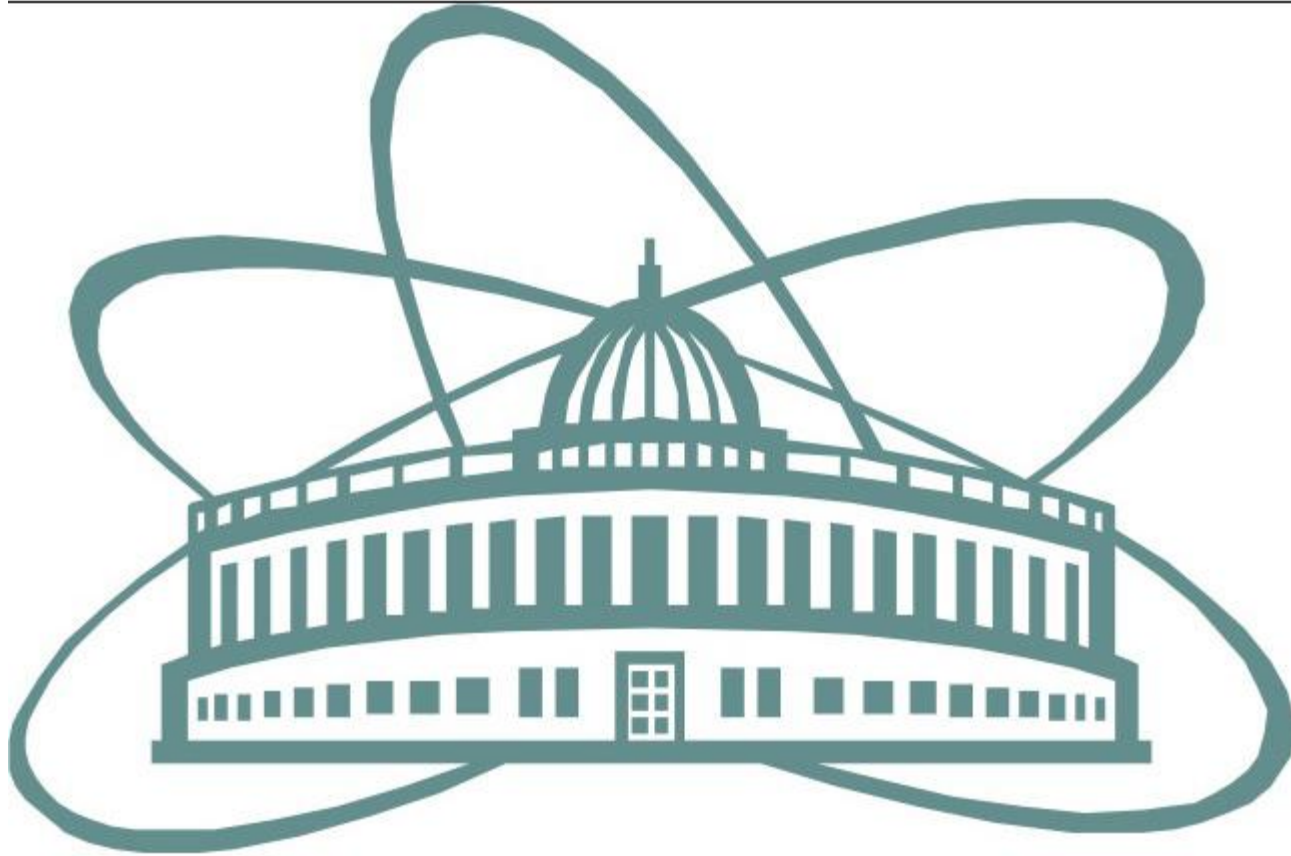
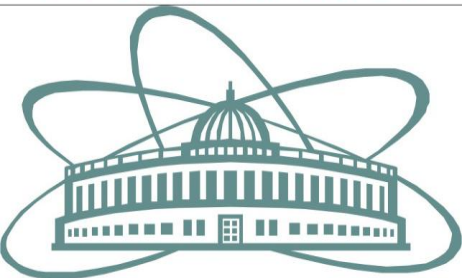


33 RCRC 2014



ОИЯИ ДУБНА

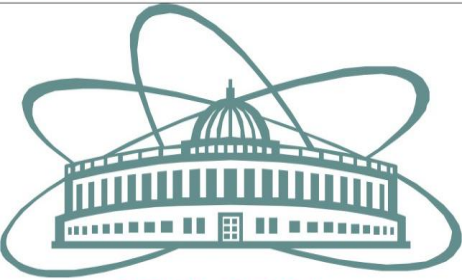


ОИЯИ ДУБНА

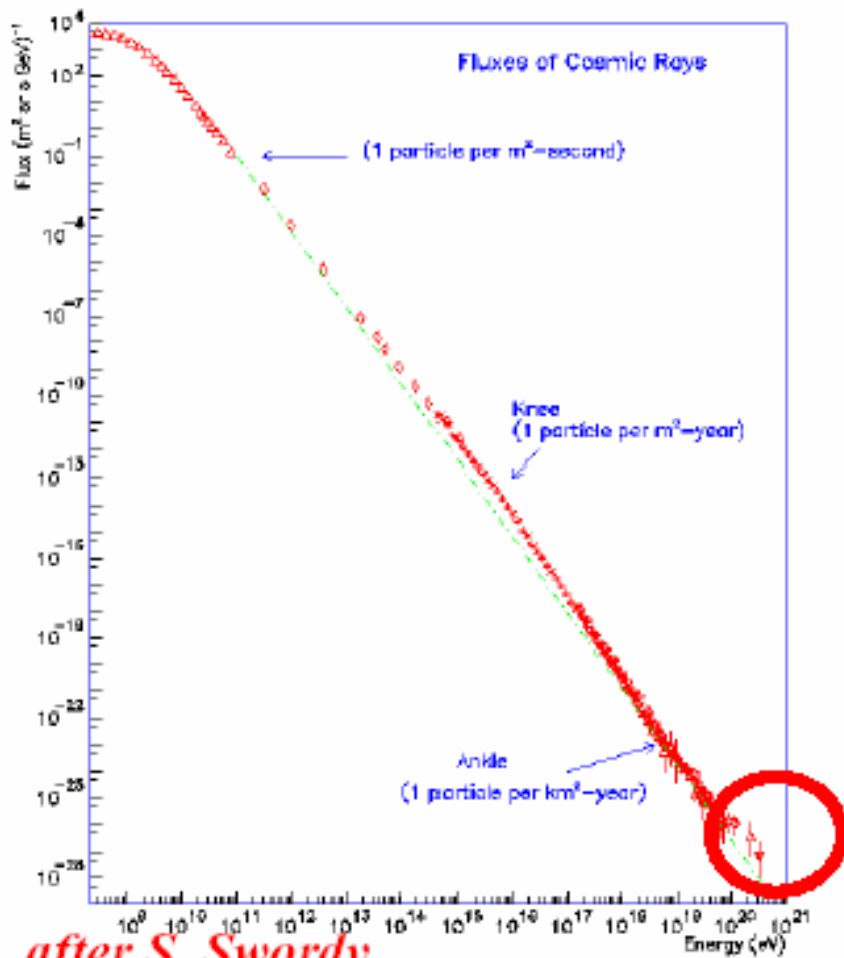
**Экспериментальные указания на аномальный
характер вклада в КЛ от близкого одиночного
источника.**

С.Б.Шаулов, С.П.Бесшапов

Физический институт им.П.Н.Лебедева

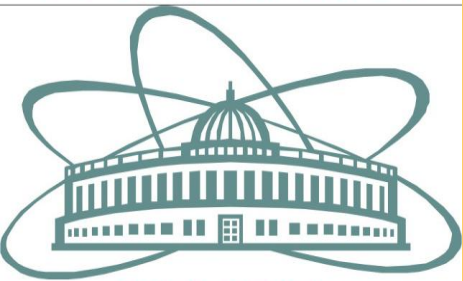


ОИЯИ ДУБНА

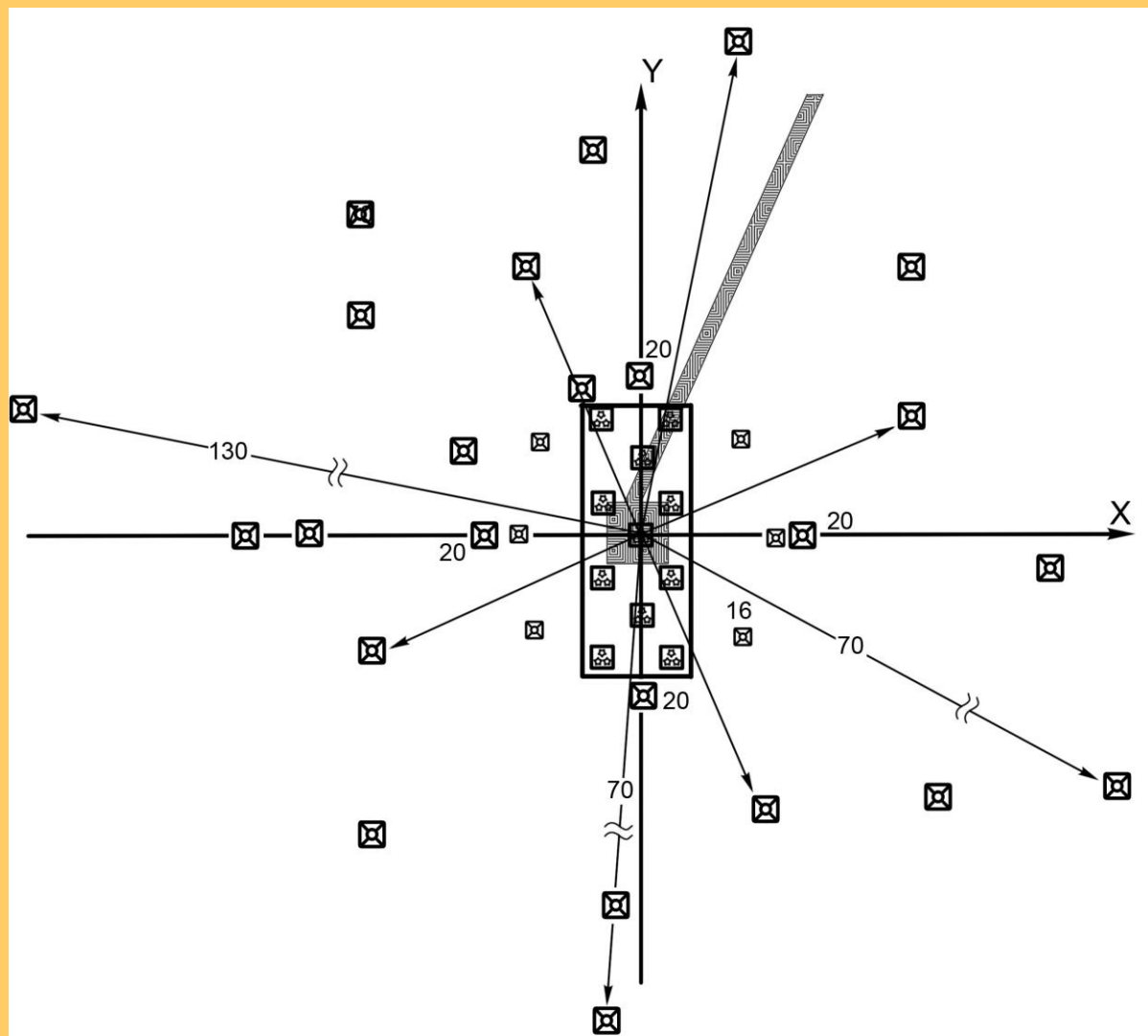


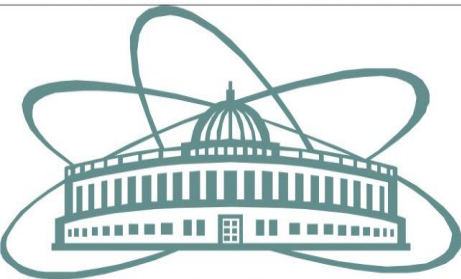
"...нет ничего более обманчивого, чем ясная и отчетливая идея."

