова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИЗМИРАН

**Corresponding Author:** qvark8@yandex.ru

В работе были исследованы метеорологические эффекты потоков мюонной компоненты космических лучей, измеряемых горными детекторами. Были оценены температурные эффекты для нескольких мюонных телескопов - YangBaJing (Китай), Bure (Франция), Yerevan (Армения) and Leonsito (Аргентина). Данные температурного вертикального профиля атмосферы использовались из трех источников: данные модели GFS (Global Forecast System, NCEP/NCAR), данные вертикального зондирования и данные радиометрического зондирования атмосферы прибором SABER со спутника TIMED. Данные рассматриваемых в работе мюонных телескопов были исправлены на температурный эффект.

159

## Динамика внутреннего радиационного пояса в течение 2006-2014 года по данным экспериментов PAMELA и АРИНА

**Author:** Vitaly Malakhov<sup>1</sup>

**Co-authors:** Alexey Bakaldin<sup>2</sup>; Alexey Batischev<sup>1</sup>; Andrey Mayorov<sup>3</sup>; Arkadiy Galper<sup>1</sup>; Marina Mayorova<sup>3</sup>; Sergey Aleksandrin<sup>2</sup>; Sergey Koldashov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NRNU MEPhI

<sup>2</sup> National Research Nuclear University "MEPhI"

<sup>3</sup> National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute)

**Corresponding Author:** vm7depmephi@gmail.com

Существующие эмпирические модели радиационного пояса не позволяют вычислять потоки захваченных частиц с учётом изменяющейся солнечной активности. Широко используемая на данный момент модель AP8/AE8 даёт возможность рассчитать потоки только в периоды солнечного максимума и минимума. На сегодняшний день открываются новые возможности для измерений в радиационном поясе. Начиная с 2006 года и по настоящее время на борту космического аппарата РЕСУРС-ДК1 проводятся эксперименты PAMELA и АРИНА. PAMELA - спектрометр для измерений потоков античастиц в космических лучах, АРИНА предназначена для изучения всплесков высокоэнергетических частиц в магнитосфере Земли. Необходимо отметить, что кроме основных задач эти приборы позволяют проводить измерения потоков заряженных частиц во внутреннем радиационном поясе. Эксперименты PAMELA и АРИНА охватывают энергетический диапазон заряженных частиц от 30 МэВ вплоть до границы захвата (~2 ГэВ). Непрерывные измерения покрывают временной интервал, включающий в себя фазы спада, минимума, роста и максимума 23/24 солнечных циклов. В данном докладе представлена временная зависимость потоков протонов во внутреннем радиационном поясе ( $1.11 < L < 1.20$ ,  $0.18 < B < 0.22$  Гс) в течение указанного промежутка времени, получена зависимость потоков от уровня солнечной активности. Показано, что величина потоков протонов на границе радиационного пояса находится в антикорреляции по отношению к фазе солнечного цикла, при этом в минимуме солнечной активности потоки протонов в несколько раз выше, чем в максимуме.

160

## Метеорологические эффекты мюонной компоненты горных мюонных детекторов.

**Author:** Марина Беркова<sup>1</sup>

**Co-authors:** Jean-Pierre Raulin<sup>2</sup>; Ji Long Zhang<sup>3</sup>; Marina Ganeva<sup>4</sup>; Mery Zazayan<sup>5</sup>; Александр Osipenko<sup>1</sup>; Виктор Янке<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИЗМИРАН

<sup>2</sup> National Council of Scientific and Technical Research

<sup>3</sup> Institute of High Energy Physics

<sup>4</sup> Greifswald Universitat

<sup>5</sup> ЕрФИ

**Corresponding Author:** yanke@izmiran.ru

M.Berkova<sup>1</sup>, M. Zazayan<sup>2</sup>, M.Ganeva<sup>3</sup>, Zhang Ji Long<sup>4</sup>, Jean-Pierre Raulin<sup>5</sup>, A.Osipenko<sup>1</sup>, V.Yanke<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук (ИЗМИРАН), Москва, Троицк

<sup>2</sup> Yerevan Physics Institute, Armenia

<sup>3</sup> Ernst-Moritz-Arndt-Universitat Greifswald, Germany

<sup>4</sup> Institute of High Energy Physics, Beijing, China

<sup>5</sup> National Council of Scientific and Technical Research, Argentina

В состав Мировой сети мюонных детекторов входит полдесятка горных телескопов, расположенных на высотах вплоть до 4500 метров. Метеорологические эффекты таких детекторов имеют свои особенности и практически не исследовались. В работе выполнены экспериментальные оценки температурного эффекта для горных детекторов мировой сети.

Данные вертикального распределения температуры атмосферы использовались из трех источников: данные модели GFS (Global Forecast System, NCEP/NCAR), данные вертикального зондирования, данные радиометрического зондирования атмосферы прибором SABER со спутника TIMED. Данные всех рассматриваемых в работе мюонных телескопов были исправлены на температурный эффект. Исследовались метеорологические эффекты таких детекторов как YangBaJing (Китай), Yerevan (Армения), ВЕО Moussala (Болгария), Leonsito (Аргентина), Bure (Франция), Sierra Negra (Мексика), Norikure (Япония), GRAPES-2 (Индия).

161

## События с нулевыми показаниями мюонного детектора установки ШАЛ МГУ в ливнях с числом частиц $10^6 - 10^7$

**Author:** Николай Калмыков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт ядерной физики Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова

**Corresponding Author:** kalm@eas.sinp.msu.ru

Н.Н. Калмыков, Г.В. Куликов, В.П. Сулаков, Ю.А. Фомин

Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.Скобельцына Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова

Абстракт

В работе проведен реанализ банка данных широких атмосферных ливней (ШАЛ), зарегистрированных установкой ШАЛ МГУ в 1982-1990 гг. Отбирались ливни, в которых в мюонный детектор площадью  $36.4 \text{ м}^2$  не попало ни одного мюона. Изучение таких событий представляет интерес в связи с поиском гамма-квантов в составе первичных космических лучей (ПКЛ). Ранее нами проводилось исследование таких событий в ШАЛ с числом частиц  $N_e > 10^7$  и было показано, что экспериментальные данные (48 событий с отсутствием мюонов в детекторе

на 1679 ливней) ведут к заключению о возможности существования потока первичных гамма-квантов, составляющего примерно 0.5% от полного потока ПКЛ с энергией выше 54 ПэВ. В настоящей работе рассмотрены ШАЛ с меньшим числом частиц. В частности, в диапазоне  $N_e$  от  $10^6$  до  $2 \cdot 10^6$  из 6126 ливней, содержащихся в банке, нулевые показания детектора наблюдаются в 64 ливнях. Оценка фона таких событий в обычных ШАЛ, полученная методом Монте-Карло, даёт значение 57, что близко к эксперименту. Однако более детальный анализ позволяет выявить некоторое противоречие. Если отбирать ливни, в которых ожидаемое число мюонов, попадающих на детектор, не менее 11.5 и, следовательно, вероятность регистрации нуля не превышает  $10^{-5}$ , то таких ливней оказывается меньше  $10^8$ , а для двух ливней даже  $10^{-14}$ . Проведенные нами оценки показывают, что для обычного ливня повысить эти вероятности за счёт флуктуаций плотности мюонов в детекторе и достичь приемлемой вероятности наблюдения нужного числа безмюонных событий при статистике  $6 \cdot 10^3$  оказывается невозможным. Таким образом, и при числе частиц в ШАЛ порядка  $10^6$  существуют события, которые следует относить к возникающим от первичных гамма-квантов, хотя доля таких событий заметно ниже, чем для ливней с числом  $N_e > 10^7$ .

