



28

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО КОСМИЧЕСКИМ ЛУЧАМ

07-11 июня 2004 г., МИФИ, Москва

при поддержке Минобразования РФ, Минпромнауки РФ, РАН, РФФИ

Научная программа:

- * Первичное космическое излучение вокруг "излома" и выше
- * Широкие атмосферные ливни
- * Взаимодействия при высоких энергиях
- * Мюоны и нейтрино космических лучей
- * Состав ПКИ и поиски антивещества
- * Гамма-астрономия высоких энергий
- * Космические лучи в гелиосфере и околоземном пространстве
- * Космические лучи и геофизические эффекты

Программный комитет

Зацепин Г.Т. - председатель (ИЯИ)
Гальпер А.М. - зам. председателя (МИФИ)
Петрухин А.А. - зам. председателя (МИФИ)
Кокоулин Р.П. - ученый секретарь (МИФИ)
Базилевская Г.А. (ФИАН)
Куликов Г.В. (НИИЯФ МГУ)

Котов Ю.Д. (МИФИ)
Лидванский А.С. (ИЯФ)
Мирошниченко Л.И. (ИЗМИРАН)
Панасюк М.И. (НИИЯФ МГУ)
Ряжская О.Г. (ИЯИ)
Стожков Ю.И. (ФИАН)

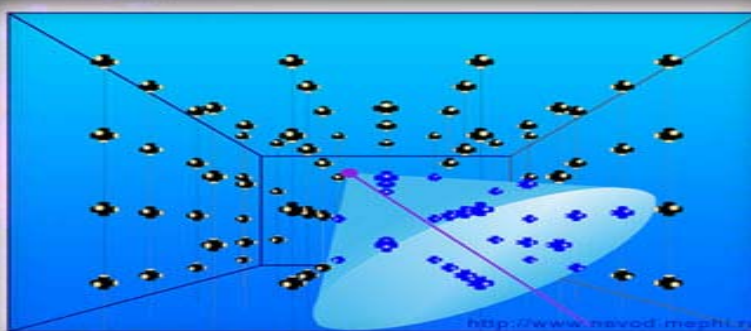
Оргкомитет

Оныкий Б.Н. - председатель
Богданович Б.Ю. - зам. председателя
Барбашина Н.С. - отв. секретарь
Беляев В.Н.
Гальпер А.М.
Горелов Б.А.
Горячева Г.Я.
Леонов А.А.
Метечко В.И.
Петровский А.Н.
Петрухин А.А.
Роом Д.А.
Свертилов С.И.
Смирнов С.С.
Тимашков Д.А.
Яшин И.И.

Адрес и контактная информация:

115409, г.Москва, Каширское шоссе, д.31
 Тел.: (095) 135-45-21 Горячева Галина Яковлевна
 (095) 324-82-78 Барбашина Наталья Сергеевна

E-mail: 28rcrc@mephi.ru
 URL: <http://28rcrc.mephi.ru>



Основные направления исследований, представленных на 28 ВККЛ

- Широкие Атмосферные Ливни

Энергетический спектр

Массовый состав

Экспериментальные результаты

Моделирование Первичного Космического
Излучения

- Гигантские Атмосферные Ливни

Проблема ГЗК обрезания ПКИ при $E \sim 10^{20}$ эВ

Массовый состав ПКИ при $E > 10^{19}$ эВ

- Поиск источников КЛ

**МАССОВЫЙ СОСТАВ ПКЛ ПРИ $E_0=1-10$ ПЭВ ПО ДАННЫМ
РЕНТГЕНОЭМУЛЬСИОННЫХ КАМЕР ЭКСПЕРИМЕНТА «ПАМИР»**

**А.С.Борисов, З.М.Гусева, В.Г.Денисова, Е.А.Каневская, В.М.Максименко, В.С.Пучков,
С.А.Славатинский**

Физический институт им.П.Н.Лебедева РАН

а) показатель наклона интегрального спектра ПКЛ $\gamma = 1.65$ в диапазоне $E_0 = 5 \cdot 10^{14}$
÷

10^{18} эВ, что соответствует неизменному массовому составу ПКЛ в этом
диапазоне энергий ПКЛ;

б) показатель γ увеличивается на $\Delta\gamma = 0.4$ начиная с $E_0 = 3 \cdot 10^{15}$ эВ
пропорционально

Z для всех ядер ПКЛ, что соответствует постепенному утяжелению массового
состава ПКЛ;

в) показатель γ увеличивается на $\Delta\gamma = 2.0$ для протонов и α - частиц при $E_0 = 3 \cdot 10^{15}$
эВ и $E_0 = 6 \cdot 10^{15}$ эВ, соответственно, а для остальных ядер $\Delta\gamma = 0.4$, как в варианте
(б). Этот вариант расчета соответствует предположению, что при энергии $E_0 \sim$
 10^{16} эВ протоны и α - частицы практически выбывают из состава ПКЛ.

Таблица 1. Показатели наклонов спектров суммарных энергий гамма-семейств

Вариант	(а)	(б)	(в)	Эксперимент
γ	1.20 ± 0.06	1.36 ± 0.05	1.68 ± 0.06	1.28 ± 0.08

**ТЕСТИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ КОЛЕНА В СПЕКТРЕ ПКИ ПО ГАММА-
АДРОННЫМ СЕМЕЙСТВАМ**

Л.Г.Свешникова¹, А.К.Манагадзе¹, Р.А.Мухамедшин², Т.М.Роганова¹

1) Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ

2) Институт ядерных исследований РАН

работе тестируется несколько вариантов спектров первичного космического излучения (ПКИ), общепринятых в последнее время, с точки зрения непротиворечивости их данным по гамма-адронным семействам – высокоэнергичной центральной части стволов ШАЛ.