Луи де Бройль



Ливневая часть установки АДРОН. Заштрихован подземный мюонный детектор ($E_{\mu} > 5$ ГэВ).

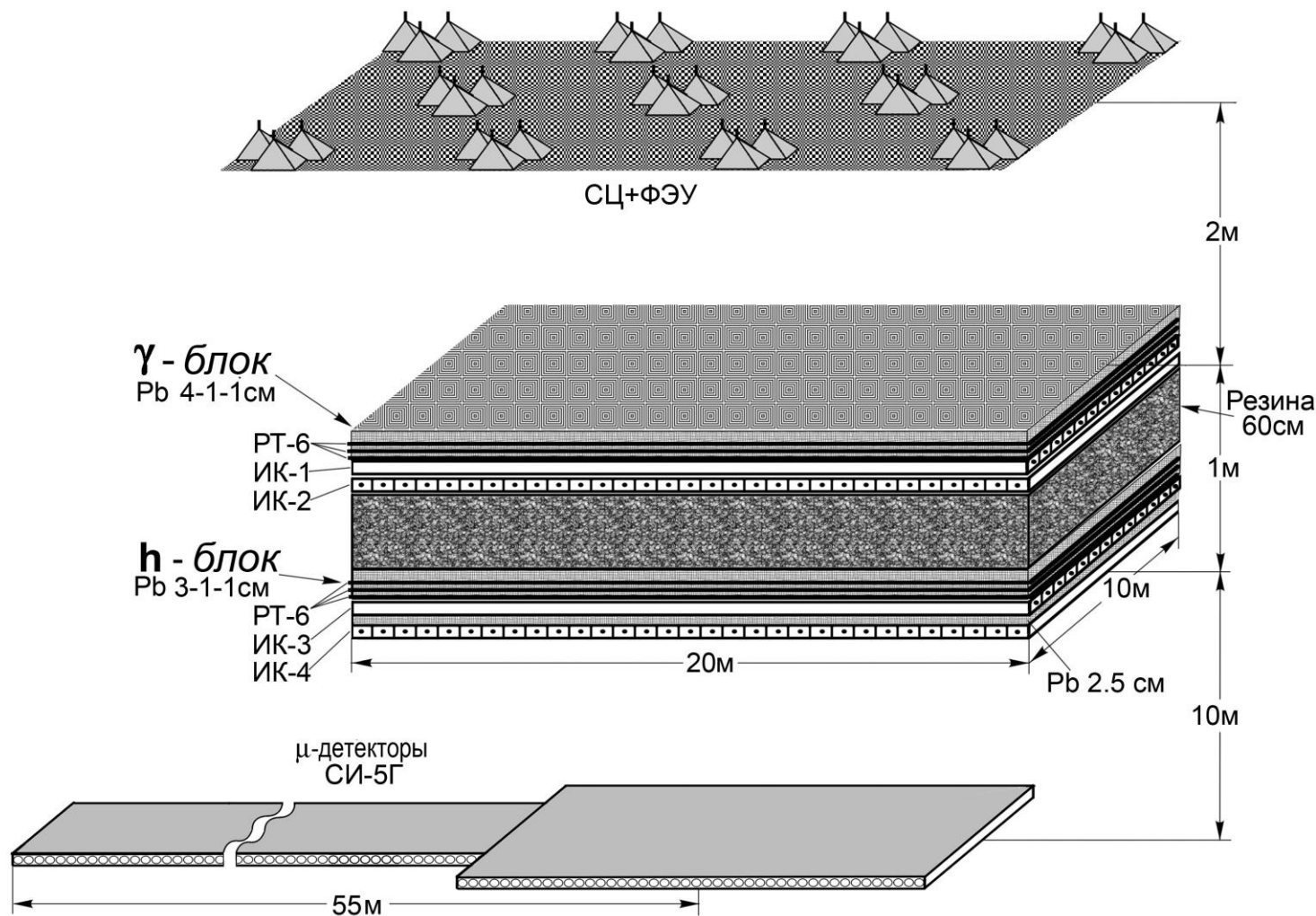


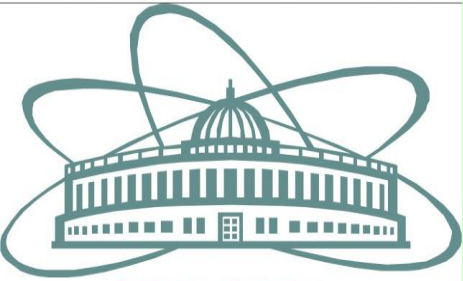


ОИЯИ ДУБНА

Установка АДРОН

Тянь-Шань

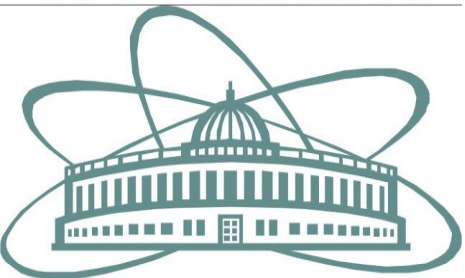
Центральная часть – 200 м²



ОИЯИ ДУБНА

Установка обладала рядом особенностей:

- малый интервал между детекторами (7 м);
- высокая точность определения оси ШАЛ (0.2 м);
- относительно большой динамический диапазон электроники ($>10^4$).



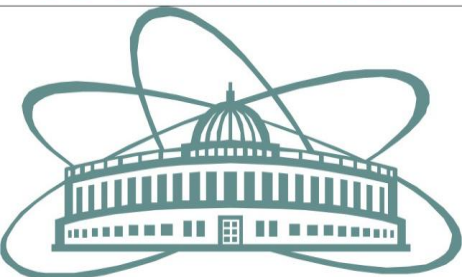
ОИЯИ ДУБНА

Параметр возраста s и мощность ливня N_e определялись аппроксимацией экспериментальных плотностей функциями Нишимуры-Каматы-Грейзена (НКГ)

$$f_{\text{НКГ}} = C(s) (r/r_M)^{s-2.0} (1-r/r_M)^{s-4.5}$$

Использовалось четыре метода аппроксимации:

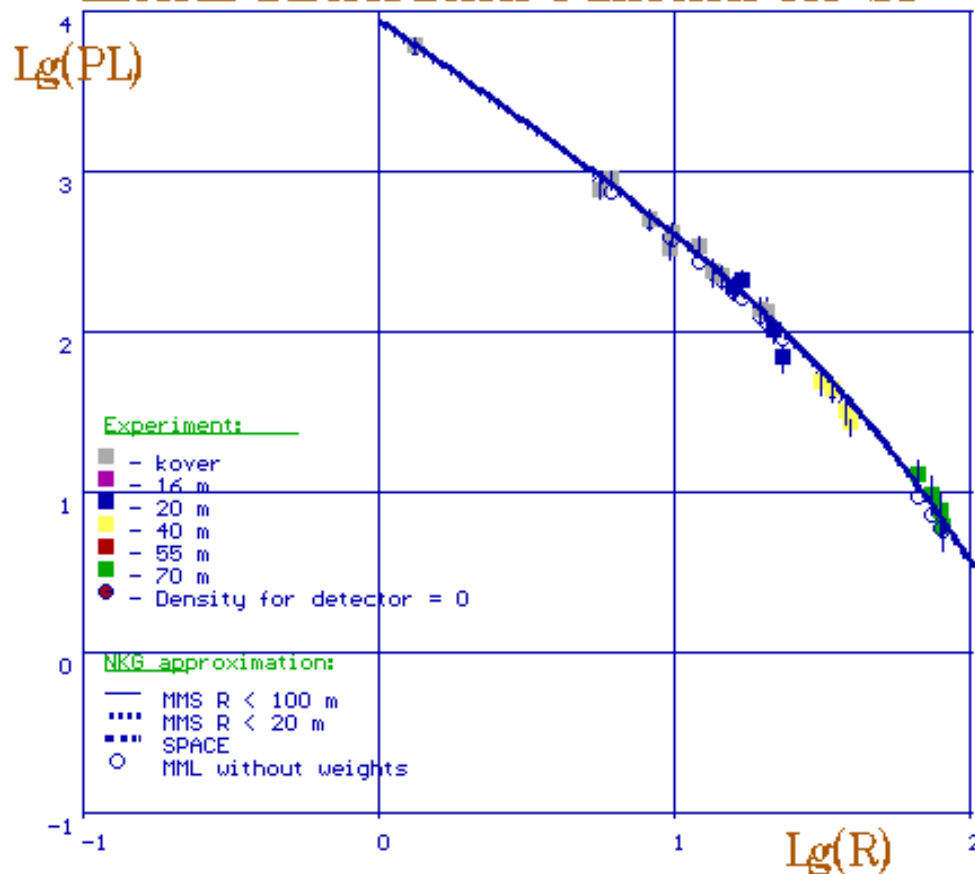
- Spase (эксперимент ШАЛ)
- МНК ($r < 100$ м)
- МНК ($r < 20$ м)
- ММП



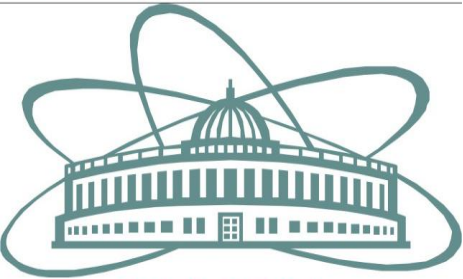
ОИЯИ ДУБНА

SPACE:	Ne_sc=	1336344	Ssc=	0.77	ig=3998	N_s=	69	N_k=	546
MMS R < 100 m:	Ne=	1261195	S=	0.76	hi2=	0.0003			
MMS R < 20 m:	Ne=	1296449	S=	0.78	hi_s=	0.0000			
MML:	Ne_mp=	1244884	Smp=	0.75					