162

## Наработка изотопа $^{12}B$ нейтронами в сцинтилляторе БПСТ и поток нейтронов на глубине 850 гт/см<sup>2</sup>

**Author:** Махти Кочкаров<sup>1</sup>

**Co-authors:** Алексей Янин<sup>2</sup>; Валерий Петков<sup>2</sup>; Владимир Волченко<sup>2</sup>; Галина Волченко<sup>2</sup>; Ибрагим Алиханов<sup>1</sup>; Ирина Дзапарова<sup>2</sup>; Мусаби Болиев<sup>2</sup>; Рита Новосельцева<sup>2</sup>; Юрий Новосельцев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> БНО ИЯИ РАН

<sup>2</sup> ИЯИ РАН

**Corresponding Author:** kchkrv@rambler.ru

Современные установки, предназначенные для изучения редких процессов (как, например, нейтринных всплесков от Сверхновых звезд с коллапсом ядра [1]), располагаются глубоко под землёй и оснащаются системой антисовпадательной защиты для подавления фона мюонов космических лучей. Тем не менее, нейтроны и радиоактивные изотопы, рождаемые мюонами в окружающем грунте и веществе детектора, могут имитировать искомые события [2, 3, 4]. Оценка потока нейтронов на глубине 850 гт/см<sup>2</sup> сделана по наработке радиоактивного изотопа  $^{12}B$  нейтронами в сцинтилляторе внутренних плоскостей Баксанского подземного сцинтилляционного телескопа (БПСТ). Ядра  $^{12}B$  в основном рождаются в реакции  $^{12}C(n, p)^{12}B$ , нейтроны же образуются в генерируемых мюонами ядерных каскадах как в окружающем телескоп грунте, так и внутри БПСТ (в этом случае, рассматривая предысторию события, можно выделить родительский мюон). Распад  $^{12}B$  (среднее время жизни  $\tau = 29.1$  мс) приводит к повторному срабатыванию детектора, поэтому для выделения событий от нейтронов проводится поиск повторных срабатываний одного и того же детектора БПСТ в течение нескольких  $\tau$ . Ядра  $^{12}B$  могут также появляться при захвате отрицательно заряженных мюонов ядрами углерода:  $^{12}C(\mu^-, \nu_\mu)^{12}B$ . Отрицательно заряженные мюоны, проникшие через антисовпадательную защиту установки и захваченные ядрами  $^{12}C$ , также дают вклад в последовательные срабатывания одного и того же детектора. Такие события учитываются, как фоновые, при оценке потока нейтронов по наработке изотопа  $^{12}B$ .

1. О.Г. Рязская. Нейтрино от гравитационных коллапсов звезд: современный статус эксперимента. УФН, т. 176, №10, с. 1039, 2006.
2. The KamLAND Collaboration. Production of radioactive isotopes through cosmic muon spallation in KamLAND. Phys. Rev. C 81, 025807, 2010.
3. The Borexino Collaboration. Cosmogenic Backgrounds in Borexino at 3800 m water-equivalent depth. JCAP, 1308, 049, 2013.

4. Р.В. Новосельцева и др. Поиск нейтринных всплесков на Баксанском подземном скintiляционном телескопе. Известия РАН. сер. физ., т. 75, № 3, с. 448, 2011.

163

## СОБСТВЕННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ, УПРАВЛЯЕМЫЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

**Author:** Anatoly Gusev<sup>1</sup>

**Co-author:** Inacio Martin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> IKI RAS

<sup>2</sup> ITA Brazil

**Corresponding Author:** galinasm@pochta.ru

Многие климатические параметры (температура земли и поверхности океана, давление, осадки и др.) испытывают временные вариации с характерными периодами от нескольких до нескольких десятков и более лет. Неизвестная причина этих осцилляций вместе со сходством некоторых из них с известными солнечными циклами стимулирует постоянные попытки связать эти два явления. Основные аргументы против существования такой связи заключаются в том, что вариации климатических параметров не всегда происходят синхронно с соответствующими 11 и 22х-летними солнечными циклами: фазовый сдвиг между ними непостоянен и изменяется со временем от 0° до 180°. Кроме того, мощность сигнала солнечной активности представляется недостаточной для стимулирования рассматриваемых погодно-климатических процессов, по крайней мере, в рамках линейного подхода. В настоящей работе показано, что в некоторых случаях эти противоречия могут быть устранены в предположении, что климатические вариации являются вынужденными осцилляциями под воздействием внешней силы, связанной с солнечной активностью, что, естественно, предполагает наличие собственных климатических осцилляций. Используя уравнение вынужденных колебаний с вынуждающей силой, описываемой изменением количества солнечных пятен, оказалось возможным моделировать, например, десятилетние и 22х-летние вариации среднегодового уровня дождей в экваториальной зоне Бразилии. Уравнение удовлетворительно воспроизводит периодичность осадков близкую к периоду Hale до середины прошлого века, последующую инверсию фазы колебаний уровня осадков, увеличение периода и амплитуды 22-хлетней компоненты вариации уровня дождей, если предположить, что собственные колебания имеют период 31,7 года. Уравнение также точно воспроизводит нерегулярные фазовые сдвиги между декадальными вариациями осадков и числом солнечных пятен в предположении, что естественные декадальные климатические вариации имеют 12.96-летний период.

### Summary:

Чисто математический подход, используемый в данной работе, указывает на потенциальный характер механизма, обеспечивающего связь между солнечной активностью и наблюдаемыми климатическими изменениями. Отсутствие задержки во времени между SSN и вариациями осадков указывает на быстрый и почти прямой механизм, подобный модуляции облачности вследствие ионизации, производимой космическими лучами (Svensmark H., & Friis-Christensen E., 1997; Palle P., et al., 2004.; Kristjansson et al., 2008; Ерлыкин и соавт., 2009 и ссылки в нем).

164

## Разработка компактного наземного нейтронного детектора

**Author:** Максим Филиппов<sup>1</sup>



**Co-authors:** Александр А. Квашнин<sup>1</sup>; Александр Н. Квашнин<sup>1</sup>; Владимир Махмутов<sup>1</sup>; Осман Максумов<sup>1</sup>; Сергей Викторов<sup>1</sup>; Юрий Стожков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН*

**Corresponding Author:** mfilippov@frtk.ru

В рамках коллаборации между ФИАН им. П.Н.Лебедева, Университетом Маккензи (Бразилия) и Национальным институтом космических исследований (INPE, Бразилия) в настоящее время разрабатывается нейтронный детектор. Данное устройство направлено на изучение высокоэнергетических явлений на Солнце и динамических процессов в атмосфере Земли. Нейтронный детектор состоит из детектирующих модулей и интерфейсного модуля. Данные с детектирующих модулей (счет событий, температура, давление) передаются на интерфейсный модуль, где происходит окончательная обработка информации и её передача по последовательному интерфейсу на компьютер. Специально разработанное программное обеспечение позволяет принимать, сохранять и отображать информацию. В данной работе мы будем рассматривать первые экспериментальные результаты.

165

## **К проблеме достоверного восстановления массового состава космических лучей в диапазоне энергий $10^{15}$ - $10^{20}$ эВ по данным наземных экспериментов**

**Author:** Анатолий Лагутин<sup>1</sup>

**Co-authors:** Роман Райкин<sup>1</sup>; Татьяна Серебрякова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Алтайский государственный университет*

**Corresponding Author:** lagutin@theory.asu.ru

В работе рассмотрены возможности повышения надежности восстановления массового состава первичного космического излучения на основе новых многомерных критериев, учитывающих свойства универсальности в развитии ШАЛ, стабильные в очень широком диапазоне первичных энергий и одновременно слабочувствительные к модели адрон-ядерных взаимодействий. Результаты расчетов CORSIKA/EPOS LHC используются для анализа корреляций и флуктуаций основных экспериментальных наблюдаемых с учетом возможностей действующих гибридных наземных установок и их планируемых низкоэнергетичных расширений. Показано, что предлагаемый подход позволяет эффективно минимизировать влияние неопределенности модели адрон-ядерных взаимодействий, аппаратурных и методических погрешностей на физические выводы относительно типа первичной частицы.