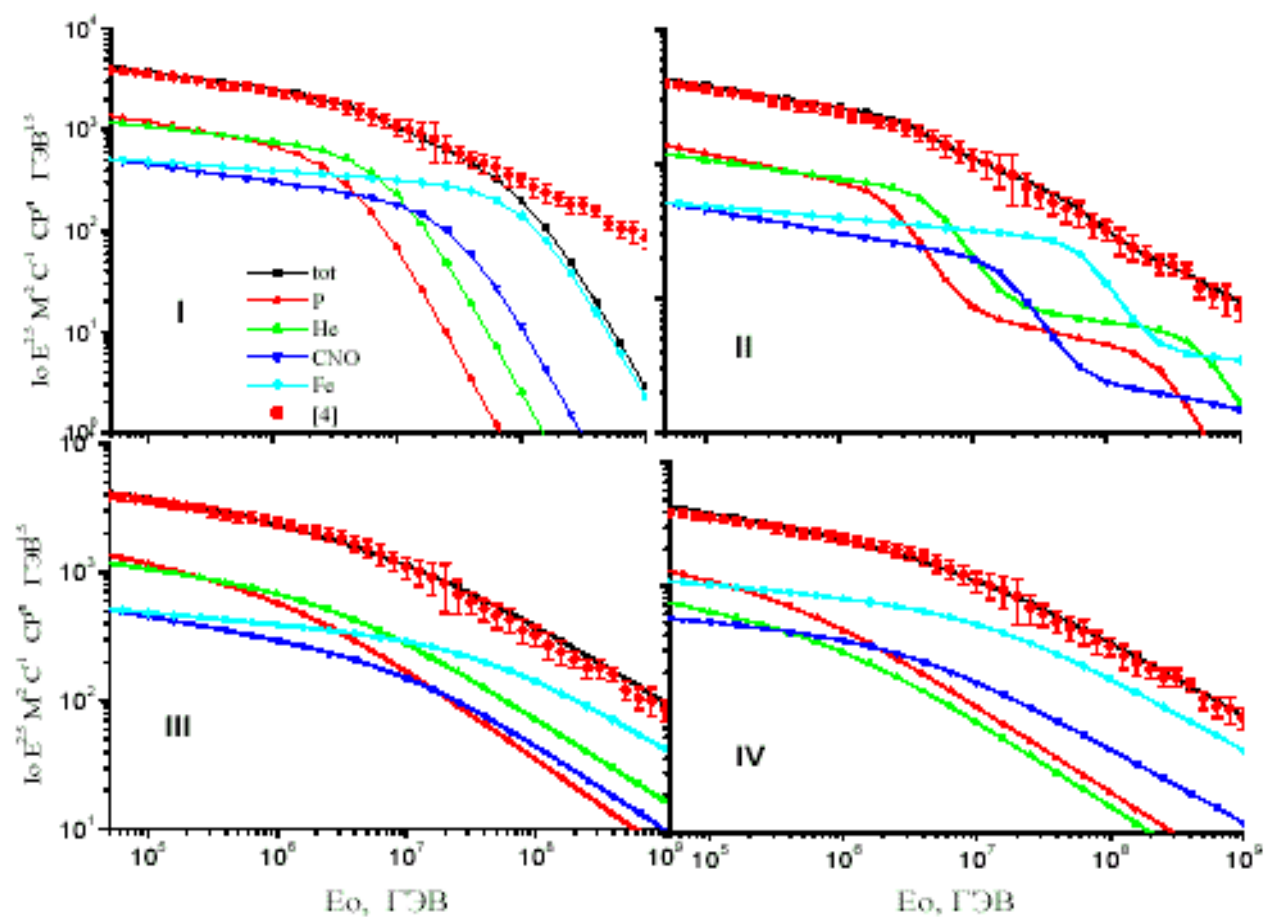


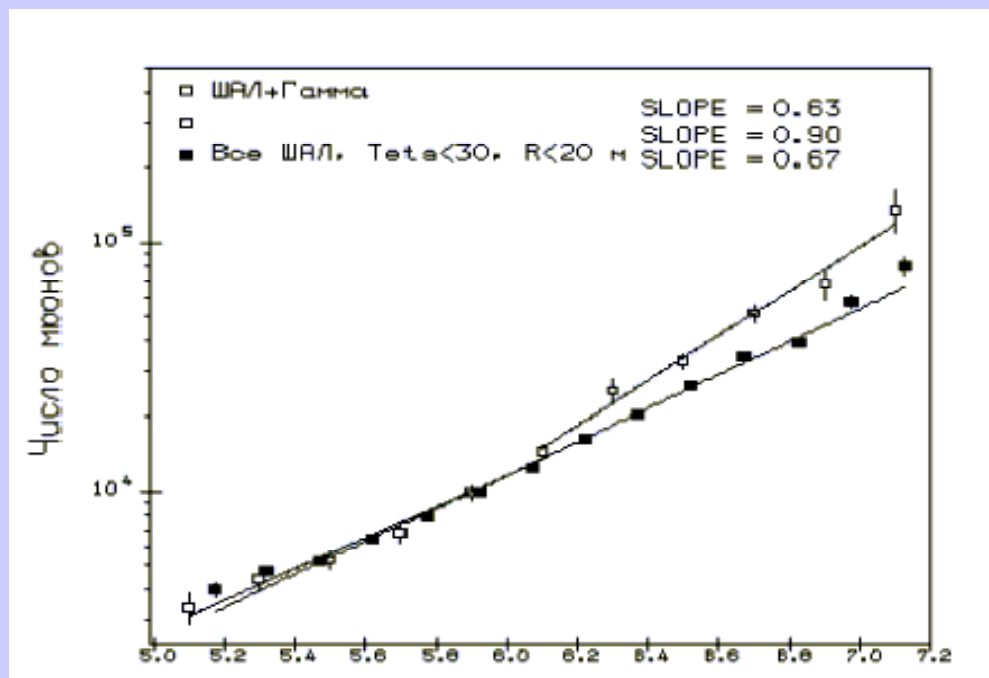
Рис.1. Поведение различных ядерных компонент в рассматриваемых 4-х моделях с параметрами, указанными в табл. 1. Большие кружки с ошибками — экспериментальный спектр ШАЛ и прямых измерений Хорандела [4].