Lateral Distribution Function for SC



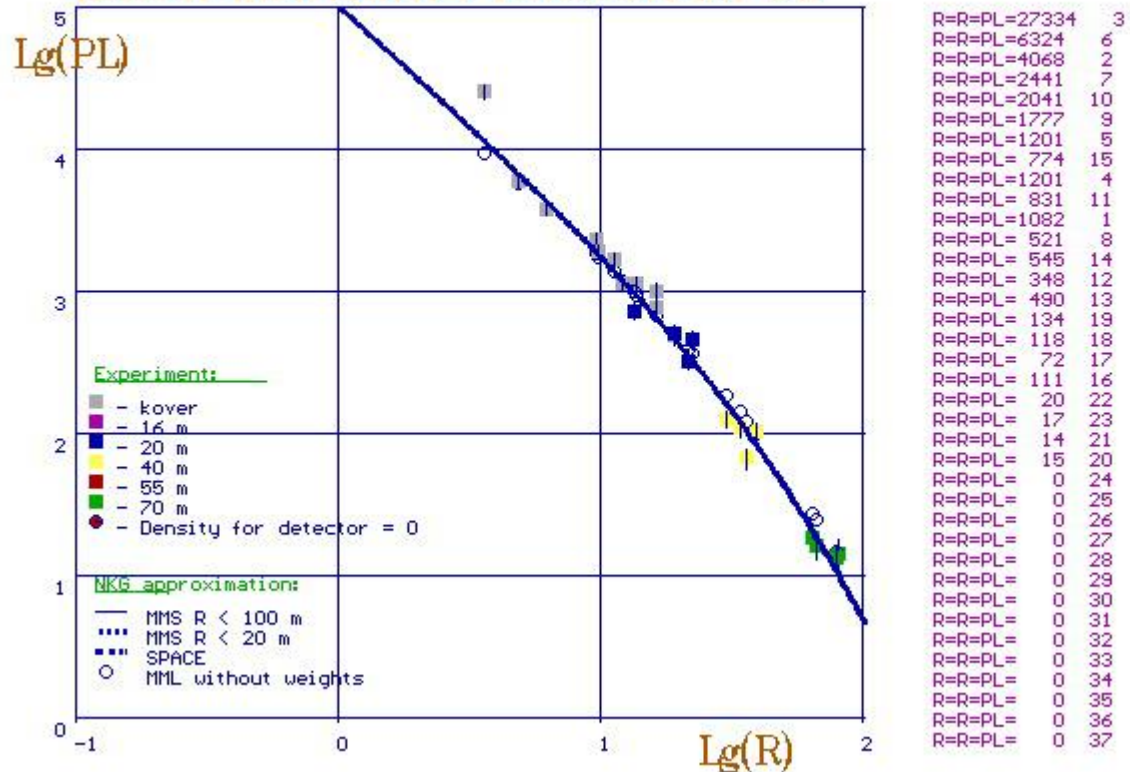
R=R=PL=	6589	10
R=R=PL=	833	6
R=R=PL=	955	7
R=R=PL=	540	3
R=R=PL=	352	9
R=R=PL=	446	11
R=R=PL=	363	2
R=R=PL=	256	4
R=R=PL=	238	5
R=R=PL=	202	14
R=R=PL=	223	13
R=R=PL=	149	8
R=R=PL=	144	1
R=R=PL=	111	15
R=R=PL=	74	12
R=R=PL=	52	17
R=R=PL=	47	18
R=R=PL=	34	19
R=R=PL=	30	16
R=R=PL=	14	23
R=R=PL=	10	22
R=R=PL=	8	21
R=R=PL=	7	20
R=R=PL=	0	24
R=R=PL=	0	25
R=R=PL=	0	26
R=R=PL=	0	27
R=R=PL=	0	28
R=R=PL=	0	29
R=R=PL=	0	30
R=R=PL=	0	31
R=R=PL=	0	32
R=R=PL=	0	33
R=R=PL=	0	34
R=R=PL=	0	35
R=R=PL=	0	36
R=R=PL=	0	37

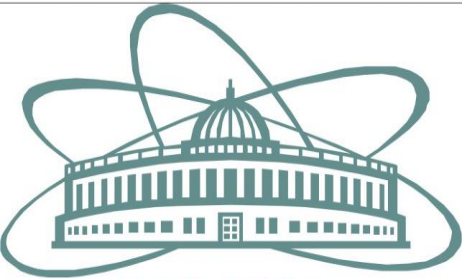


ОИЯИ ДУБНА

SPACE: Ne_sc= 8668961 Ssc= 0.35 ig=60021 N_s= 278 N_k= 641
 MMS R < 100 m: Ne= 5238688 S= 0.36 hi2= 0.0363
 MMS R < 20 m: Ne= 5231220 S= 0.36 hi_s= 0.0000
 MML: Ne_mp= 5168505 Smp= 0.51

Lateral Distribution Function for SC

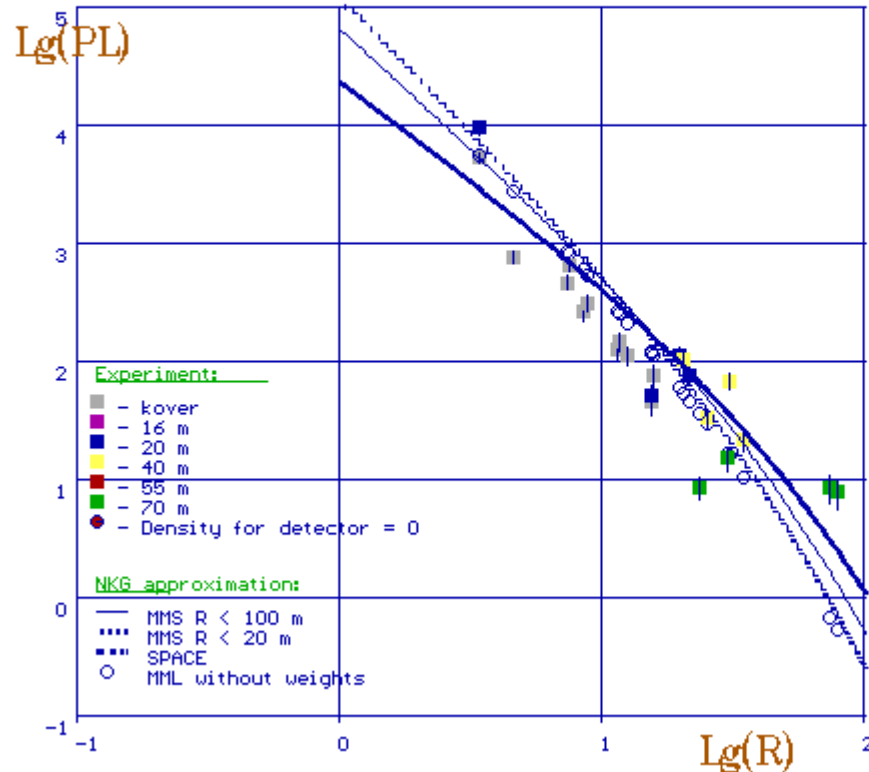




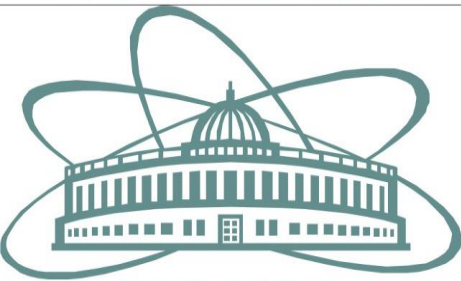
ОИЯИ ДУБНА

SPACE: Ne_sc= 8147576 Ssc= 0.35 ig=12364 N_s= 98 N_k= 840
 MMS R < 100 m: Ne= 2298784 S= 0.00 hi2= 0.0165
 MMS R < 20 m: Ne= 3203743 S=-0.25 hi_s= 0.0000
 MML: Ne_mp= 3237453 Smp=-0.25

Lateral Distribution Function for SC

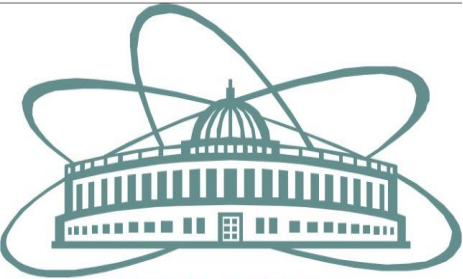


R=R=PL=5962	1
R=R=PL=10665	12
R=R=PL= 859	5
R=R=PL= 525	2
R=R=PL= 743	8
R=R=PL= 296	6
R=R=PL= 351	9
R=R=PL= 141	3
R=R=PL= 164	10
R=R=PL= 126	7
R=R=PL= 52	11
R=R=PL= 59	14
R=R=PL= 85	4
R=R=PL= 128	15
R=R=PL= 117	16
R=R=PL= 86	13
R=R=PL= 10	23
R=R=PL= 38	18
R=R=PL= 17	20
R=R=PL= 76	19
R=R=PL= 24	17
R=R=PL= 10	22
R=R=PL= 9	21
R=R=PL= 0	24
R=R=PL= 0	25
R=R=PL= 0	26
R=R=PL= 0	27
R=R=PL= 0	28
R=R=PL= 0	29
R=R=PL= 0	30
R=R=PL= 0	31
R=R=PL= 0	32
R=R=PL= 0	33
R=R=PL= 0	34
R=R=PL= 0	35
R=R=PL= 0	36
R=R=PL= 0	37

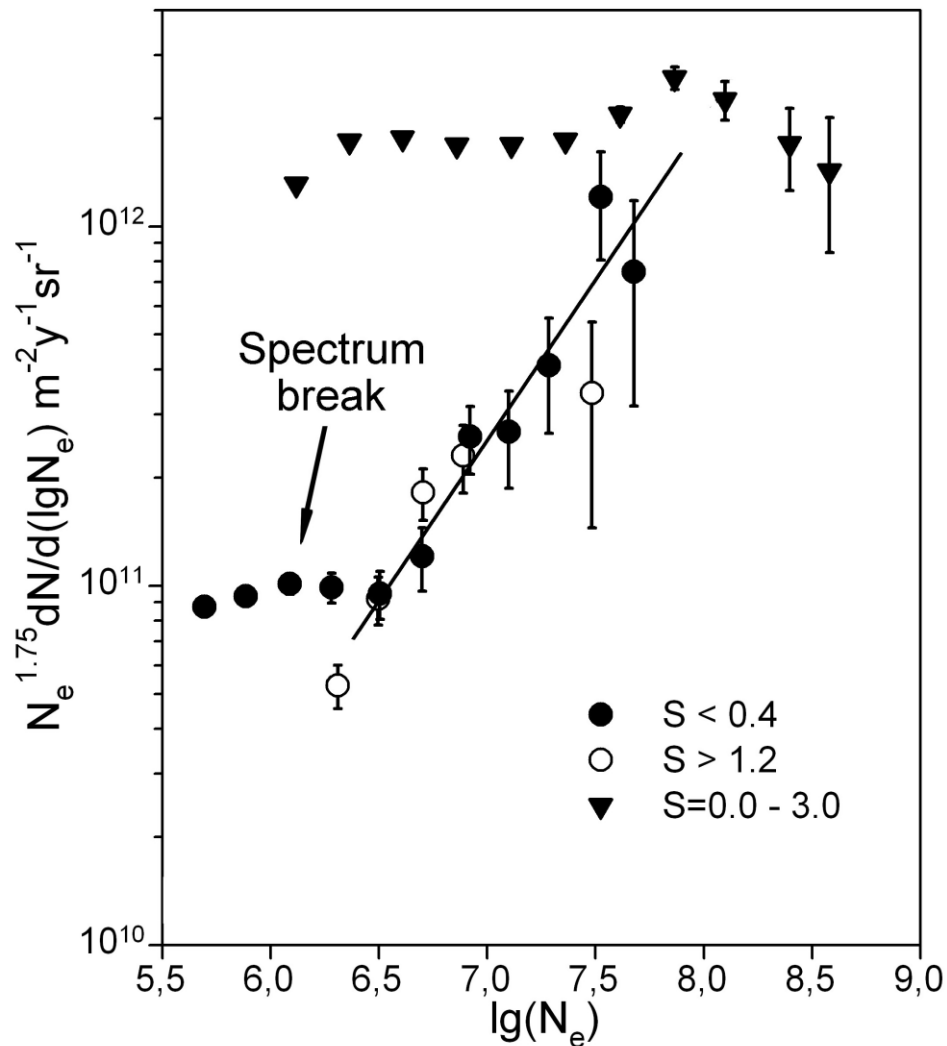


ОИЯИ ДУБНА

- ФПР “молодых” ливней ($s < 0.4$) не описываются единой НКГ-функцией.
- Отличие ФПР от НКГ-функций заключается в резком росте плотности частиц вблизи оси ливня на расстояниях $< 3-4$ метров.
- В модельных расчетах ядерных каскадов такие ливни отсутствуют.