166

## **Спектры протонов и ядер в диапазоне $10^{10}$ - $10^{20}$ эВ в рамках галактического сценария происхождения космических лучей**

**Author:** Анатолий Лагутин<sup>1</sup>

**Co-authors:** Александр Тюменцев<sup>1</sup>; Николай Волков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Алтайский государственный университет*

**Corresponding Author:** lagutin@theory.asu.ru

В рамках галактического сценария происхождения космических лучей проведены расчеты энергетических спектров протонов и ядер. Для описания распространения космических лучей в неоднородной межзвездной среде используется модель аномальной диффузии, представленная в наших ранних работах. Считается, что наблюдаемый в Солнечной системе поток частиц формируется как “диффузионными” вкладами от близких молодых и удаленных старых источников, так и частицами, которые пришли без рассеяния. Введение вклада нерассеянного излучения, определяющего поведение спектра космических лучей в области сверхвысоких энергий, обусловлено наличием больших пробегов частиц (“полетов Леви”) в используемой модели аномальной диффузии. Показано, что в рамках данного подхода можно объяснить основные особенности наблюдаемого спектра космических лучей в диапазоне энергий  $10^{10}$  -  $10^{20}$  эВ, если показатель спектра генерации частиц в галактических источниках  $p$  порядка 2.85.

167

## Results from High-Altitude Neutron Monitor at the Terskol Peak

**Author:** Azamat Khokonov<sup>1</sup>

**Co-authors:** Kazbek Dzhanibekov<sup>1</sup>; Vitaly Ilgashev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Kabardino-Balkarian State University*

**Corresponding Author:** azkh@mail.ru

We are presenting the results of the neutron monitoring of the hadronic component of cosmic rays during periods of 2011 (October –December ) and 2013 (April-November) by registration system located at 3100 m above sea level in the neighborhood of mount Elbrus. In 2007 we assembled and lifted the mobile module of the neutron monitor to Terskol Peak. A stationary post was organized on Terskol Peak in 2009 for placing recording system and the neutron monitor which has one counter lead construct NM64. The second unshielded (without polyethylene panel) counter NM64 placed outside construct on the upper panel of reflector-modulator. Data acquisition is performed by the equipment similar to Moscow IZMIRAN and Apatite Polar Geophysical Institutes one. Utilized software was developed by B. B. Gvozdevsky (Apatites). One of the two working neutron counters SNM-15 and preamplifiers Omega-2 were presented by V. G. Yanke (IZMIRAN) and the second one by E. M. Vashenyuk (Apatites). The first monitoring was performed in September 2009 and January 2010 from stationary data acquisition post we created at Terskol Peak in former lost geophysical box [1]. It was achieved full automatic monitoring for three months period in 2011. From 2011 till now the monitor is working in full autonomic mode per months periods. During 2013 monitor worked from April to November. Due to power supply problems in 2012 we have no corresponding data. For counter placed inside the shield the average event rate is equal to 50 pulses per second and for unshielded one it is 3.2 times less. Our results are compared with data from others mid-latitude neutron monitors for periods corresponding to Forbush reductions. For example, we registered Forbush reduction began at 25 May 2013, reaching the minima at 27 May 2013 and return to average level at 30 May 2013. This observations was compared with other monitors.

At present time the monitor in stationary post is in operation at Terskol Peak. Mobile module is ready for transportation to upper level with lead construct 3-NM64, but the problem is absence of counters.

We developed the systems for data transfer both by VPN and Dial-In Dial-Out over 3/4G channel from Terskol Peak but it still not working due to absence of funds to provide two wireless (or satellite) industrial routers and reliable channels.

168

## Энергетический спектр и массовый состав космических лучей по данным установки Гунка-133.

**Author:** VASILY PROSIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Scobelsyn Institute of Nuclear Physics Moscow State University*

**Corresponding Author:** v-prosin@yandex.ru

Черенковская установка ШАЛ Тунка-133 набирает данные о широких атмосферных ливнях в течение 5 зимних сезонов с 2009 по 2014 г. Установка расположена в Тункинской долине (Бурятия) в 50 км от берега Байкала. Первоначально установка состояла из 19 кластеров по 7 детекторов в каждом, расположенных на площади  $\sim 1 \text{ км}^2$ . В 2011 г. площадь установки увеличена до  $\sim 3 \text{ км}^2$  путем добавления 6 кластеров на расстоянии около 1 км от центра. Обработка экспериментальных данных проводится с помощью оригинальных программ, в которых все фитирующие и пересчетные функции получены из анализа искусственных событий сгенерированных по программе CORSIKA для диапазона энергий от  $3 \cdot 10^{15}$  до  $10^{18}$  эВ. Для каждого ливня восстанавливаются направление прихода, координаты оси на плоскости наблюдения, первичная энергия, глубина максимума по крутизне функции амплитуда-длительность и по длительности импульса черенковского света на расстоянии 400 м от оси. В результате получен дифференциальный энергетический спектр всех частиц в диапазоне энергий  $6 \cdot 10^{15}$  –  $3 \cdot 10^{18}$  эВ за 1540 часов работы установки. Приведена зависимость средней глубины максимума от энергии в диапазоне  $10^{16}$  –  $10^{18}$  эВ. На основании этой зависимости оценено изменение среднего состава с энергией. Отмечается утяжеление состава в диапазоне  $10^{16}$  –  $10^{17}$ , которое сменяется облегчением при последующем росте энергии.

169

## **Баксанская нейтринная обсерватория. Современное состояние и перспективы.**

**Author:** Валерий Петков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *ИЯИ РАН*

**Corresponding Author:** vpetkov@inr.ru

Обзор современного состояния и перспектив развития Баксанской нейтринной обсерватории Института ядерных исследований РАН.

Баксанская нейтринная обсерватория (БНО) расположена на Северном Кавказе в долине реки Баксан, недалеко от горы Эльбрус. Обсерватория первоначально создавалась для проведения фундаментальных исследований в области нейтринной астрофизики и физики космических лучей. Программа исследований Обсерватории постоянно расширялась по мере ввода в строй новых установок. В настоящее время БНО представляет собой уникальный комплекс наземных и подземных установок, созданных для решения фундаментальных задач в различных областях науки: от нейтринной астрофизики до геофизики.

Обсуждается проект создания на территории БНО большого сцинтилляционного детектора (10 кт или более жидкого органического сцинтиллятора), предназначенного для исследования природных источников нейтрино и антинейтрино и проведения фундаментальных исследований в области физики нейтрино и нейтринной астрофизики. Важным направлением исследований будет измерение антинейтринных потоков из недр Земли (геонейтрино). Большим преимуществом БНО является выгодное географическое расположение (удаленность от промышленных ядерных реакторов) и развитая инфраструктура, позволяющая поместить установку в подземном низкофоновом помещении на глубине  $\sim 5000$  метров водного эквивалента.

170

## **Тестирование систем измерения заряда и энергии аппаратуры НУКЛОН**

**Author:** Андрей Турундаевский<sup>1</sup>

**Co-authors:** Артур Ткаченко<sup>2</sup>; Виктор Гребенюк<sup>2</sup>; Дмитрий Карманов<sup>1</sup>; Дмитрий Подорожный<sup>1</sup>; Игорь Ковалев<sup>1</sup>; Илья Кудряшов<sup>1</sup>; Леонид Ткачев<sup>2</sup>; Олег Васильев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИИЯФ МГУ

<sup>2</sup> ОИЯИ

**Corresponding Author:** torn@front.ru

По результатам тестов, выполненных на ускорителе SPS (CERN) в 2012-2013 гг, проведена калибровка систем измерения заряда и энергии аппаратуры НУКЛОН, предназначенной для орбитального эксперимента по изучению космических лучей высоких энергий. Подтверждена работоспособность аппаратуры и ее применимость для решения поставленных научных задач.

171

## **Изучение характеристик солнечной модуляции по данным, полученным в экспериментах «ПАМЕЛА» и «АРИНА» в 2006-2014 гг.**

**Author:** Марина Майорова<sup>1</sup>

**Co-authors:** Андрей Майоров<sup>1</sup>; Владимир Михайлов<sup>2</sup>; Дмитрий Лосев<sup>1</sup>; Сергей Колдашов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

<sup>2</sup> НИЯУ МИФИ

**Corresponding Author:** mamayorova@mephi.ru

В работе представлены экспериментальные результаты по изучению эффекта солнечной модуляции галактических космических лучей, полученные спектрометрами «ПАМЕЛА» и «АРИНА» в конце 23-го - первой половине 24-го солнечного цикла. Проанализированы зависимости интенсивности протонов и ядер гелия с энергиями 45 МэВ – 10 ГэВ от времени. На фоне общего тренда наблюдаются характерные особенности в виде повышений и понижений интенсивности частиц с периодичностью 1.5-2 года. Проведен корреляционный анализ между вариациями потока галактических космических лучей и характеристиками солнечной активности и параметрами межпланетной среды. Обнаружена временная задержка между изменениями угла наклона гелиосферного токового слоя и интенсивности галактических космических лучей.