АНАЛИЗ СОСТАВА КЛ В ОБЛАСТИ ИЗЛОМА ПО ДАННЫМ ШАЛ
(МЮОНЫ) И
РЭК (ГАММА-КВАНТЫ)

С.Б.Шаулов¹, Ю.А.Крупчатникова², Н.М.Нестерова¹,
К.В.Чердынцева¹, А.П.Чубенко¹

(1) Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

(2) Московский физико-технический институт (Государственный университет)

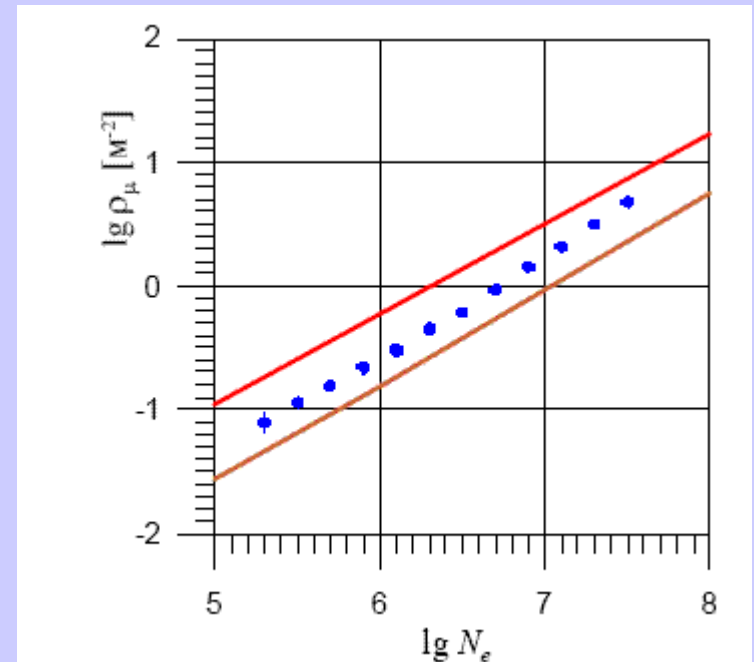
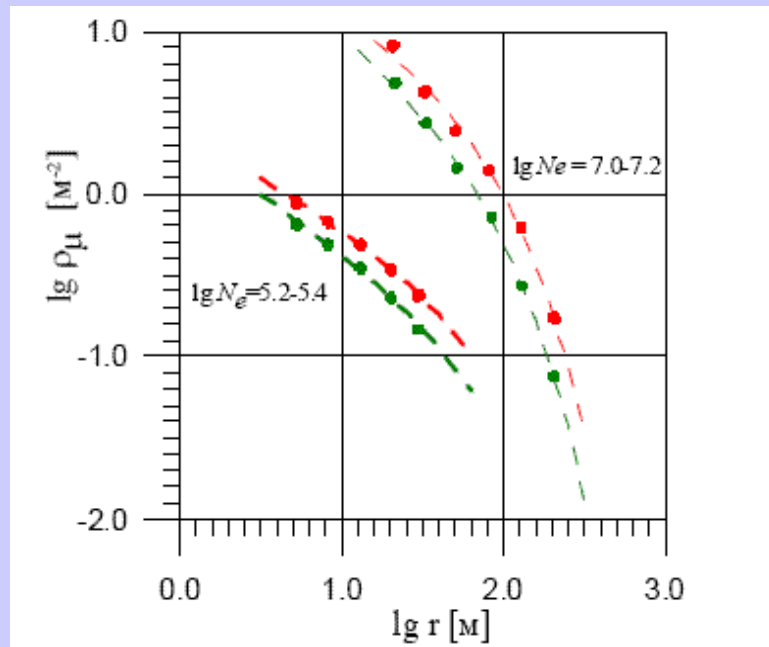


ХАРАКТЕРИСТИКИ МЮОННОЙ КОМПОНЕНТЫ ПО ДАННЫМ УСТАНОВКИ ШАЛ МГУ

Н.Н.Калмыков¹, Г.В.Куликов¹, В.И.Соловьёва¹, В.П.Сулаков¹, Ю.А.Фомин¹, В.Н.Калмыков²

(1) Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В.Скобелевича
Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова

(2) Физический факультет Московского государственного университета
им. М.В.Ломоносова



ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР И МАССОВЫЙ СОСТАВ ПЕРВИЧНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ПО ДАННЫМ ЧЕРЕНКОВСКОЙ УСТАНОВКИ ШАЛ ТУНКА

Н.М.Буднев², Р.В.Васильев³, Р.Вишневский⁴, О.А.Гресс², Т.И.Гресс²,
Е.Е.Коростелева¹, Л.А.Кузьмичев¹, Б.К.Лубсандоржиев³, Ю.В.Парфенов²,
Л.В.Паньков², П.Г.Покил³, В.В.Просин¹, Ю.А.Семеней², Д.В.Чернов¹,
Т.Шмидт⁴, К.Шпиринг⁴, И.В.Яшин¹

- (1) Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ.
- (2) Научно-исследовательский институт прикладной физики ИГУ.
- (3) Институт ядерных исследований РАН.
- (4) ДЭЗИ-Цойтен, Германия.

Для восстановления параметров ШАЛ применена новая функция, позволяющая более точно, чем ранее, описывать пространственное распределение черенковского света. Представлен дифференциальный энергетический спектр первичных космических лучей в диапазоне энергий от 0,6 ПэВ до 50 ПэВ с улучшенным энергетическим разрешением. Оценен средний массовый состав первичных космических лучей.