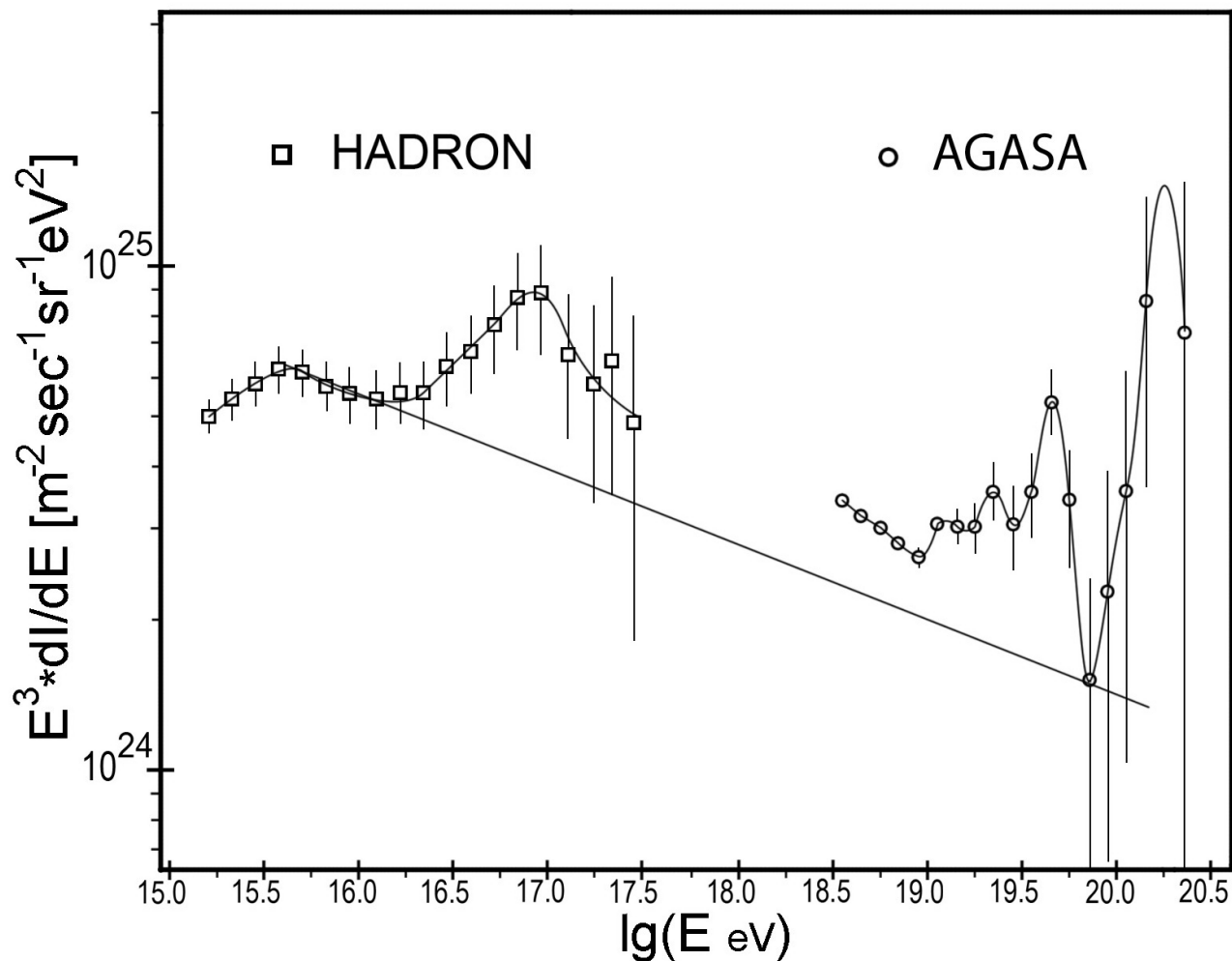
Аномальный характер бампа при энергии 10^{17} эВ связан с наличием большой доли ($\sim 40\%$) “молодых” ливней с $s < 0.4$.

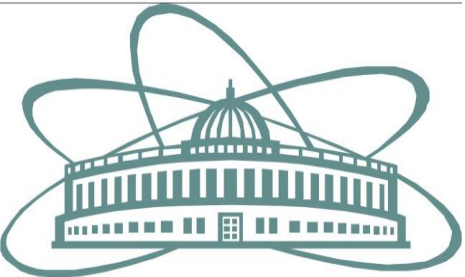




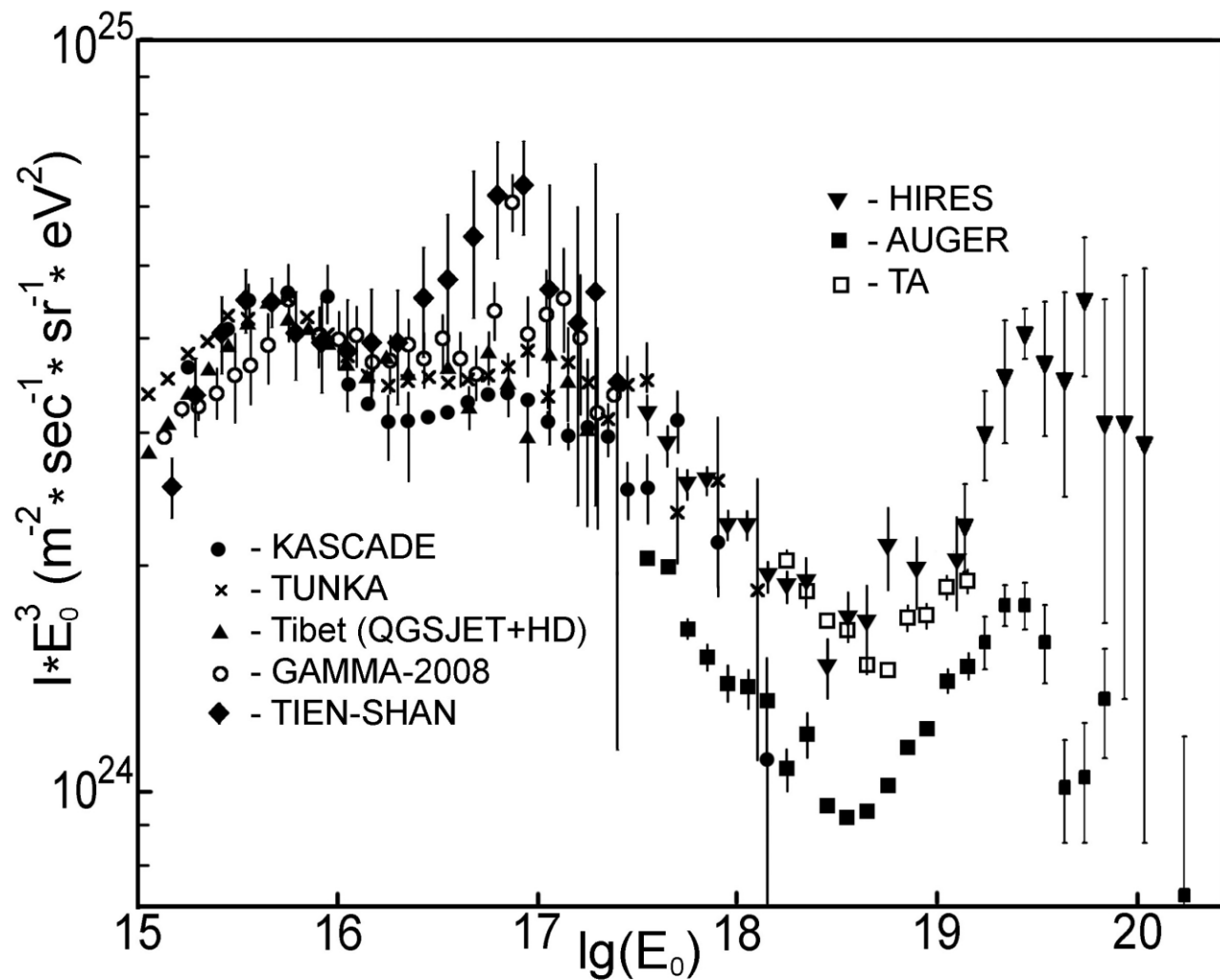
Энергетический спектр КЛ по данным экспериментов АДРОН и AGASA.

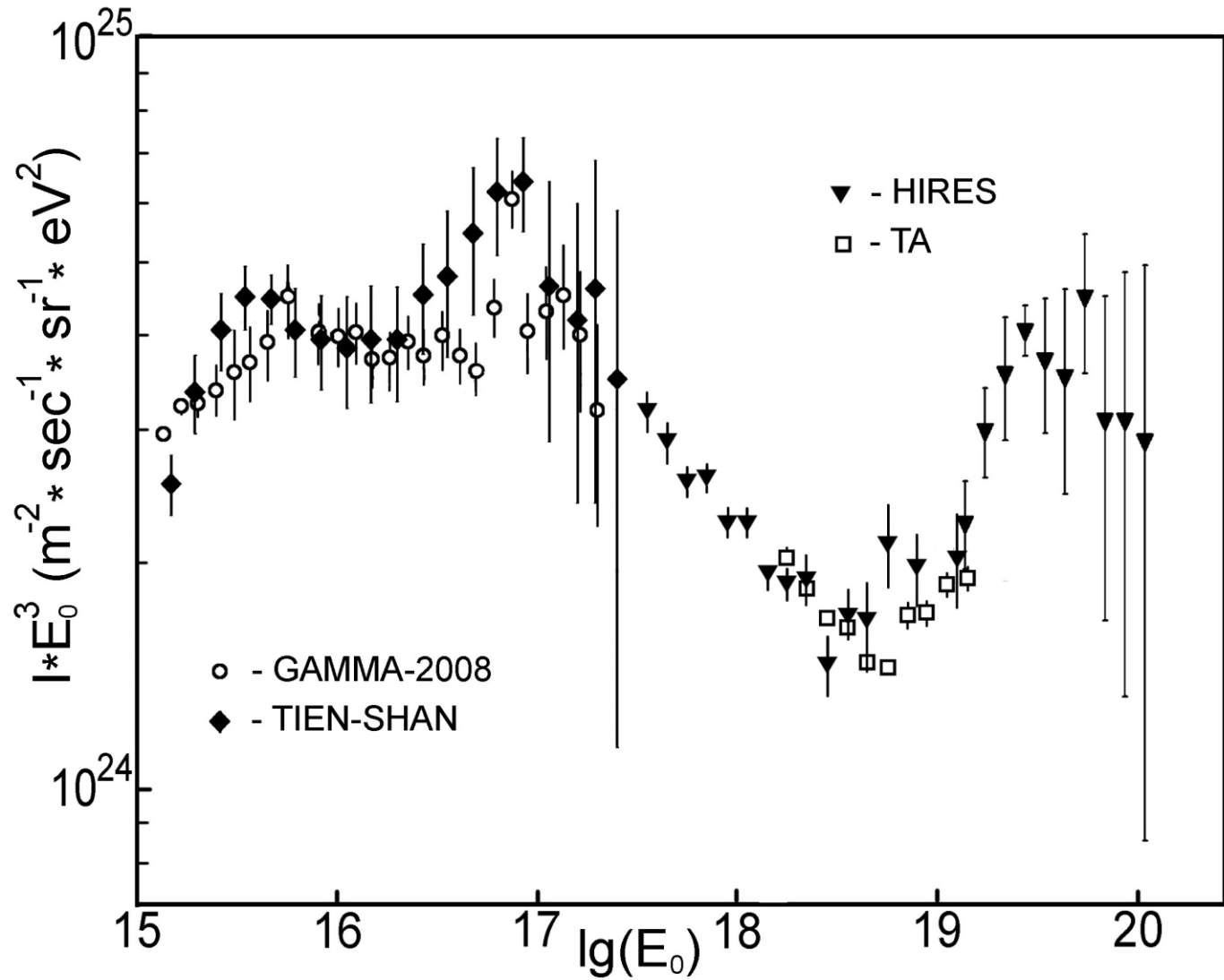
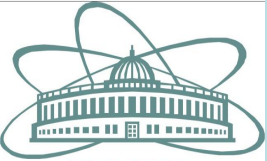
(2001, Гамбург)