172

## **Регистрация высокоэнергетического излучения гамма-всплесков гамма-телескопом "ГАММА-400"**

**Author:** Irene Arkhangelskaja<sup>1</sup>

**Co-authors:** Alexey Leonov<sup>2</sup>; Андрей Архангельский<sup>3</sup>; Аркадий Гальпер<sup>4</sup>; Михаил Рунцо<sup>4</sup>; Николай Топчиев<sup>5</sup>; Сергей Сучков<sup>5</sup>; Юрий Юркин<sup>4</sup>

<sup>1</sup> National Research Nuclear University "MEPhI"

<sup>2</sup> МИФИ

<sup>3</sup> НИЯУ МИФИ

<sup>4</sup> Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

<sup>5</sup> ФИАН

**Corresponding Author:** irene.belousova@usa.net

Гамма-телескоп «ГАММА-400» разрабатывается как основная часть комплекса научной аппаратуры, который будет установлен на высокоорбитальном ИСЗ «ГАММА-400». Главной задачей астрофизической обсерватории «ГАММА-400» является изучение космического гамма-излучения в диапазоне энергий 100 МэВ – 3 ТэВ. Излучение в таком диапазоне может возникать на различных стадиях эволюции астрофизических объектов (как Галактических, так и Метагалактических - пульсары, остатки сверхновых, активные ядра галактик и т.д.), при взаимодействии космических лучей, а также в распадах частиц темной материи.

Одним из наиболее интересных типов астрофизических объектов являются гамма-всплески (GRB). В настоящее время зарегистрировано несколько тысяч GRB в диапазоне  $E > 10$  кэВ (в основном, космологического происхождения) и только в нескольких десятках случаев во время всплесков наблюдалось излучение с энергией  $E > 100$  МэВ. Несмотря на такое обилие экспериментального материала, полная согласованная модель источников гамма-всплесков до сих пор не создана.

Подавляющее большинство источников GRB (для которых удалось определить красное смещение) находятся на больших расстояниях с  $z > 1$ . В некоторых случаях временные профили в диапазонах высоких и низких энергий подобны, а в некоторых существенно различаются и максимумы не согласуются по относительной интенсивности, например GRB930131 и GRB050525. В спектрах некоторых событий присутствует высокоэнергетическая компонента, не согласующаяся с Бэндовской моделью. Более того, во время некоторых всплесков наблюдается отсутствие или подавление явной эволюции от жесткого спектра к мягкому. Некоторые GRB имеют предвестники в широком энергетическом диапазоне.

Хорошее энергетическое (~2%) и временное (~1 мкс) разрешение гамма-телескопа «ГАММА-400» и наличие специальных режимов работы триггерной системы позволит обеспечить для зарегистрированных всплесков детальное изучение энергетических спектров и временных профилей. В частности, определение положения точек перегиба между различными спектральными моделями, проверку присутствия тенденции изменения от жесткого спектра к мягкому и регистрацию возможных спектральных особенностей, которые могли бы ассоциироваться с линиями от распадов мезонов и возможных процессов в черных дырах. Кроме того, будет проводиться определение характерного и минимального времени переменности во всплеске, изучение вариации формы временного профиля в зависимости от энергетического диапазона (в том числе и сравнение профилей в диапазонах выше и ниже точки перегиба между спектральными моделями), а так же сопоставление времени прихода гамма-квантов различных энергий и использование этой информации для проверки Лоренц-инвариантности. Планируется также проведение аналогичных исследований при регистрации предвестников гамма-всплесков.

173

## Первые результаты работы прототипа установки Тунка-Hiscore.

**Author:** Любовь Свешникова<sup>1</sup>

**Co-author:** collaboration Тунка-Hiscore<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИИЯФ МГУ

**Corresponding Author:** tfl10@mail.ru

Л.Г.Свешникова от Тунка-Hiscore коллаборации.

В Тункинской долине на полигоне, где расположена черенковская установка Тунка-133, создается гамма-астрономическая установка Тунка-Hiscore (Hundred Square-km Cosmic Origin Explorer) для изучения источников гамма-излучения с энергией более нескольких десятков ТэВ. Установка представляет собой сеть оптических станций большой чувствительной площади. Каждая станция содержит 4 ФЭУ диаметром 20 см, площадь светосбора каждого из которых увеличена в 4 раза с помощью конуса Уинстона. Половинный угол обзора каждой станции около 30 градусов. Зимой 2013-2014 гг начал работать прототип установки из 9 станций, расположенных на расстоянии 150 м друг от друга. Порог каждого дискриминатора импульсов устанавливался за пределами шума. В результате темп счета каждой станции в ясные безлунные ночи

составлял 10-15 Гц. Каждый импульс оцифровывался с шагом 0.5 нс. Разработаны методы и программы определения направления прихода ливня, положения оси на плоскости наблюдения и энергии первичной частицы. М-К моделирование показало, что точность определения параметров ливня: направления прихода  $\sim 0.1-0.15$  градуса, положения оси  $\sim 10-20$  м, энергии  $\sim 20\%$ . Восстановлен дифференциальный энергетический спектр заряженных космических лучей, набранный за 150 часов работы. Порог спектра при требовании 100% эффективности около 200 ТэВ. При снижении требования эффективности до 50% порог около 130 ТэВ. Расчет показывает, что порог для гамма-квантов в этом случае будет около 70 ТэВ. Обсуждается вариант установки с меньшим расстоянием между станциями и другие пути уменьшения энергетического порога.

174

## Распределение гамма-всплесков по красному смещению: свидетельства неоднородности популяции длинных всплесков.

**Author:** Irene Arkhangelskaja<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National Research Nuclear University "MEPhI"

**Corresponding Author:** irene.belousova@usa.net

Форма распределения по красному смещению для однородных семейств источников в нашей Метагалактике определяется свойствами пространства (евклидового для  $z < 1$  и де-ситтеровского для  $z > 1$ ), а так же значениями космологических параметров. В качестве однородных выборок рассматриваются сверхновые типа Ia (полный каталог и та выборка, которая использовалась для определения  $W$  и  $L$  для нашей Метагалактики). Анализ их распределений по красному смещению показывает, что за уровнем  $3\sigma$  при аппроксимации однопиковой функцией на 95-97% уровне значимости находится 5-9% событий.

В представленной работе приводятся результаты анализа выборки из 260 гамма-всплесков с определенной длительностью и красным смещением, зарегистрированных в эксперименте SWIFT и более чем 300 GRB, наблюдавшихся прибором GBM обсерватории Fermi. Детальное изучение распределений по красному смещению для обеих выборок показывает, что на уровне значимости 95% в каждом распределении присутствуют как минимум два максимума. Подобная структура сохраняется, если из рассмотрения удалить короткие события длительности  $t_{90} < 2$ с, которые соответствуют классическому определению коротких событий (short GRB) без учета коррекции длительности по красному смещению, что показывает неоднородность обеих популяций длинных всплесков (long GRB). Кроме того, предварительный анализ распределений по красному смещению и длительности показывает наличие еще одной группы событий, которые можно интерпретировать, как GRB промежуточной длительности (intermediate GRB).