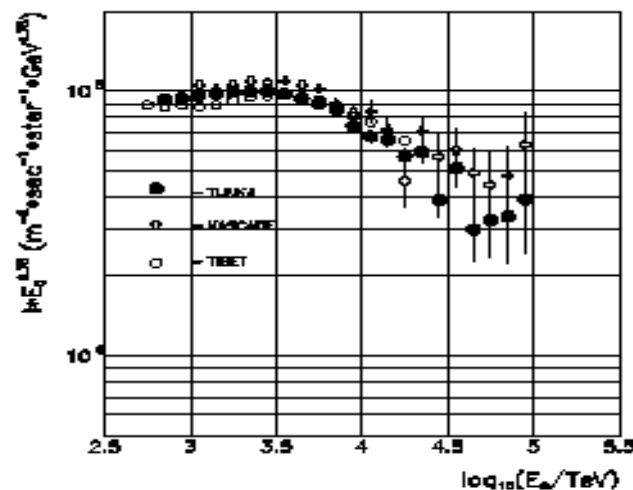


Рис. 2: Дифференциальный энергетический спектр

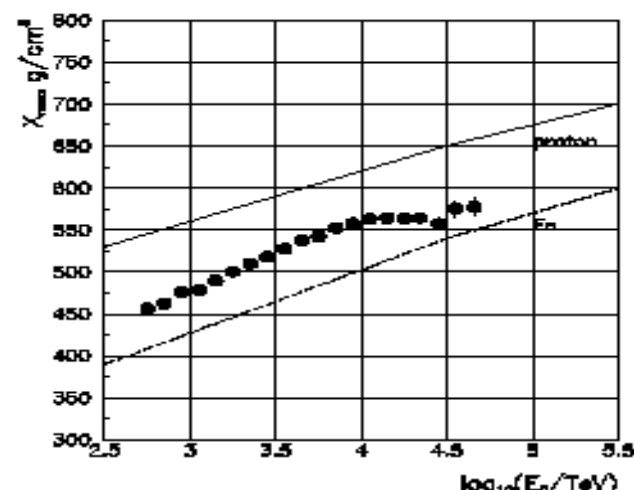


Рис. 3: Экспериментальная зависимость средней глубины максимума ШАЛ от энергии

СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОФИЗИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

А.А.Петрухин

Московский инженерно-физический институт (государственный университет)

Анализируются экспериментальные и теоретические результаты, совокупность которых свидетельствует в пользу включения новых физических процессов в области ПэВных энергий космических лучей (ТэВный интервал в СЦМ).

2. Некоторые "аномальные" результаты исследований

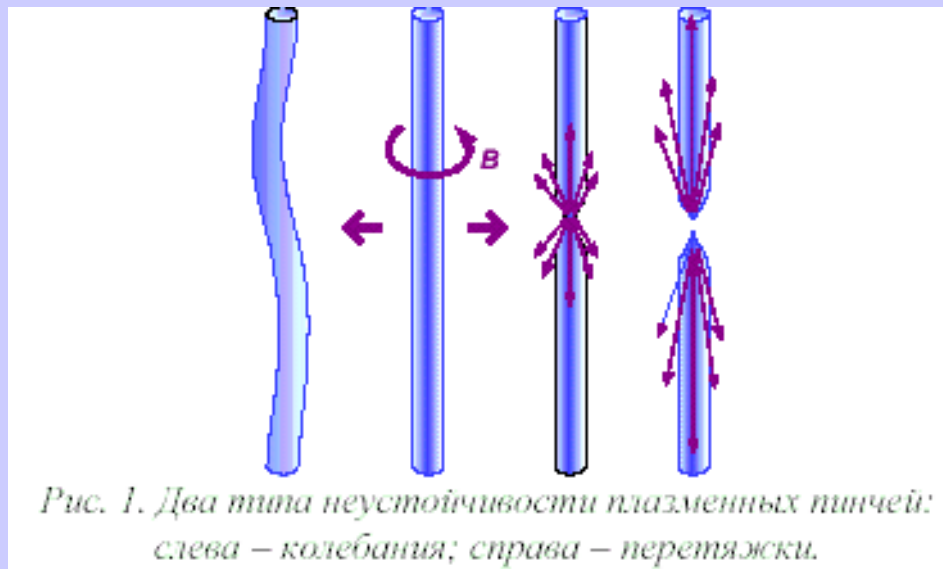
Исторически первым "аномальным" результатом было обнаружение в области ПэВных энергий излома спектра по числу частиц в широких атмосферных ливнях [1], интерпретация которого возможна как за счет изменения первичного спектра, так и характеристик взаимодействия.

В дальнейшем большая группа аномальных результатов была получена в экспериментах Памир и Чакалтая [2]. В этих экспериментах были зарегистрированы следующие события, появление которых трудно объяснить в рамках существующих теоретических моделей:

- Кентавры – события, в которых изотопическая инвариантность нарушена в пользу заряженных адронов.
- Выстроенность – события, содержащие три-четыре каскада, расположенных на прямой линии, вероятность образования которых находится за пределами возможных статистических флуктуаций.
- Гало – события, в которых помимо обычных каскадов наблюдаются диффузионные пятна, не находящие приемлемого объяснения.
- Проникающие каскады, которые не вписываются в картину развития обычных ядерных каскадов и требуют для своего объяснения введения неких проникающих частиц.

Важно подчеркнуть, что все эти необычные события появляются в области энергий первичных частиц порядка 10 ПэВ.

$$\frac{dN}{dE} \sim E^{-(1+\sqrt{3})},$$



Г А Л

Гигантские Атмосферные Ливни

КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ УЛЬТРАВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Л.Г. Деденко

Физический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

С помощью различных методов регистрации обнаружено новое явление – гигантские атмосферные ливни с энергиями выше 10^{20} эВ, которые лежат за порогом Грейзена-Зацепина-Кузьмина. Механизм ускорения частиц до таких высоких энергий – все еще загадка. Направления прихода гигантских ливней не противоречат изотропному. Имеются свидетельства о корреляциях с удаленными объектами. Очевидно, что только наблюдения на новых установках смогут прояснить проблему. Наблюденные события должны быть повторно проанализированы в рамках более разработанной схемы. Возможна проверка незначительных отклонений от лоренцевской инвариантности.

Исследования на установках Volcano Ranch [5], Haverach Park [6], Якутской [11], AGASA [12], Fly's Eye [9] и HiRes [13] позволили сделать крупнейшее открытие – обнаружить гигантские атмосферные ливни (ГАЛ) с энергиями выше 10^{20} эВ (от ~14 до ~20 событий). Такие энергии находятся далеко за порогом "обрезания" энергетического спектра частиц ПКИ [3,4] (эффект ГЗК). Загадкой остается конкретный механизм, благодаря которому частицы могут обладать столь высокими энергиями. Распределение направлений прихода частиц ПКИ, которые генерируют ГАЛ, не противоречит изотропному. Очевидно, что только наблюдения на новых установках HiRes (в стереорежиме), AO, TA, EUSO и др. с большой эффективной площадью регистрации и высоким угловым разрешением позволят прояснить ситуацию

с ГАЛ в области ультравысоких энергий. Вместе с тем, представляется необходимым дальнейшее развитие методики интерпретации данных. В частности, 5-ти уровневая схема моделирования откликов детекторных станций позволяет получать более надежные оценки энергии и направления прихода ливней. В случае интерпретации данных для наклонных ливней необходимо учитывать отклонения траекторий мюонов в магнитном поле Земли. В рамках гипотезы [20] о крайне малом нарушении лоренцевской инвариантности нейтральные и заряженные пионы могут быть стабильными частицами при энергиях выше 10^{19} эВ и входить в состав ПКИ в области сверхвысоких энергий.