ОИЯИ ДУБНА





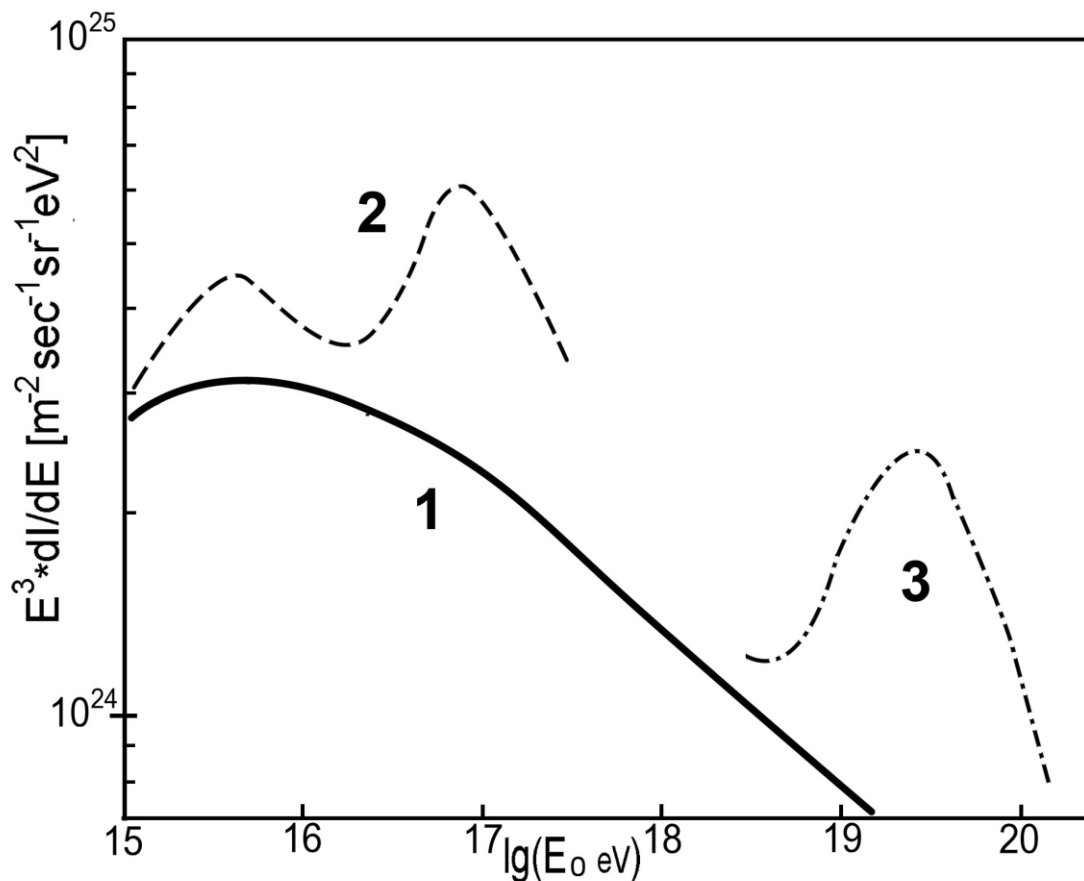


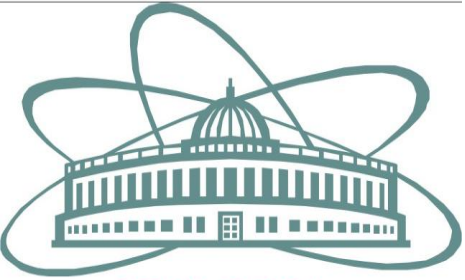
Двух-(трех-?)компонентная модель спектра.

1- ядерный спектр Галактики.

2- вклад близкого источника

3- несколько моделей происхождения.

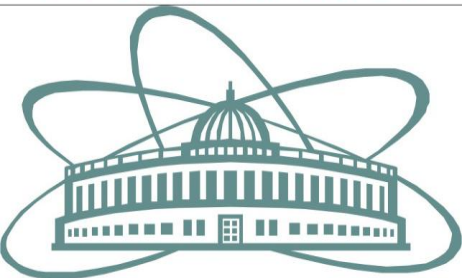




ОИЯИ ДУБНА

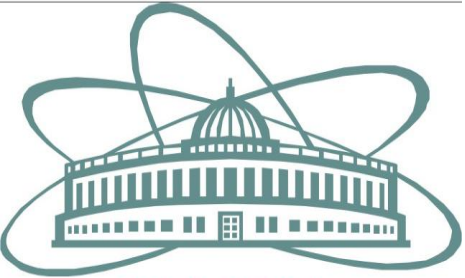
Откуда источник?

- Ерлыкин & Волфиндейл – Из расчета интенсивности вклада близкого источника следует, что расстояние до него должно составлять около 200-300 пск (10^5 лет).
- Павлюченко & Коллаборация ГАММА – Оригинальным методом получено направление на источник - Парус (Vela).



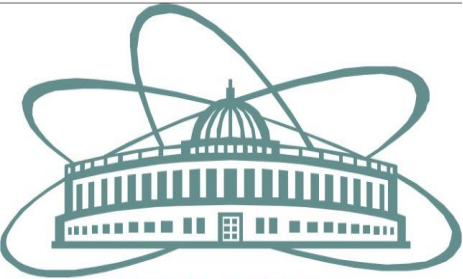
ОИЯИ ДУБНА

**Что излучается и что за
источник?**



ОИЯИ ДУБНА

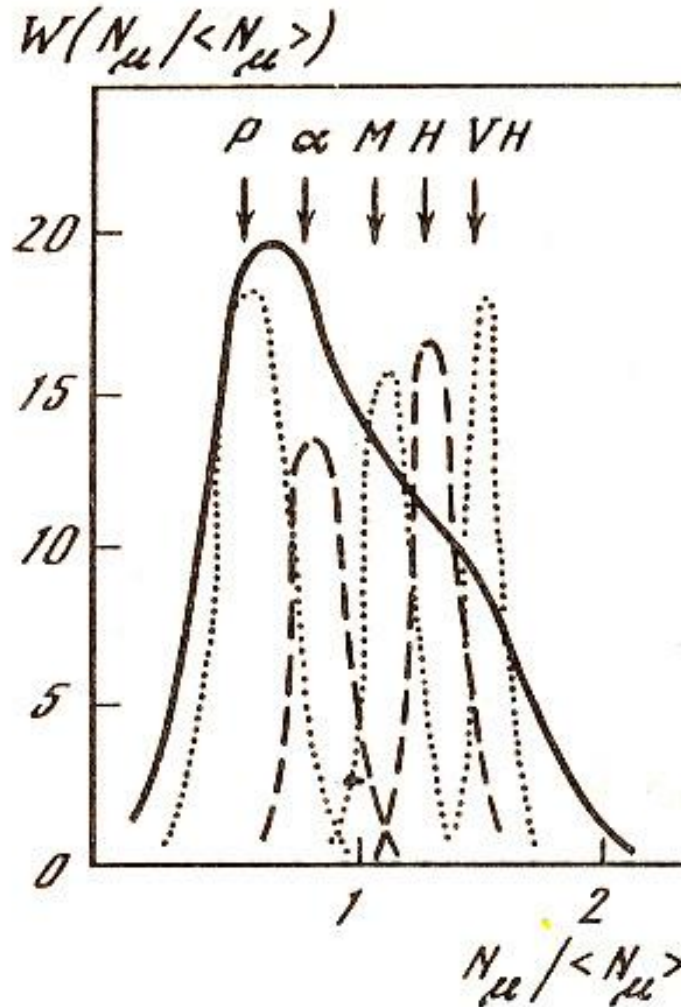
- В эксперименте АДРОН создавался обычный банк событий с информацией о ШАЛ: s , Ne , $N\mu$.
- Кроме того, из этой статистики извлекались события с γ -квантами ТэВных энергий (π^0) – условно ШАЛ, образованные **протонами**.



ОИЯИ ДУБНА

Относительное число мюонов в ШАЛ,
образованных разными ядрами.

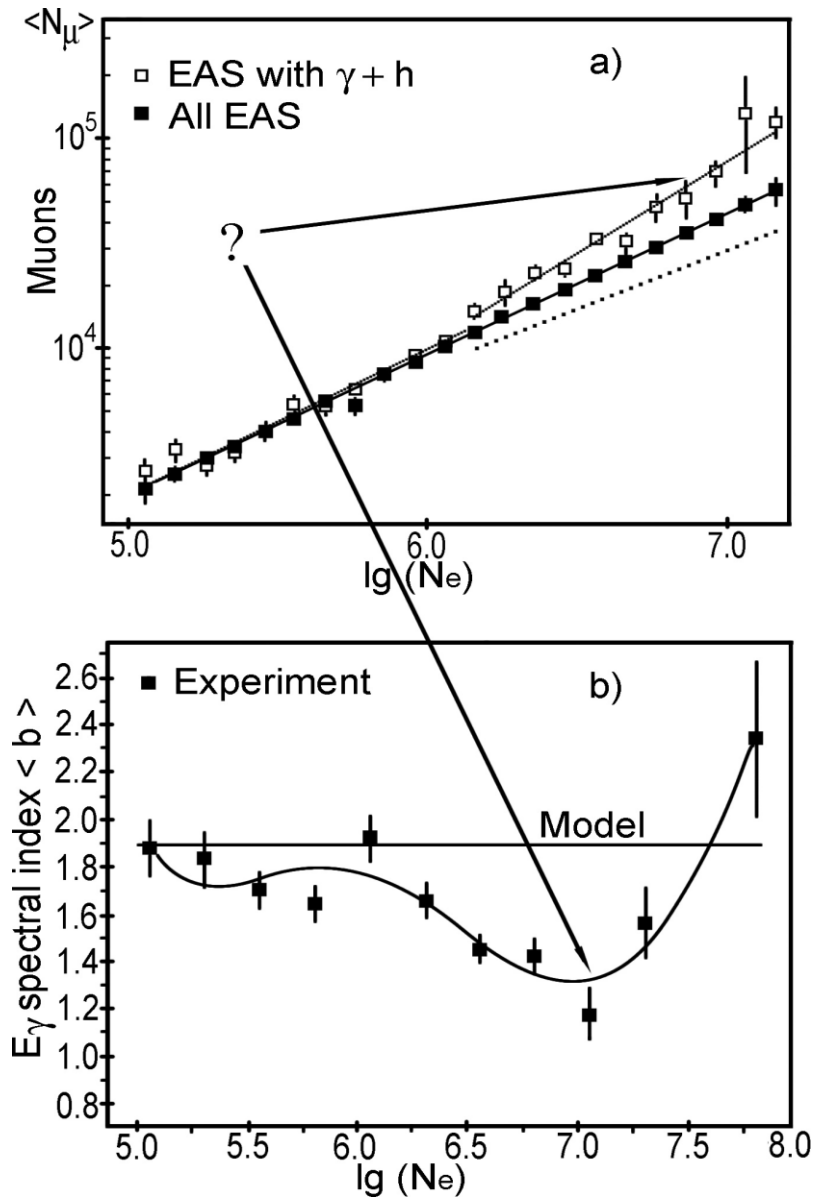
Никольский,
Проблемы физики КЛ.