175

## Система выработки триггерных сигналов и калориметр полного поглощения научной аппаратуры "ГАММА-400"

**Author:** Андрей Архангельский<sup>1</sup>

**Co-authors:** Irene Arkhangelskaja<sup>2</sup>; Аркадий Гальпер<sup>3</sup>; Николай Топчиев<sup>4</sup>; Сергей Сучков<sup>4</sup>; Юрий Юркин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

<sup>2</sup> National Research Nuclear University "MEPhI"

<sup>3</sup> Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

<sup>4</sup> ФИАН

**Corresponding Author:** angel1966@list.ru

Система формирования триггерных и счетных сигналов гамма-телескопа «ГАММА-400» предназначена для приема электронных сигналов (импульсов) с детекторов комплекса научной аппаратуры «ГАММА-400» и выработки по временным и амплитудным параметрам импульсов логических сигналов, соответствующих прохождению через апертуру прибора гамма-квантов, электронов (позитронов), протонов и ядер. Данные логические сигналы используются в качестве мастеров запуска регистрации научной информации с детектирующих систем прибора. В докладе представлены общее устройство системы, схемотехнические решения, используемые для получения заданных параметров аппаратуры и способы их практической реализации. Рассмотрена реализация калориметра полного поглощения прибора и его взаимодействие с системой формирования триггерных и счетных сигналов.

176

## Флуоресцентный детектор космических лучей для наземной установки ТУНКА-133

**Authors:** Павел Климов<sup>1</sup>; Сергей Шаракин<sup>1</sup>

**Co-authors:** Leonid Kuzmichev<sup>2</sup>; Михаил Зотов<sup>1</sup>; Борис Хренов<sup>1</sup>; Гали Гарипов<sup>1</sup>; Леонид Ткачев<sup>3</sup>

<sup>1</sup> НИИЯФ МГУ

<sup>2</sup> SINP

<sup>3</sup> ОИЯИ

**Corresponding Author:** sharakin@mail.ru

ТУНКА-133 – черенковская наземная сеть детекторов по регистрации космических лучей в области энергий 1016 – 1018 эВ. Данная установка проходит сейчас стремительную модернизацию связанную с расширением спектра научных задач детектора. Одним из дополнений к существующей установке станет создание флуоресцентного детектора для измерения профиля ШАЛ и совместного измерения черенковского свечения и флуоресценции ШАЛ. Это позволит произвести взаимную калибровку двух методов и повысить точность определения массового состава за счет непосредственного наблюдения максимума ШАЛ.

ФД состоит из зеркала-концентратора площадью порядка 2 кв.м. и матрицы фотоприемника из 64 ячеек, выполненной по модульному принципу. Один модуль фотоприемника имеет 16 каналов (8x2), размер одного пикселя 4 на 4 см, временное разрешение 200 нс. Рассматривается два варианта зеркала: 1) использование технологического образца сегментированного зеркала-концентратора орбитального детектора «ТУС» (площадь ~ 2 м<sup>2</sup>, фокусное расстояние 1,5 м); 2) зеркала, изготовленное по схеме Девиса-Коттона из семи сферических сегментов на сферической опорной поверхности.

В последнем случае все семь сегментов идентичны и представляют собой сферические зеркала с радиусом кривизны 3090 мм и диаметром входного зрачка 620 мм. Фокусирующие свойства семисегментной системы: площадь входного зрачка (без учета центральной экранировки) 2075 см<sup>2</sup>; размер изображения в центре поля зрения ( $\gamma = 0^\circ$ )  $-2 \times \text{RMSr} = 13$  мм, на краю поля зрения ( $\gamma = 5^\circ$ )  $-2 \times \text{RMSr} = 24$  мм.

Реализация данной системы в виде единого концентратора предполагает разработку системы крепления и юстировки отдельных сегментов. Для этого была спроектирована и специальная веерообразная опорная конструкция. Зеркало и фотоприемник располагаются на поворотном механизме, который был изготовлен в ОИЯИ (Дубна).

177

## О пространственно-временном распределении <sup>3</sup>He в процессе солнечной вспышки 20 января 2005 г.

**Author:** Е.В. Троицкая<sup>1</sup>

**Co-authors:** А.И. Архангельский <sup>2</sup>; И.В. Архангельская <sup>2</sup>

<sup>1</sup> НИИ ядерной физики имени Д.В.Скобельцына, МГУ имени М.В.Ломоносова

<sup>2</sup> Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Corresponding Author:** troi@srd.sinp.msu.ru

Ранее проведенное изучение мощной солнечной вспышки 20 января 2005г. ядерно-физическими методами привело нас к выводу о повышенном содержании изотопа  $^3\text{He}$  в области ядерных реакций, формирующей временной профиль узкой нейтронной гамма-линии 2.223 МэВ. Модельные расчёты сравнивались с наблюдательными данными по гамма-излучению, полученными аппаратом АВС-Ф с детектора СОНГ-Д на борту спутника КОРОНАС-Ф. Методом статистического моделирования были рассчитаны временные профили гамма-излучения линии 2.223 МэВ в предположении стохастического характера ускорения, описываемого функцией Бесселя. Расчёты, проведенные с несколькими параметрами процесса, позволили выявить не только повышенное усреднённое по времени гамма-эмиссии содержание  $^3\text{He}$  относительно водорода  $^1\text{H}$ :  $^3\text{He}/^1\text{H} = (1.4 \pm 0.15) \times 10^{-4}$ , но и возрастание относительной концентрации со временем от  $2 \times 10^{-5}$  на фазе роста потока излучения в нейтронной гамма-линии до  $2.0 \times 10^{-4}$  на фазе спада. В настоящей работе мы предполагаем, что ионы гелия-3, первоначально ускоренные в процессе того или иного возможного механизма ускорения на турбулентности (например, ионно-звуковой, или ионно-звуковой в скрещенных магнитном и электрическом полях, или геликонной) затем распространяются и постепенно накапливаются в области фотосферы и нижней хромосферы. Исходя из этого предположения, мы исследуем более подробно эволюцию свойств популяции изотопа  $^3\text{He}$ . В частности, рассчитан темп накопления  $^3\text{He}$  в области ядерных реакций и найдено его изменение за время гамма-излучения, а также возможные значения потоков ионов из области ускорения. Приняты во внимание кулоновские потери энергии ускоренных ионов  $^3\text{He}$  при распространении их до области ядерных реакций. Исследован вклад конкурирующих ядерных реакций. Анализируется ряд других имеющихся наблюдательных данных, также подтверждающих повышенное содержание  $^3\text{He}$  в исследуемой вспышке. Известно, что наличие повышенного содержания  $^3\text{He}$  в процессе солнечной вспышки обычно связано с плазменными резонансными процессами. Возможно, в перспективе появятся критерии более точного выбора механизма ускорения в подобных вспышках, обогащённых изотопом  $^3\text{He}$ , что определяет важность детального их изучения.

178

## Измерения потоков дейтронов альбедо в спутниковом эксперименте ПАМЕЛА

**Author:** Sergey Koldobskiy on behalf of PAMELA Collaboration<sup>1</sup>

**Co-author:** Sergey Voronov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> NRNU MEPhI

<sup>2</sup> National Research Nuclear University MEPhI

**Corresponding Author:** koldobsky.sergey@gmail.com

Эксперимент ПАМЕЛА - международный космофизический эксперимент, направленный на изучение потоков космических лучей в широком диапазоне энергий. Высокоточная аппаратура эксперимента позволяет, среди прочего, проводить идентификацию изотопов водорода. В настоящей работе представлены результаты по измерению спектра дейтронов альбедо в интервале энергий 100 - 350 МэВ/нуклон, проводится сравнение с проведенными ранее экспериментами и моделями рождения дейтронов альбедо.

179



## Потоки антиядер в галактических космических лучах по данным эксперимента «ПАМЕЛА»

**Author:** Андрей Майоров от имени коллаборации "ПАМЕЛА"<sup>1</sup>

**Co-author:** Аркадий Гальпер<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»*

**Corresponding Author:** agmayorov@mephi.ru

В докладе обсуждается современное состояние исследований в области изучения механизмов генерации и распространения антиядер в Галактике.