СПЕКТР КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ С ЭНЕРГИЕЙ ВЫШЕ 10^{17} ЭВ

М.И.Правдин, А.В.Глушков, В.П.Егорова, А.А.Иванов, С.П.Кнуренко, В.А.Колосов,
А.Д.Красильников, И.Т.Макаров, А.А.Михайлов, В.В.Олзоев, А.В.Сабуров,
И.Е.Слепцов, Г.Г.Стручков

*Институт космических исследований и астрономии СО РАН им. Ю.Г. Шафера,
Якутск 678980 пр. Ленина 31*

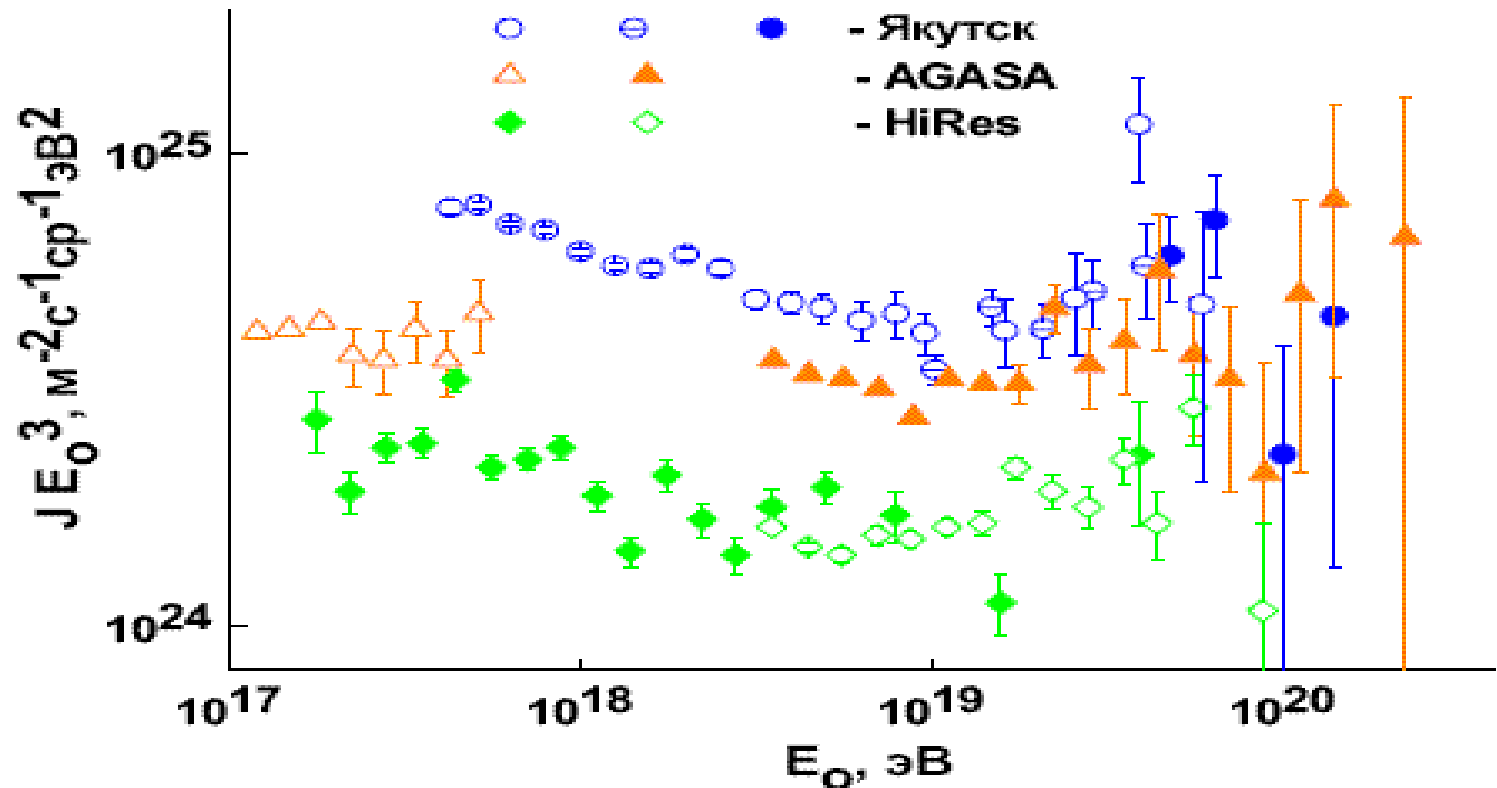


Рис. 1. Дифференциальный энергетический спектр по данным Якутской установки ШАЛ, AGASA [4] и HiRes [5].

МАССОВЫЙ СОСТАВ ПКИ В ОБЛАСТИ $5 \cdot 10^{17} \div 3 \cdot 10^{19}$ эВ ПО ДАННЫМ ЯКУТСКОЙ КОМПЛЕКСНОЙ УСТАНОВКИ ШАЛ

С.П. Кнуренко¹, А.А. Иванов¹, И.Е. Слепцов¹

(1) Институт космических исследований и астрономии им. Ю.Г. Шафера СО РАН

В работе представлены данные Якутской комплексной установки ШАЛ и их сравнение с расчетами в случае первичных ядер разных химических элементов. При интерпретации экспериментальных данных использовались расчеты по модели QGSJET.