Ne зависимость

a) $\langle N_\mu \rangle$ от для всех ШАЛ и ШАЛ+ γ

b) наклона b для спектров E_γ в РЭК (E^{-b_γ})

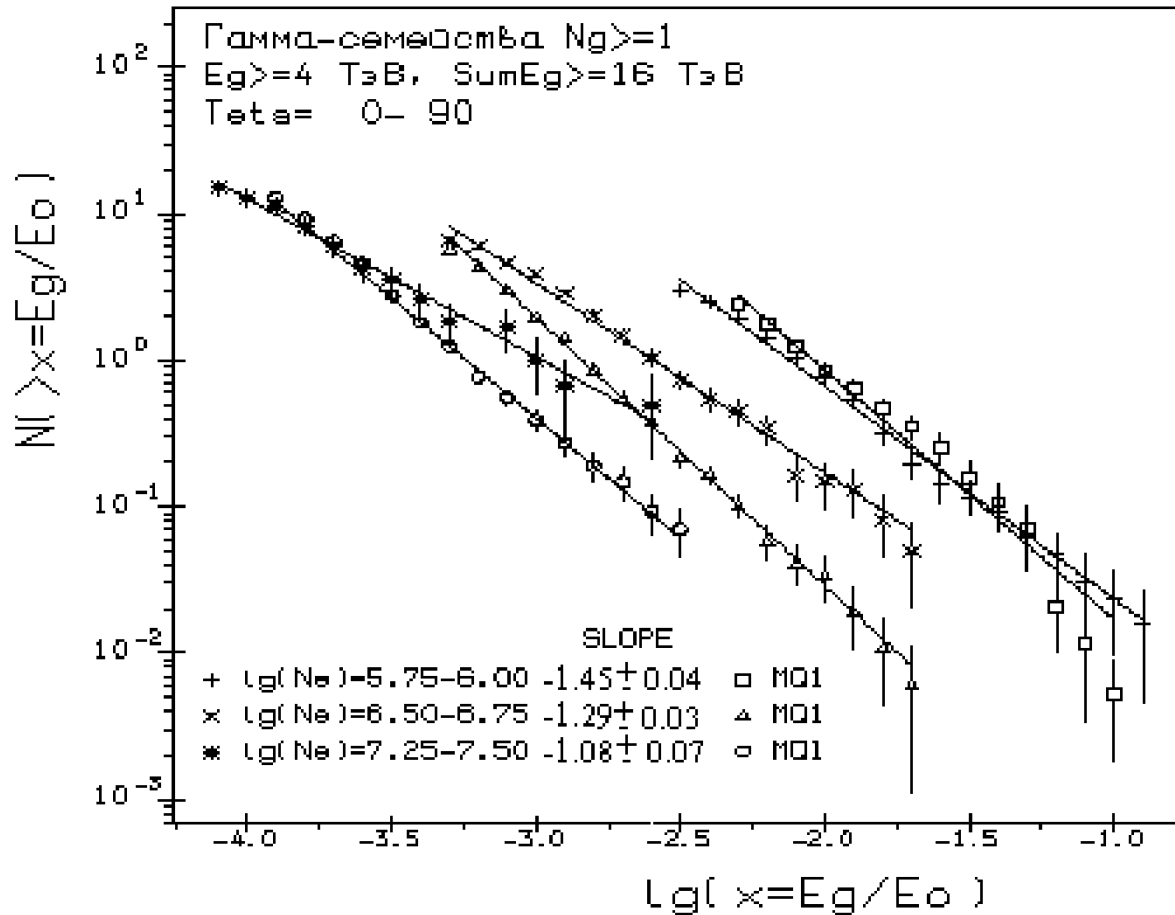


a) ШАЛ+ γ в основном образуются легкими ядрами (p, He), поэтому $\langle N_\mu \rangle$ для ШАЛ+ γ должно быть меньше чем $\langle N_\mu \rangle$ для всех ШАЛ. Экспериментальные значения лежат выше. Отличие составляет $\sim 5\sigma$.

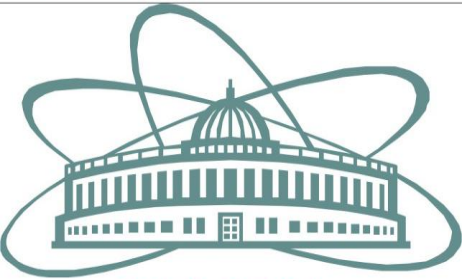
b) Ядра железа: $b \approx 2$
Протоны: $b \approx 1$

- Уменьшение наклона спектра E_γ за изломом спектра КЛ формально означает увеличение доли легких ядер (протонов).

Спектры E_γ для трех интервалов N_e в сравнении с моделью.



Отличие экспериментальных и модельных спектров на уровне $\sim 5\sigma$.

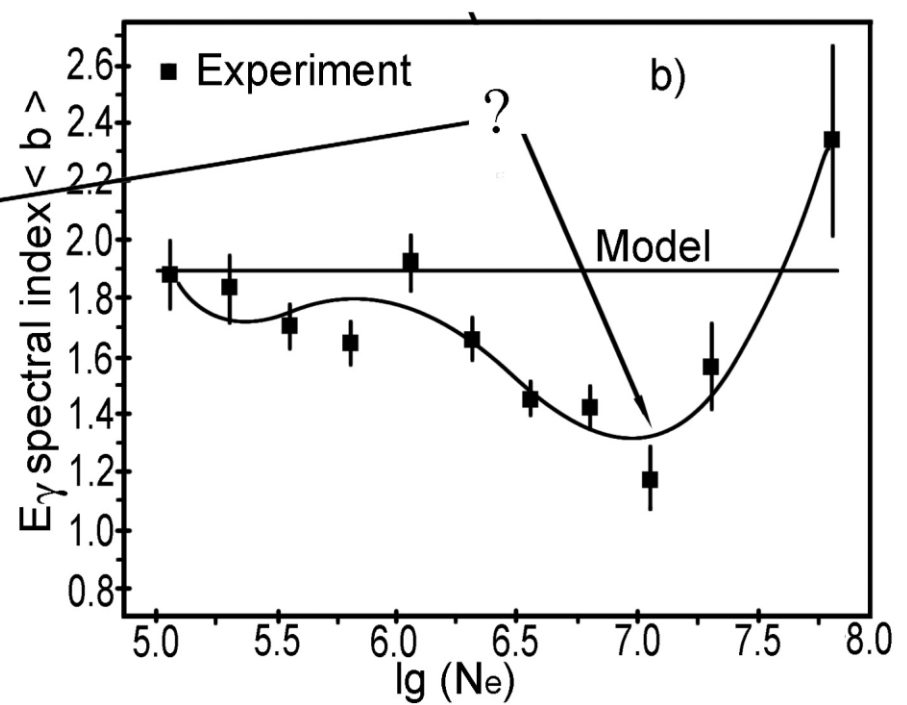
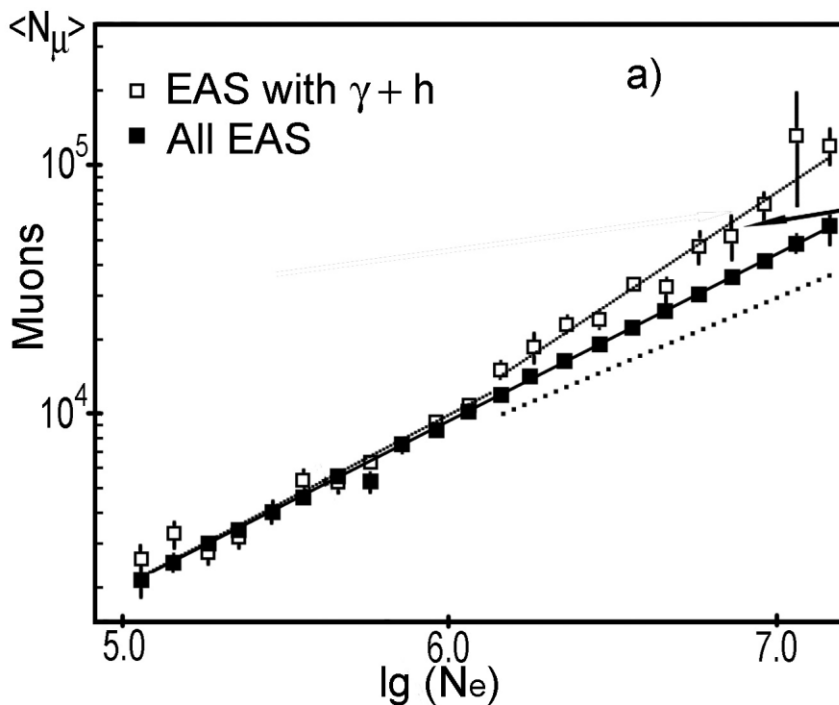


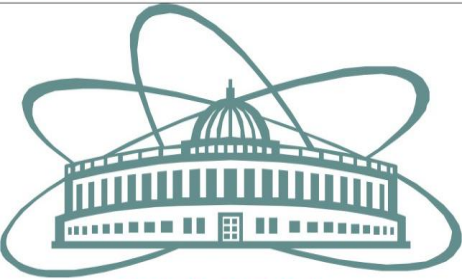
ОИЯИ ДУБНА

Приведенные две зависимости для ШАЛ+ γ -семейства противоречат друг другу.

Рост $\langle N_\mu \rangle$ означает увеличение диссипации первичной энергии ШАЛ в атмосфере,
а рост E_γ - уменьшение диссипации.

Это означает, что никакой ядерный состав КЛ, ни его изменение не могут объяснить оба эффекта одновременно.