Полученные к настоящему времени экспериментальные результаты свидетельствуют в пользу моделей вторичного происхождения галактических антипротонов (рождение при взаимодействии космических лучей с межзвездным газом), как следствие, их регистрация позволяет изучать процессы ускорения и распространения космических лучей в Галактике. Однако ошибки измерений полностью не исключают возможность существования дополнительных источников антипротонов в области как низких (меньше ~ 100-200 МэВ), так и высоких (больше ~ 100 ГэВ) энергий. Возможные способы интерпретации данных, как правило, связаны с экзотическими источниками, например, с первичными чёрными дырами или с гипотетическими массивными слабодействующими частицами тёмной материи (ВИМПами, от англ. WIMP - Weakly Interacting Massive Particle). Существование последних выходит за рамки стандартной модели физики элементарных частиц, но принципиальное значение имеет одно из свойств ВИМПов - их взаимная аннигиляция с образованием пар из частиц и античастиц, например, электронов/позитронов или протонов/антипротонов (сегодня также рассматривается возможность распада частиц тёмной материи с образованием антилептонов или антибарионов). В связи с этим такой источник может объяснить т.н. «аномальный эффект «ПАМЕЛЫ»», который заключается в значительном превышении доли позитронов в космическом излучении, нежели в модели их вторичного образования.

Антидейтроны к настоящему моменту в космических лучах не обнаружены, но и их поиск не менее важен, т.к. они могут (с меньшей вероятностью) рождаться в тех же механизмах, что и антипротоны.

Антигелий также не обнаружен: в случае его вторичного происхождения расчетное отношение потоков антигелия и ядер гелия мало и не превосходит ~ 10<sup>-12</sup>–10<sup>-14</sup>. Обнаружение антиядер выше этого значения свидетельствовало бы о существовании доменов антиматерии, которые не исключаются в моделях неоднородного бариосинтеза. Тем не менее, даже установление верхнего предела на поток антиядер позволяет определять параметры этих моделей.

180

## Telescope Array и Pierre Auger обсерватории: статус, результаты, планы

**Author:** Игорь Ткачев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *ИЯИ*

**Corresponding Author:** tkachev@ms2.inr.ac.ru

Pierre Auger и Telescope Array - современные обсерватории по регистрации космических лучей сверхвысоких энергий. Pierre Auger самая большая в мире установка в южном полушарии Земли, Telescope Array - соответственно в северном. Обе установки используют гибридный метод регистрации широких атмосферных ливней, при котором наблюдаемые собираются как сетью наземных детекторов частиц, так и флюоресцентными телескопами. В докладе будет дан обзор последних результатов, полученных этими обсерваториями. Особое внимание будет уделено обсуждению энергетического спектра и химического состава первичных частиц, поискам источников и анизотропии направлений их прихода. Будет рассмотрена имеющаяся разница в интерпретации данных и представлены результаты новых проектов, в которых обе обсерватории участвуют совместно.

181

## Magnetic Bubble for CR experiments in Space

**Author:** Piero Spillantini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *INFN and University, Firenze, Italy*

**Corresponding Author:** spillantini@fi.infn.it

It is proposed to equip with an intense magnetic field the innovative high granularity, homogeneous, isotropic, deep cubic calorimeter in development, nicknamed 'calocube'. A number of identical coils are arranged for constituting three magnetic torus's mutually orthogonal forming a 'magnetic bubble' wrapping the calocube. Number and shape of the coils are discussed. Magnetic field intensity, and encumbrance and mass of the coils are evaluated for a model of the system wrapping a 1m side calocube. A reduced version, with only one magnetic torus (4 coils) wrapping a 0.8m side calocube is evaluated and discussed.

182

## Ultrahigh-energy neutrino-nucleon deep-inelastic scattering (Глубоко-неупругое рассеяние нейтрино на нуклоне при высоких энергиях)

**Author:** Anatoly Kotikov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *JINR*

**Corresponding Author:** kotikov@theor.jinr.ru

We present a simple formula for the total cross section of deep-inelastic scattering of ultrahigh-energy neutrinos on nuclear targets, which is proportional to the structure function  $F_2^{\nu N}(M_V^2/s, M_V^2)$ , where  $M_V$  is the intermediate-boson mass and  $s$  is the square of the center-of-mass energy. The coefficient in the front of  $F_2^{\nu N}$  depends on the its asymptotic low- $x$  behavior. It contains an additional  $\ln(s)$  term if  $F_2^{\nu N}$  scales with a power of  $\ln(1/x)$ .

Предложена простая формула для полного сечения глубоко-неупругого рассеивания ультравысокоэнергетиче- нейтрино на нуклоне, пропорциональное структурной функции  $F_2^{\nu N}(M_V^2/s, M_V^2)$ , где  $M_V$  - масса промежуточного бозона, а  $s$  - квадрат энергии. Коэффициент перед  $F_2^{\nu N}$  зависит от ее асимптотического поведения при малых значениях переменной Бьеркена  $x$ . Он содержит дополнительный вклад, пропорциональный  $\ln(s)$ , если  $F_2^{\nu N}$  ведет себя как степень  $\ln(1/x)$ .

183

## Статус и перспективы эксперимента ТУС

**Author:** Boris Khrenov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *SINP MSU*

**Corresponding Author:** bkhrenov@yandex.ru

Космический эксперимент ТУС (трековая установка) подготовлен к работе на борту спутника ЛОМОНОСОВ. Главная цель эксперимента- осуществить измерения треков флуоресценции атмосферы Земли, оставляемых первичными частицами космических лучей с энергией в области энергетического предела Грейзена-Зацепина-Кузьмина. До этого эксперимента частицы

с такой энергией наблюдались только наземными установками для изучения широких атмосферных ливней. В докладе приводятся достигнутые параметры прибора для изучения космических лучей предельно высоких энергий (КЛ ПВЭ) и оценки отношения сигнала от частиц КЛ ПВЭ к шуму ночной атмосферы. Данные о шуме атмосферы получены в специальных опытах с помощью детекторов флуоресценции атмосферы на борту спутников МГУ Университетский-Татьяна. Поставленная задача изучения очень коротких вспышек флуоресценции от КЛ ПВЭ (длительностью менее 100 мксек) привела к разработке прибора ТУС, обещающего получить новые данные о кратковременных вспышках ультрафиолета в атмосфере, так называемых транзитных атмосферных явлений (ТАЯ), не связанных с космическими лучами. Для более полного изучения ТАЯ прибор ТУС дополнен детектором изображения ТАЯ – камерой обскура. В докладе обсуждается постановка измерений сигнала ТАЯ одновременно прибором ТУС и камерой обскура.

**Summary:**

ключевые слова: орбитальный детектор, частицы высокой энергии, флуоресценция атмосферы, вспышки.

184

**Физика солнечных вспышек и проблема солнечных космических лучей**

**Author:** Борис Сомов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГАИШ МГУ

**Corresponding Author:** somov@sai.msu.ru

Дан краткий иллюстративный обзор первого звена в сложной цепочке процессов, определяющих комплексную проблему солнечных космических лучей (СКЛ), а именно их ускорение в солнечных вспышках, корональных выбросах массы, корональных транзитах и других нестационарных процессах в атмосфере Солнца. Согласно современным космическим наблюдениям Солнца и основанным на них теоретическим представлениям первичным источником СКЛ являются области магнитного пересоединения и коллапсирующих магнитных ловушек в короне Солнца и солнечном ветре.

Из физики солнечных вспышек однозначно следует, что первичное ускорение СКЛ происходит в крупномасштабных пересоединяющих токовых слоях на сепараторах магнитного поля. Здесь избыток энергии магнитного поля превращается в энергию быстрых магнитогидродинамических течений так называемой сверхгорячей (с электронной температурой больше 10 кэВ) плазмы, энергию мощных тепловых волн и ускоренных до релятивистских энергии заряженных частиц. Вторичное ускорение СКЛ (доускорение) и их выход в межпланетное пространство определяются коллапсирующими магнитными ловушками.

Обсуждаются специфические свойства крупномасштабного магнитного пересоединения с точки зрения проблемы ускорения СКЛ. Для заряженных частиц в пересоединяющем токовом слое с трехкомпонентным магнитным полем демонстрируются устойчивые и неустойчивые трехмерные траектории частиц, ускоряемых продольным относительно сепаратора электрическим полем. Обсуждается интерпретация процессов, влияющих на устойчивость движения. Приведены формулы для энергии ускоренных частиц на устойчивых и неустойчивых траекториях. Оценены характерные времена ускорения СКЛ в токовых слоях и коллапсирующих ловушках. Отмечаются нерешенные задачи физики ускорения СКЛ.