гипотезу о том, что значительная доля ШАЛ предельных энергий образована протонами. Ниже энергии 10^{19} эВ доля их уменьшается. Из рис.26 видно, что основная масса точек (ливней с $E_0 \geq 10^{19}$ эВ) попадает в интервал для протона, 23 точки попадают в зону перекрытия протона и ядра железа и 19 ливней из 116 попадают в зону верхней границы расчета для первичного γ - кванта. Это говорит о том, что даже при учете флуктуаций, существует вероятность того, что ливни таких энергий могут быть генерированы нейтральными частицами и, в частности, первичным γ - квантом. Тогда оправдано, анализ направлений прихода ливней с $E_0 \geq 10^{19}$ эВ, использовать для поиска источников космических лучей предельных энергий. При этом точность определения углов прихода таких ливней должна быть не хуже $(0,5 \div 1,5)^\circ$.

*Поиск источников
Космического излучения*

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ПРИХОДА КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ С ЭНЕРГИЕЙ БОЛЕЕ $2 \cdot 10^{15}$ эВ ПО ДАННЫМ УСТАНОВКИ ШАЛ МГУ

Н.Н.Калмыков², Г.В.Куликов², Алексей.А.Силаев¹, А.А.Силаев², В.П.Сулаков²

(1) Физический факультет Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова

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

Существуют указания на наличие возможной кластеризации в направлениях прихода ШАЛ. Для исследования этой проблемы разработана программа анализа направлений прихода ШАЛ в галактических координатах и осуществлен анализ банка данных установки ШАЛ МГУ за период 1987- 1989 гг. Получены распределения в галактических координатах для космических лучей с энергией $E > 2 \cdot 10^{15}$ с углом прихода < 400 . Однородность полученных распределений проверена с использованием различных статистических критериев.

. Заключение

Проведенный анализ распределений направлений приходов ливней по для интервалов δ показал, что для частиц с энергией больше $2 \cdot 10^{15}$ эВ и больше $3 \cdot 10^{16}$ эВ эти распределения можно считать равномерными. Таким образом, рассмотренные данные установки ШАЛ МГУ не дают оснований для заключения о наличии кластеризации в направлении прихода ШАЛ.

Авторы признательны М.Ю. Зотову и Е.Б. Постникову за полезные обсуждения.

ПОИСК ИСТОЧНИКОВ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В РАЙОНЕ ИЗЛОМА

М.Ю. Зотов, Г.В. Куликов

*Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова*

Представлены некоторые результаты анализа направлений прихода широких атмосферных ливней, зарегистрированных в течение 203 дней круглосуточной работы установки Прототип ШАЛ–1000 в период с конца августа 1997 по февраль 2001 гг. Для данного исследования разработан оригинальный алгоритм, обеспечивающий равномерность представления данных по звездному времени. В зоне наблюдения выявлен ряд областей, поток космических лучей из которых превосходит средние значения более, чем на 3σ .

В результате реализации описанной выше процедуры сглаживания и усреднения исходных экспериментальных данных был получен набор, состоящий из 1134325 ШАЛ, в котором на настоящий момент удалось выделить 37 областей с повышенным потоком (ОПП) ШАЛ. Сопоставление границ этих областей с координатами галактических остатков взрывов сверхновых (ОВСН) и пульсаров показало следующее.

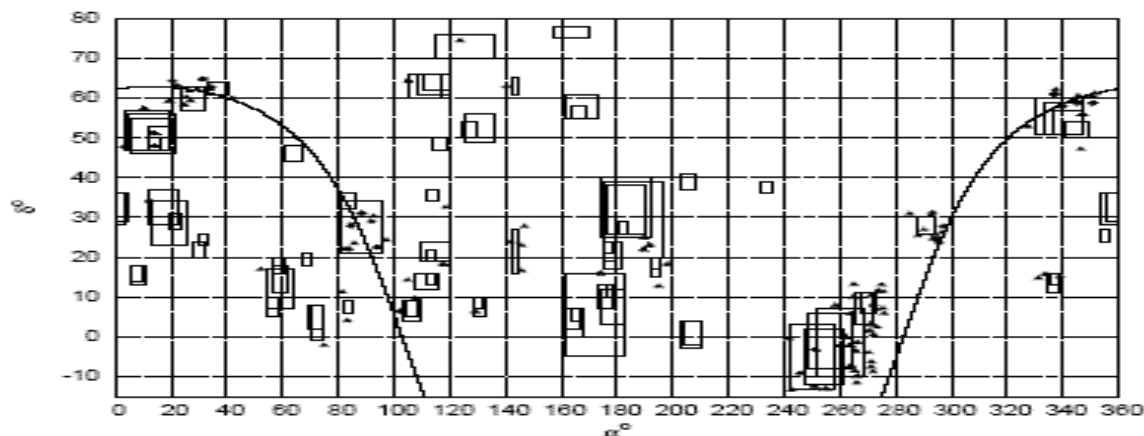


Рис. 1. ОПП ШАЛ (прямоугольники), а также координаты галактических ОВСН (●) и пульсаров (▲), лежащих внутри или на угловом расстоянии не более 3° от границ ближайшей ОПП. Дугами кривых показана плоскость Галактики.

В области со склонением $\delta > -16^\circ$ известно по крайней мере 97 галактических ОВСН [5] и 527 пульсаров [6]. Оказалось, что координаты 7 ОВСН и 45 пульсаров попали внутрь найденных нами ОПП ШАЛ. Еще 10 ОВСН и 56 пульсаров лежат

на угловом расстоянии $\leq 3^\circ$ от границ ближайшей ОПП, см. Рис. 1. Интересно, что в число отобранных таким образом ОВСН попали такие часто обсуждаемые в литературе кандидаты на роль источников КЛ в рассматриваемой области энергий как Кассиодея А, G65.3+5.7, S147 и Крабовидная туманность, а также пульсар B0656+14, находящийся вблизи центра ОВСН Monogem Ring. В рамках упоминавшейся выше модели Ерлыкина и Вольфендейла последние два объекта рассматриваются в качестве одного из наиболее подходящих кандидатов на роль источника излома в спектре КЛ при $E \approx 3 \cdot 10^{15}$ эВ [7, 8].