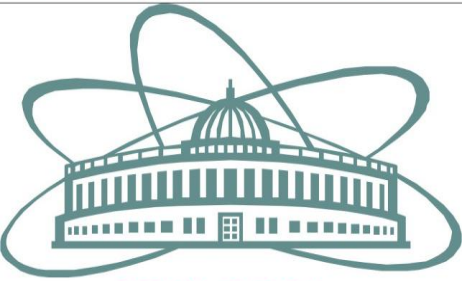




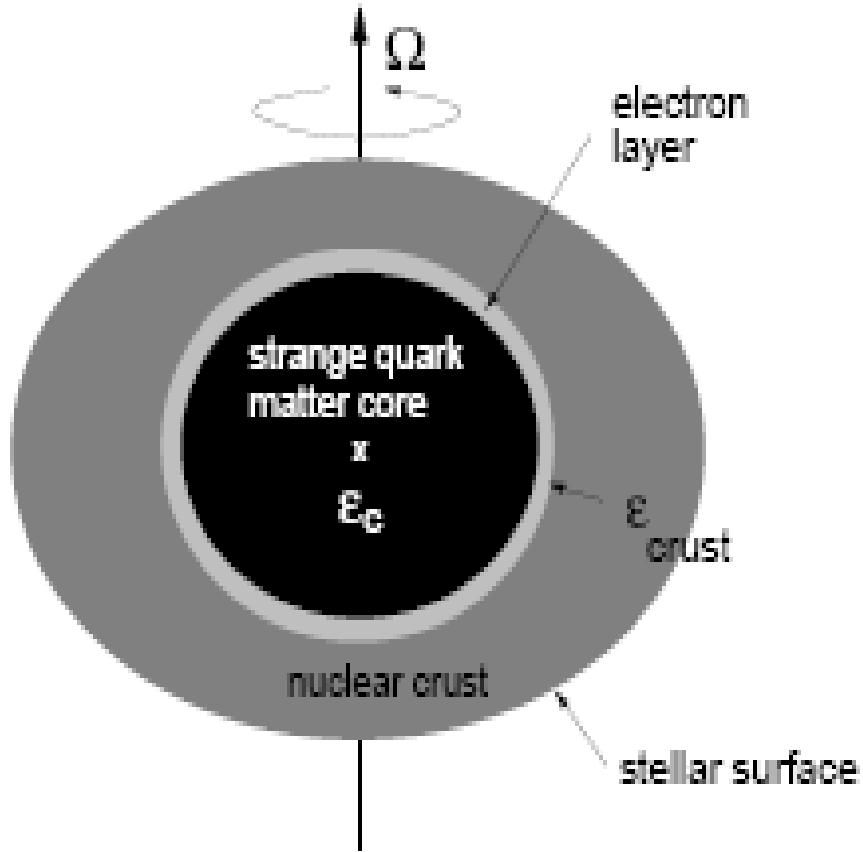
ОИЯИ ДУБНА

Выводы:

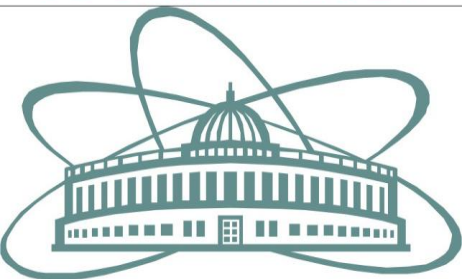
- Ливни с аномальными характеристиками наблюдаются в ограниченной области колена, поэтому их нельзя относить к ядерной компоненте КЛ (1),
- тогда их следует связывать с излучением близкого источника (2);
- Можно предполагать, что этот источник — **кварковая звезда;**



ОИЯИ ДУБНА



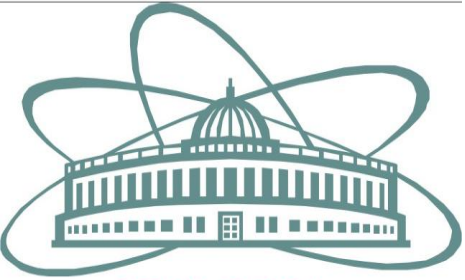
Возможно это
и есть темная
материя!?



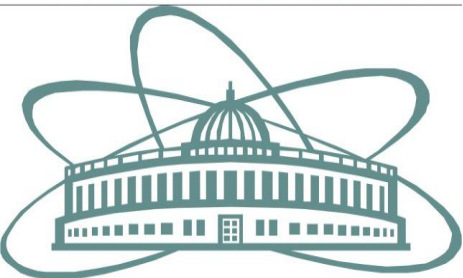
ОИЯИ ДУБНА

Не исключено, что космики могут обогнать
- астрономов в обнаружении кварковых звезд
И
- ускорительщиков в доказательстве
реальности кварков.

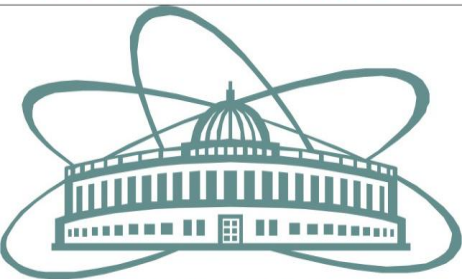
СПАСИБО!



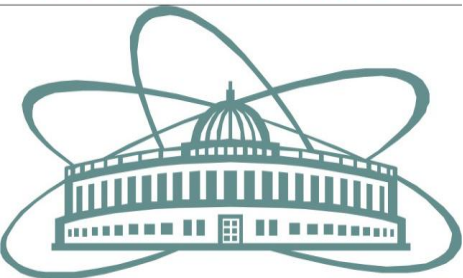
ОИЯИ ДУБНА



ОИЯИ ДУБНА



ОИЯИ ДУБНА



ОИЯИ ДУБНА

Заключение 1 (ШАЛ):

- В области колена спектра КЛ есть две компоненты, одна из которых формируется одиночным близким источником.
- Вторая компонента формируется двумя бампами при 3 и 100 ПэВ.
- Состав второй компоненты может существенно отличаться от основной.

Заключение 2 (РЭК):

- Одна из двух компонент КЛ (одиночный источник) является проникающей.
- Этот вывод подтверждается данными измерений на калориметре ТШВНС (Никольский-Яковлев) и данными толстых свинцовых РЭК эксперимента ПАМИР.

Данные ШАЛ+РЭК.

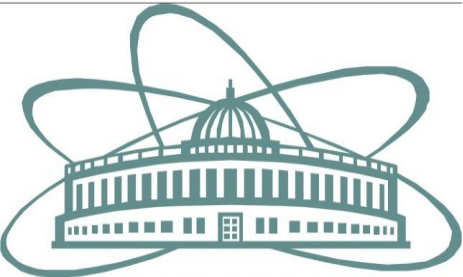
- Использование РЭК в качестве центрального детектора ШАЛ позволяет регистрировать отдельные γ -кванты ТэВных энергий ($\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$) ствола ШАЛ и строить их энергетические спектры в различных интервалах $N_e(E_0)$.
- Изменение наклона этих спектров характеризует изменение состава КЛ скорее чем взаимодействия.
- КХД предсказывает почти скейлинговое поведение спектров и разные модели дают близкие и практически постоянные во всей области колена значения наклона спектра γ -квантов $b \sim -(1.9-2.0)$

МЮОНЫ для ШАЛ и ШАЛ+ γ -семейства.

1. Среднее число мюонов с энергиями $E_{\mu} \geq 5$ ГэВ характеризуют степень диссипации первичной энергии E_0 в атмосфере. Для ядер Fe оно примерно в два раза больше чем для протонов.
2. Отбор ШАЛ с γ -семействами есть выборка в основном протонных событий, поэтому следует ожидать, что для них $\langle N_{\mu} \rangle$ будет меньше чем для всех ШАЛ.

Заключение 3 (ШАЛ+РЭК):

- **КЛ в области колена включают аномальную компоненту, которая не состоит из ядер.**
- **Интерпретация: Близкая кварковая звезда и частицы странной кварковой материи (СКМ) в КЛ практически единственная гипотеза объясняющая наличие проникающей компоненты с массой частиц порядка 1 ТэВ.**