Лит.: Somov B.V., *Physical Processes in Solar Flares*, Kluwer Academic Publ., Dordrecht, 1992. Somov B.V., *Plasma Astrophysics, Part II, Reconnection and Flares*, Springer Science+Business Media, LLC, New York, 2013.

185

## Основные результаты исследования космических лучей сверхвысоких энергий на Якутской установке ШАЛ

**Author:** Михаил Правдин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИКФИА СО РАН

**Corresponding Author:** pravdin@ikfia.sbras.ru

Приводятся основные результаты по энергетическому спектру, составу и анизотропии космических лучей сверхвысоких энергий, полученные на Якутской установке ШАЛ за последнее время. Излагаются современное состояние установки и перспективы, связанные с ее модернизацией.

186

## Эксперимент ГАММА на г. Арагац в Армении - статус 2014 и последние результаты

**Author:** Ромен Мартиросов<sup>1</sup>

**Co-author:** Victor Pavlyuchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ереванский Физический Институт

<sup>2</sup> Lebedev Physical Institute

Приводится обзор современного состояния эксперимента ГАММА по исследованию ШАЛ с энергией  $10^{14} - 10^{17}$  эВ. Установка расположена на южном склоне г. Арагац в Армении на высоте 3200 м над уровнем моря (700 г/см<sup>2</sup>). Географические координаты установки  $l = 400^{\circ} 28' 12''$  N,  $\lambda = 440^{\circ} 10' 56''$  E. Установка состоит из наземных и подземных сцинтилляционных детекторов, предназначенных для регистрации электронно-фотонной и мюонной компонент ШАЛ, соответственно. За время работы с 2003 года было проведено несколько модернизаций по расширению установки и улучшению ее возможностей. Основными предметами исследований эксперимента ГАММА являлись энергетический спектр и массовый состав ПКИ, а также диффузный поток первичных гамма-квантов высоких энергий. В последнее время наиболее важной тематикой в эксперименте ГАММА являлось исследование природы колена в энергетическом спектре ПКИ при энергии  $3 \times 10^{15}$  эВ. Был проведен анализ экспериментальных данных для поиска аномалий в характеристиках ШАЛ в зависимости от направлений их прихода в Галактических координатах. Для этой цели использовался специально разработанный диффузионно-разностный метод. В качестве характеристики ШАЛ был выбран «возраст» ливня  $S$ , как наиболее подходящий с физической и методической точек зрения. На основе анализа 3.38 млн. ШАЛ, зарегистрированных после последней модернизации установки, с хорошей статистической обеспеченностью получено указание на существование близкого источника в Южном полушарии (кластер Vela), от которого в области колена зарегистрирован избыток «молодых» ливней, ассоциирующихся с более легким массовым составом.

187

## RESULTS FROM AMS EXPERIMENT ON ISS

**Author:** Vitali Choutko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> M.I.T.

**Corresponding Author:** vitali.choutko@cern.ch

AMS is the high energy physics experiment, taking cosmic ray data on board of International Space Station (ISS) since May 2011 and expected to operate throughout the ISS life time

(currently up to Year 2024), collecting every year about 16 billions of triggered events. The high statistics precise cosmic rays fluxes of different cosmic ray species as measured by AMS will be presented.

188

## Method of fractional derivatives for the interpretation of spacecrafts data on solar cosmic rays fluxes

**Author:** Vladimir Uchaikin<sup>1</sup>

**Co-author:** Renat Sibatov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Ulyanovsk State University*

**Corresponding Author:** ren\_sib@bk.ru

Diffusive transport is an important aspect of the propagation of solar cosmic rays in the interplanetary medium. Until recently, it was believed that the intensity of solar energetic particles can be described with an ordinary diffusion equation. But experimental data [Perri & Zimbardo, 2007, 2008] and direct numerical simulation of particle propagation in the presence of magnetic turbulence [Qin et al. 2002, Zimbardo et al. 2006, Pommois et al. 2007] have shown that anomalous diffusion regimes can be found. The term “anomalous diffusion” relates to the case when the size of a diffusion packet grows with time slower (subdiffusion) or faster (superdiffusion) than in the normal (Gaussian) case. It should be noted that numerical results predict superdiffusion for particle longitudinal (with respect to magnetic field line) transport depending on the turbulence level, the turbulence anisotropy, and the ratio of the Larmor radius over the turbulence correlation length. Considering only projections of particle trajectories on turbulent magnetic lines, we see a one-dimensional walk with a finite speed. Taking an inverse power law for the free path distribution leads to the differential equation with partial derivatives of fractional orders. The corresponding kinetic equation following asymptotically from the integral equation has been solved by means of the Fourier-Laplace transform method. Calculations of the electron and proton fluxes with the use of the propagator obtained from this equation, have confirmed the estimation of the asymptotical tail of the solar particles flux made by Perri and Zimbardo (2007) and moreover described the flux in the preasymptotical region with another law of decay.

### Summary:

The work is devoted to the interpretation of Ulysses and Voyager-2 spacecrafts data on solar cosmic rays fluxes. Particles move around turbulent magnetic field lines over spiral curves. Considering only their projections on these lines, we see a one-dimensional walk with a finite speed. Taking an inverse power law for the free path distribution leads to the differential equation with partial derivatives of fractional orders. Its solution gives the propagator which provides coincidence with observed data not only in the asymptotical region as obtained by Perri and Zimbardo (2007), but in the intermediate one as well.

189

## Анализ частоты фоновых совпадений для экспериментов БПСТ и LVD

**Author:** Vsevolod Ashikhmin<sup>1</sup>

**Co-authors:** Irina Shakiryanova<sup>1</sup>; Natalia Agafonova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *INR RAS*

<sup>2</sup> *Institute for Nuclear Research RAS*

**Corresponding Author:** vole4ka86@mail.ru

Проведён анализ совпадения откликов детекторов LVD и Баксанским подземным нейтринным телескопом с целью поиска корреляционных эффектов. Определены параметры поиска редких событий, сопровождающихся одновременными откликами указанных экспериментальных установок. Обработаны экспериментальные данные за 2012 год. Результаты представлены в настоящей работе.

190

## NEUTRON DETECTOR FOR THE GAMMA-400 SPACE OBSERVATORY

**Author:** Владимир Кадилин<sup>1</sup>

**Co-authors:** Андрей Каплун<sup>1</sup>; Антон Тараскин<sup>1</sup>; Григорий Деденко<sup>1</sup>; Евгений Тюрин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЯУ МИФИ

**Corresponding Author:** hel.nidhoggr@gmail.com

Neutron detectors could be effectively applied to gamma-ray astronomy as an instrument for increasing a factor of proton rejection in orbital gamma-ray telescopes.

This article talks about the neutron detector which is designed to be an additional instrument for separating electromagnetic and nuclear cascades in GAMMA-400 observatory. This is a necessary procedure to eliminate a proton background during space measurements.

The detector operates in counting mode. It contains four layers of ZnS(Tl)+6LiF scintillator and, in particular, the reaction on lithium-6 is used to capture neutrons.

Neutron detectors could be effectively applied to gamma astronomy as an instrument for increasing a factor of proton rejection in orbital gamma-telescopes.

This article talks about the neutron detector which is designed as an additional instrument for separation between electromagnetic and nuclear cascades in «GAMMA-400» orbital gamma-observatory. This is a necessary procedure to eliminate a proton background during space measurements.

The detector operates in counting mode. It contains four layers of ZnS(Tl)+6LiF scintillator and, in particular, the reaction on lithium (1) is used to capture neutrons. Calculated efficiency for <sup>252</sup>Cf neutron spectrum (average energy 2.3 MeV) is 16.5%. Positional sensitivity is achieved by using multilayer structure and by collecting signal from 40 isolated neutron-counting volumes. Identification of each cascade is a result of a combination of time, spatial and quantitative analysis of a useful signal.