В связи с пульсаром B0656+14 отметим также следующее. В недавней статье [9] сообщается об обнаружении в данных, полученных на установке МАКЕТ-АНИ для $N_e > 10^5$, повышенного потока ШАЛ в области $\alpha = 111 \dots 114^\circ$, $\delta = 12.5 \dots 15.5^\circ$, западная граница которой примерно на 5° сдвинута относительно пульсара B0656+14 ($\alpha = 104.95^\circ$, $\delta = 14.24^\circ$, J2000). Среди ОПП, показанных на Рис. 1, имеется ячейка размером $3^\circ \times 3^\circ$ с границами $\alpha = 112 \dots 115^\circ$, $\delta = 13 \dots 16^\circ$. Налицо почти точное совпадение координат областей с повышенным потоком ШАЛ, найденных различными методами по данным различных установок.

УДК 537.591.15

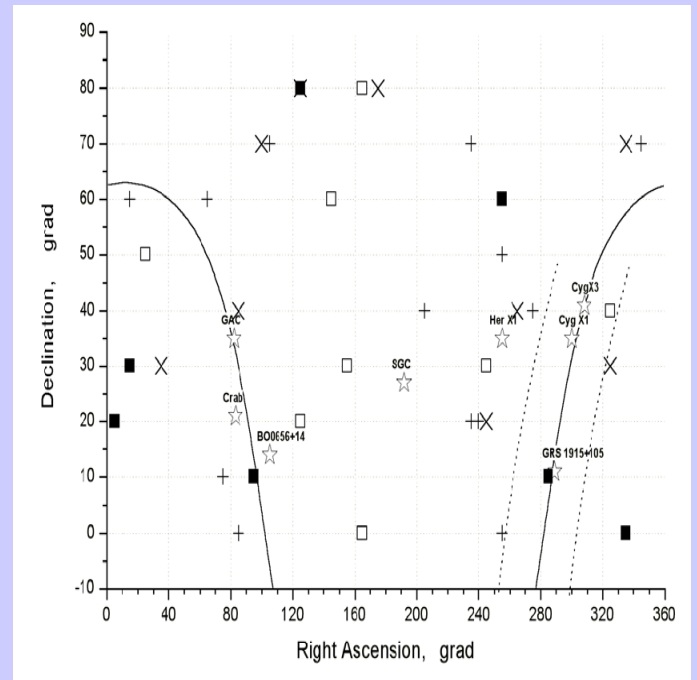
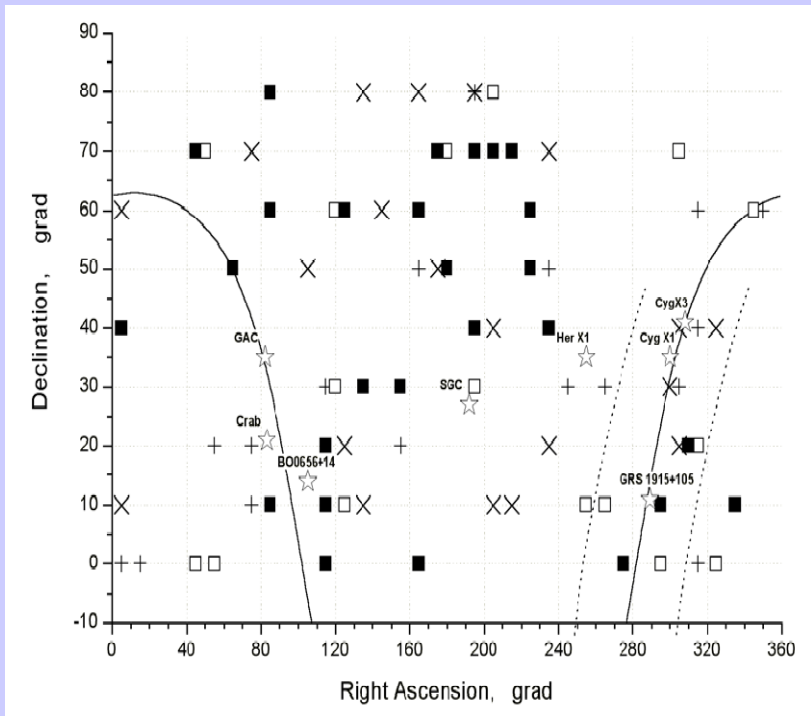
ПОИСК ИСТОЧНИКОВ ПЕРВИЧНОГО КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ЭНЕРГИЯХ СВЫШЕ 1014 ЭВ

Д. Бенко¹, А. Варга¹, С.И. Никольский², Н.М. Нестерова², В.А. Ромахин², А.П. Чубенко², А. Шомоди¹, А.Л. Щепетов², Г. Эрдеш².

(1) Центральный институт физических исследований (KFKI) Венгерской Академии Наук

(2) Физический институт им. П.Н. Лебедева (ФИАН) Российской Академии наук

Однако, обнаружен, протяженный (250 в диаметре) галактический объект-остаток сверхновой звезды, наблюдавшийся в мягком гамма-излучении, который может являться источником ПКИ при высоких энергиях [7]. Близко к его центру находится молодой радиопульсар PSR B0656+14, возможно, образовавшийся при взрыве той же сверхновой. В этой области нами зарегистрирован избыток ШАЛ, превышающий двойную ошибку в нескольких интервалах ШАЛ по Ne. В соседней ячейке по RA=(120- 130)° избыток превышает тройную ошибку. Область с наибольшим числом ячеек, где наблюдается эффект, смещена на ≤ 100 в сторону больших RA. Недавно получено сообщение о наблюдении избытка ШАЛ в этом направлении сотрудниками Ереванского физического института.



КЛАСТЕРЫ В КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧАХ СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

А.А. Михайлов, Н.Н. Ефремов, Г.В. Николаева

*Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю. Г. Шафера,
677891 пр. Ленина 31, Якутск, Россия.*

Таблица. Кластеры по данным установки Якутск - Y1, Y2, AGASA – A1, ..., A6.
 δ - склонение, α – прямое восхождение.