191

## Генерация нейтронов мюонами космических лучей в различных материалах

**Author:** Андрей Юдин<sup>1</sup>

**Co-authors:** Константин Мануковский<sup>1</sup>; Николай Соболевский<sup>2</sup>; Ольга Рязская<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ИТЭФ

<sup>2</sup> ИЯИ РАН

**Corresponding Author:** yudin@itep.ru

Представлено исследование нейтронного фона, создаваемого мюонами космических лучей на различных глубинах и для разных веществ. Точное знание этого фона чрезвычайно важно для подземных экспериментов, направленных на поиск редких процессов: исследований тёмной материи, нейтринных сигналов от сверхновых и т.п. Процессы генерации и распространения

нейтронов моделировались методом Монте-Карло с помощью программного пакета Geant4. Настройка и проверка физических моделей Geant4 были произведены путем сравнения с данными известных экспериментов, а также результатами моделирования транспортным кодом SHIELD нескольких модельных задач. Изучена зависимость интенсивности генерации нейтронов мюонами космических лучей в сцинтилляционных детекторах в зависимости от типа окружающего грунта. Также исследована зависимость нейтронного выхода для различных веществ в широком диапазоне значений атомной массы как для чистых веществ, так и для смесей (грунты, соль, сцинтиллятор и т.п.). Показано отсутствие простой связи между интенсивностью генерации нейтронов мюонами и атомным весом материала мишени.

192

## Генерация нейтронов горизонтальными мюонами от нейтринного пучка из ЦЕРНа

**Author:** Irina Shakiryanova<sup>1</sup>

**Co-authors:** Alexey Malgin<sup>1</sup>; Andrey Yudin<sup>2</sup>; Ekaterina Dobrynina<sup>1</sup>; Konstantin Manukovskiy<sup>2</sup>; Natalia Agafonova<sup>3</sup>; Olga Ryazhskaya<sup>1</sup>; Rasim Enikeev<sup>1</sup>; Valery Yakushev<sup>1</sup>; Vladimir Dadykin<sup>1</sup>; Vsevolod Ashikhmin<sup>1</sup>; Vsevolod Ryasnyy<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INR RAS

<sup>2</sup> INR RAS, ITEP

<sup>3</sup> Institute for Nuclear Research RAS

**Corresponding Author:** foririnas@gmail.com

Представлены результаты по регистрации мюонов в детекторе LVD от нейтринного пучка из ЦЕРНа со средней энергией 17 ГэВ за период с 2008 по 2011 гг. Произведено моделирование горизонтальных мюонов методом Монте-Карло с помощью программного пакета Geant 4. Вычислены эффективности регистрации нейтронов от мюонов в установке LVD. Получены величины выхода нейтронов для сцинтиллятора (уайт-спирит) и железа.

194

## Very High Energy Ground-Based Gamma-Ray Astrophysics by Using Imaging Atmospheric Cherenkov Telescope Technique

**Author:** Razmik Mirzoyan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> MPI Munich

Very High Energy ground-based gamma-ray imaging atmospheric Cherenkov telescopes are performing observations of celestial sources in the energy range ~ 30 GeV – 100 TeV. Currently there exist three large detector installations, these are H.E.S.S. in Namibia, VERITAS in Arizona and MAGIC on the Canary island of La Palma. The birthday of this relatively young science is the first detection of a 9 sigma gamma-ray signal from the Crab Nebula in 1988 by the crew of the 10m diameter Whipple telescope on Mount Hopkins in Arizona, USA. Since then over 160 sources of galactic and extragalactic nature, of different types, have been discovered and studied in a great detail. The next generation instrument, the Cherenkov Telescope Array, is now under prototyping. It will consist of 100 telescopes of 3 different sizes (24m, 12m, 4-6m) and shall provide an order of magnitude higher sensitivity than the currently existing telescopes. In my report I am going to dwell on the main achievements of this novel, very promising science with great future.

195

## Ultra-high energy (UHE) neutrino-nucleon interactions

**Author:** Laszlo Jenkovszky<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Bogolyubov ITP, Kiev*

**Corresponding Author:** jenk@bitp.kiev.ua

UHE ( $>10^8$  GeV) neutrino-nucleon total cross sections are calculated from the proton deep inelastic structure functions (SF), known from the HERA experiments by the H1 and ZEUS Collaborations, appended by QCD evolution. Predictions for present and future experiments (Auger, Ice Cube, Baikal) are presented and possible violation of the Greisen-Zatsepin-Kuzmin limit is discussed.

References:

R. Fiore et al., Phys. Rev D 68(2003)093010, hep-ph/0302251;

R. Fiore et al., *ibid*, 71(2005)033002, hep-ph/0412003;

R. Fiore et al., *ibid*, 73(2006)053012, hep-ph/0512259.

196

## Superheavy Nuclei

**Authors:** Gurgen Ter-Akopian<sup>1</sup>; Yuri Oganessian<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Joint Institute for Nuclear Research*

<sup>2</sup> *Joint Institute for Nuclear Research, Dubna- Russia*

**Corresponding Author:** gurgen@jinr.ru

One of the fundamental outcomes of the nuclear shell model is the prediction of the “stability islands” in the domain of the hypothetical superheavy elements. The enhanced stability has been expected for the deformed nuclei near  $Z=108$  and  $N=162$ , yet much stronger effect has been predicted for heavier spherical nuclei close to the shells  $Z=114$  and  $N=184$ , next to the doubly-magic nucleus  $208\text{Pb}$  ( $Z=82$ ,  $N=126$ ).

The talk is devoted to the experimental verification of these predictions –the synthesis and study of both the decay and chemical properties of the superheavy elements.

The synthesis of the heaviest and neutron-rich nuclei has been carried out in the fusion reactions of  $^{233,238}\text{U}$ ,  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{242,244}\text{Pu}$ ,  $^{245,248}\text{Cm}$ ,  $^{249}\text{Bk}$  and  $^{249}\text{Cf}$  with the  $^{48}\text{Ca}$  projectiles, that made it possible to observe the decay of the 48 new neutron-rich nuclides with  $Z=104-118$  and  $N=161-177$ .

The decay properties of the new isotopes present direct experimental evidence of the existence of the Island of stability in the region very heavy (superheavy) nuclei that considerably expand the Periodical Table of the chemical elements.

Searches in terrestrial objects and in galactic cosmic rays offer a unique way for a possible observation of long living superheavy nuclei which could be created in Nature by the astrophysical rapid neutron capture process.

197

## Космические лучи в Млечном Пути и других галактиках - наблюдения телескопа Ферми

**Author:** Игорь Москаленко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Hansen Experimental Physics Laboratory and Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology*



Космический гамма-телескоп нового поколения Ферми непрерывно работает на околоземной орбите с июня 2008 г. Рабочий диапазон энергий телескопа: от 20 МэВ до более чем 300 ГэВ. Полный обзор неба выполняется каждые 3 часа. За шесть лет работы накоплено огромное количество данных, наблюдаются новые классы источников гамма излучения в солнечной системе, нашей Галактике и за её пределами. В их числе - нормальные галактики, где основным источником гамма-излучения являются взаимодействия космических лучей с межзвездной средой. Эти наблюдения, а также наблюдения и моделирование диффузного излучения нашей Галактики позволяют изучать в деталях ускорение и распространение космических лучей в межзвездной среде в нашей и других нормальных галактиках. Я расскажу об основных результатах шести лет наблюдений при помощи телескопа Ферми.

198

### **В.Г. Синицина и др. Гамма-излучение сверхвысоких энергий Кластера Галактик Персея и его возможная природа**

199

### **В.Г. Синицина и др. Остатки сверхновых оболочечного типа как источники космических лучей в нашей Галактике**

200

### **Синицина В.Ю. и др. Долговременные исследования Области Cygnus X при сверхвысоких энергиях**

201

### **Синицина В.Ю. и др. Изучение внегалактического фонового излучения в наблюдениях далёких Активных Галактических Ядер при сверхвысоких энергиях**

202

### **Синицина В.Г. и др. Наблюдения Активных Ядер Галактик с красными смещениями $z = 0.0179 - 1.375$ на зеркальном черенковском телескопе ШАЛОН**