Обозначение кластеров	Дата прихода ливня	Энергия, 10^{19} эВ	δ	α
Y1	1978.10.06	4.2	24.9°	47.9°
	1980.05.16	4.3	29.2°	46.9°
Y2	1992.05.02	6.7	60.7°	131.2°
	2001.10.31	4.0	59.6°	128.0°
A1	1993.12.03	21.3	21.1°	18.75°
	1995.10.29	5.07	20.0°	18.5°
A2	1992.08.01	5.50	57.1°	172.25°
	1995.01.26	7.76	57.6°	168.5°
	1998.04.04	5.35	56.0°	168.25°
A3	1991.04.20	4.35	47.8°	284.75°
	1994.07.06	13.4	48.3°	281.25°
A4	1986.01.05	5.47	30.1°	69.5°
	1995.11.15	4.89	29.9°	70.25°
A5	1996.01.11	14.4	23.0°	241.5°
	1997.04.10	3.89	23.7°	239.5°
A6	1996.12.24	4.97	37.7°	214.25°
	2000.05.26	4.98	37.1°	212.0°

МНОГОПОЛЯРНАЯ АНИЗОТРОПИЯ НАПРАВЛЕНИЙ ПРИХОДА КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ С ЭНЕРГИЯМИ $E_0 \geq 8 \times 10^{18}$ ЭВ

А.В. Глушков

Институт космофизических исследований и астрономии Якутского научного центра СО РАН им. Ю.Г. Шафера, Россия

Приведены результаты анализа направлений прихода широких атмосферных ливней (ШАЛ) с энергиями $E_0 \geq 8 \times 10^{18}$ эВ, зарегистрированных на Якутской установке за период 1974-2003 гг и на австралийской установке SUGAR. Показано, что из разных областей неба идут повышенные потоки частиц на уровне статистической значимости $(3-4)\sigma$. Некоторые из обширных таких областей расположены вдоль плоскости Сверхгалактики (Местного сверхскопления галактик). Эти области интерпретируются как проявление локальных источников внегалактического происхождения.

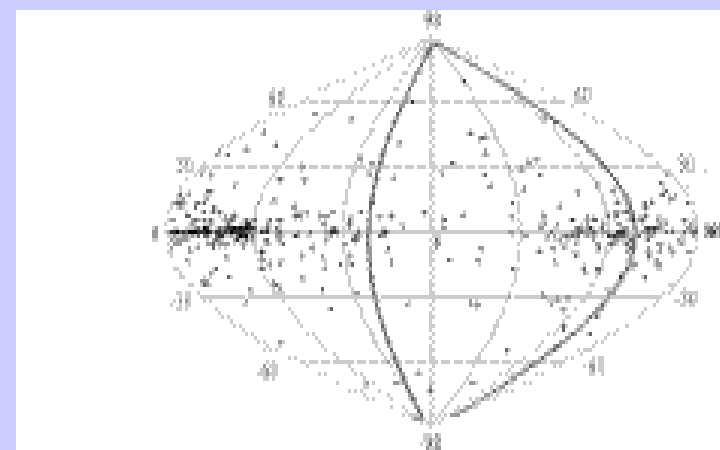
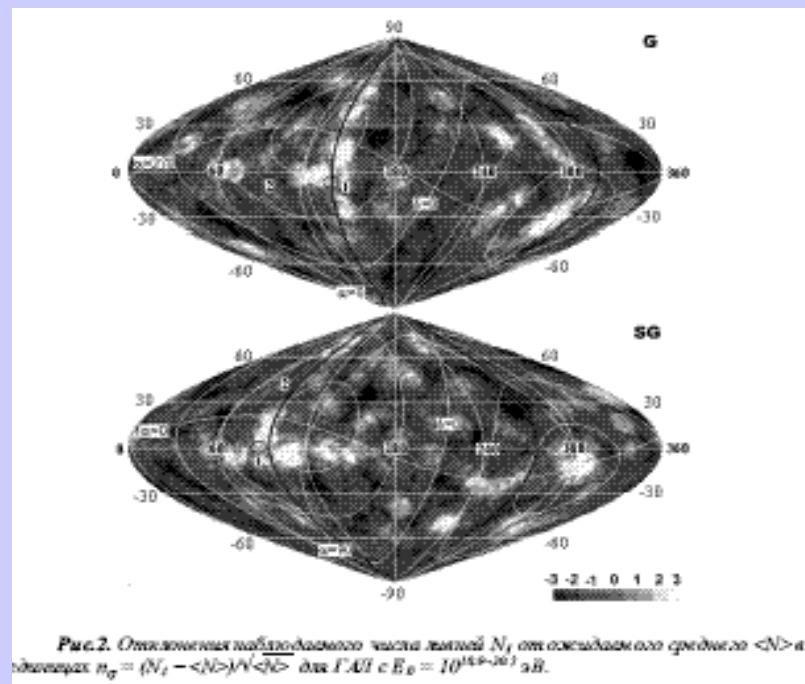


Рис.2. Распределение на поверхности небесной сферы 450 пульсаров [18] в галактических координатах; тонкая линия – плоскость Сверхгалактики.

4. Заключение.

Ранее мы отмечали [10,11], что в прилегающих к плоскости Сверхгалактики областях наблюдаются относительно высокие концентрации скопления галактик и квазаров, которые имеют определенное отношение к крупномасштабной структуре Вселенной. В [19] показано, что источниками ГАИ, могут быть квазары с красными смещениями $z \leq 0,3$. Все это не исключает возможности того, что не только Сверхгалактика, но и более удаленные крупномасштабные образования Вселенной могут быть источниками ПКМ предельно высоких энергий. Если это так, тогда наличие многих высокоэнергетического излучения на рис. 1 можно объяснить этим обстоятельством.

Что касается Галактики, то ее роль в происхождении космических лучей с энергиями $E_0 \geq 5 \times 10^{18}$ эВ, вероятно, очень мала. Во всяком случае, основным источником ГАИ, по нашему мнению, не могут являться пульсары. Вряд ли сверхтяжелые частицы таких энергий могут быть ядра железа, как это утверждается в [6,7]. Иначе из-за движения в магнитных полях Галактики они утратили бы связь по направлению движения с источниками своего образования и не смогли бы «высвечивать» структуру, представленную на рис. 1.

B



C



Ě