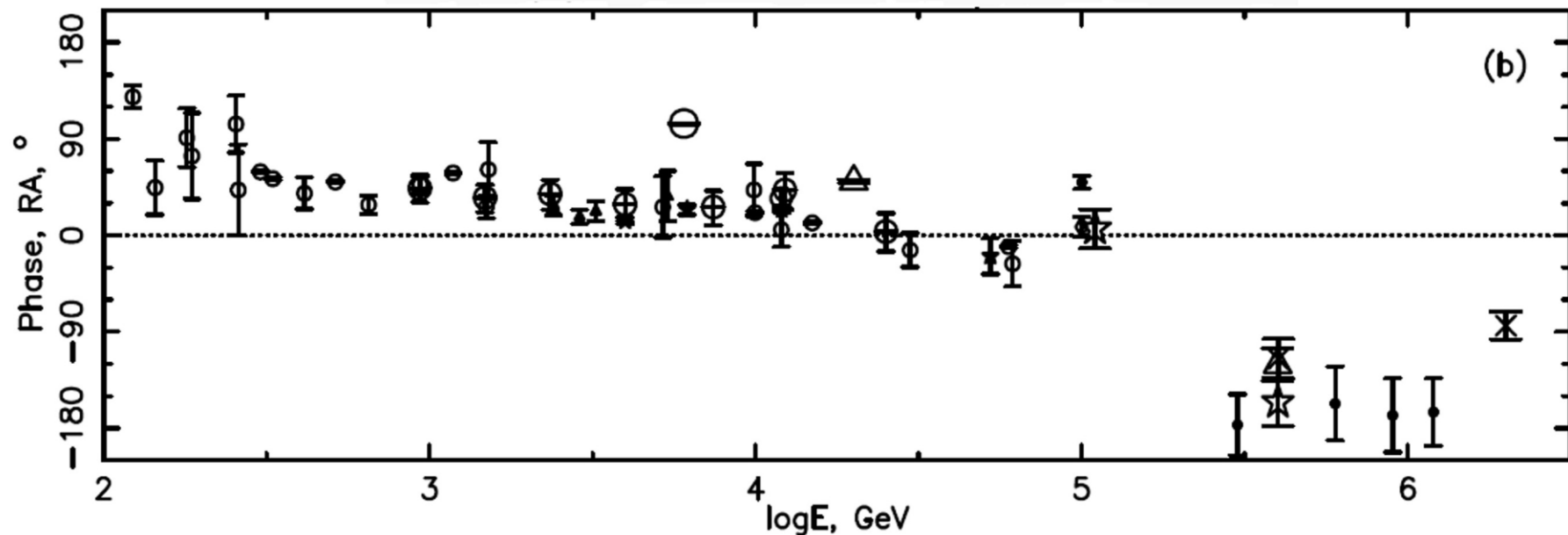


Изменение фазы анизотропии на 180°

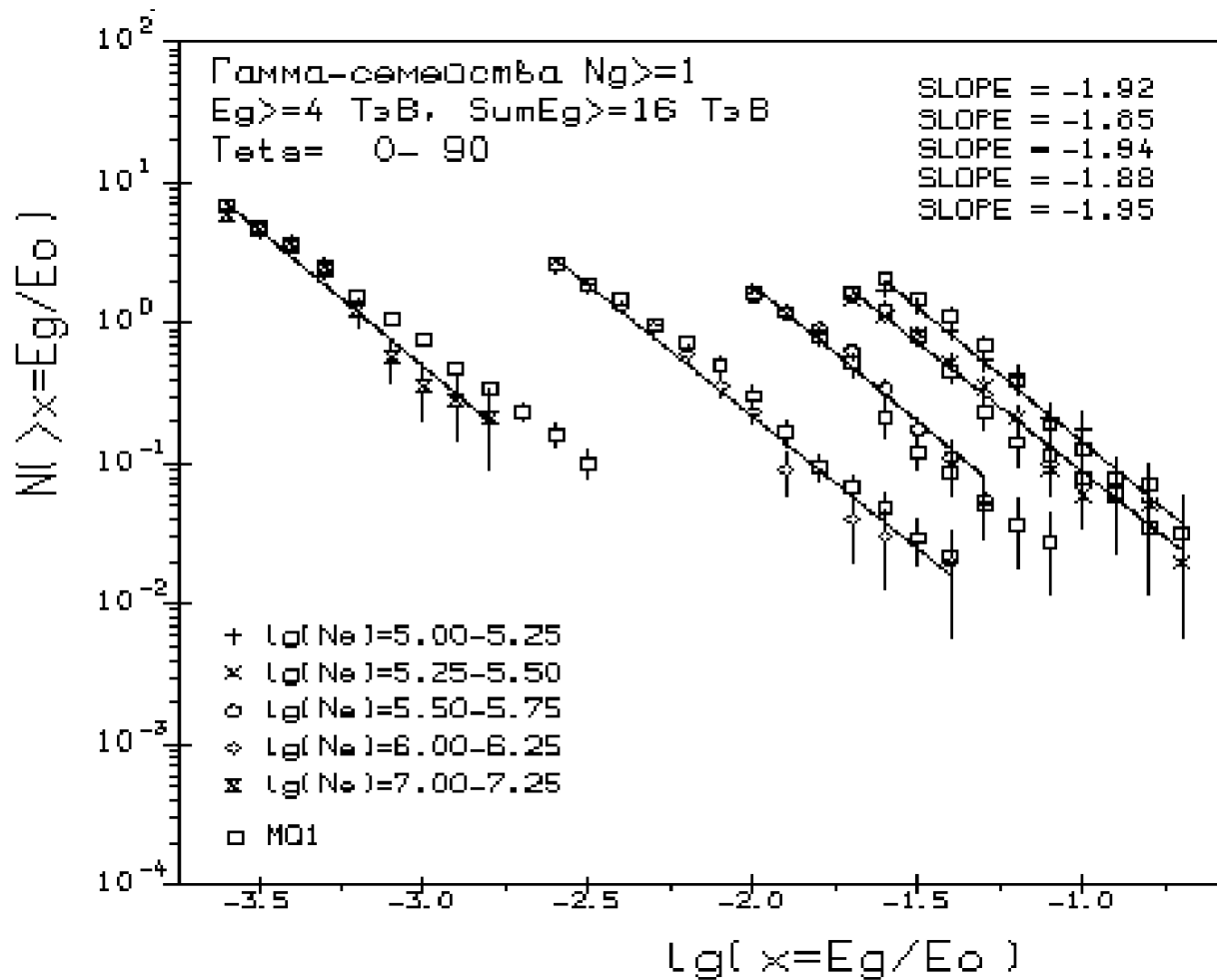
может указывать на появление вклада в поток КЛ от близкого источника.

Ерлыкин & Волфиндейл

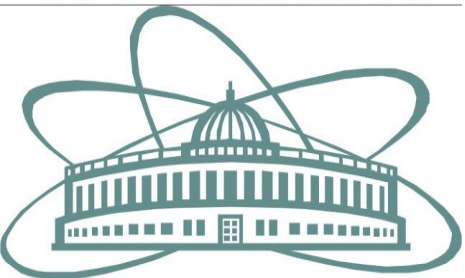
Фаза Максимумы Потока в Экваториальных Координатах



Спектры E_γ для разных интервалов N_e в сравнении с моделью.

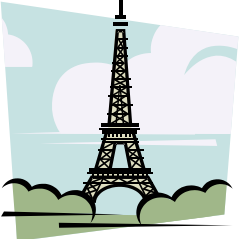


Спектры в приведенных интервалах N_e довольно хорошо согласуются.



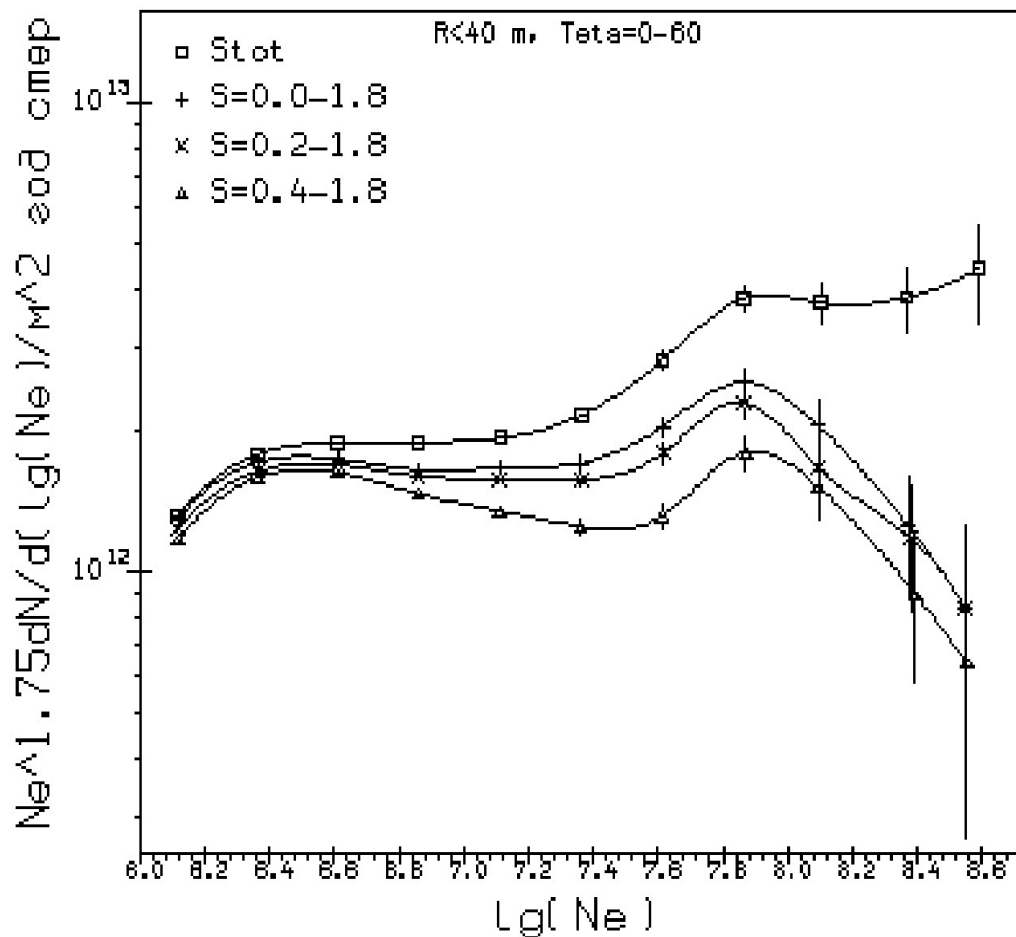
ОИЯИ ДУБНА

СПАСИБО !



The young EAS influence on Ne spectra.

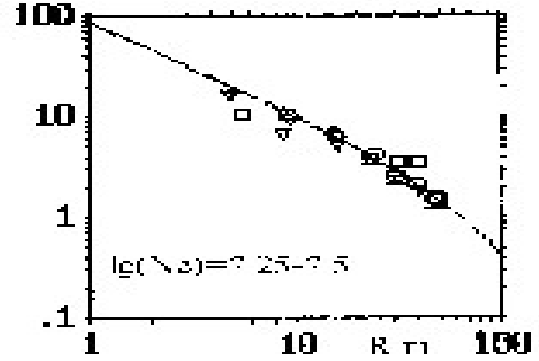
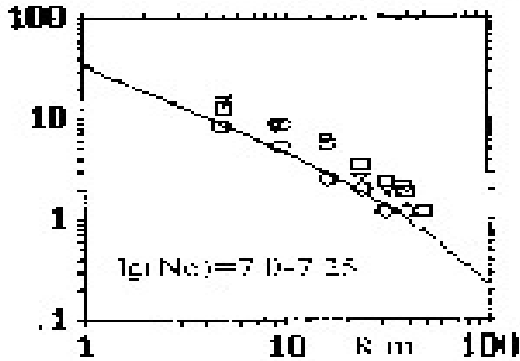
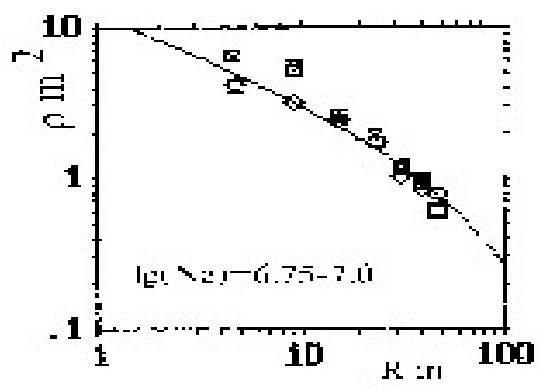
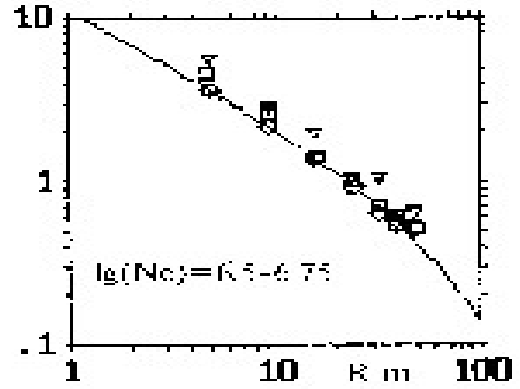
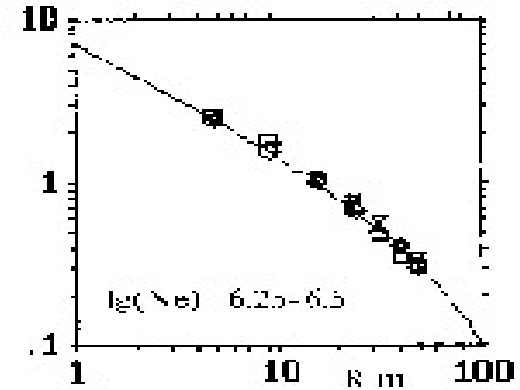
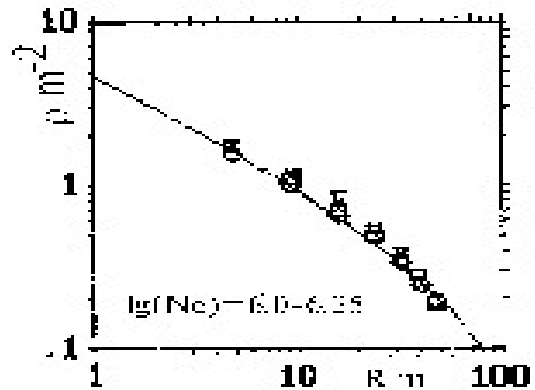
I
S
V
H
E
C
R
I
2
0
0
8



For $s \approx 0$ integral of NKG-function is diverged and LDF flattening must be done in area close to $R \approx 0$ to receive the right Ne.

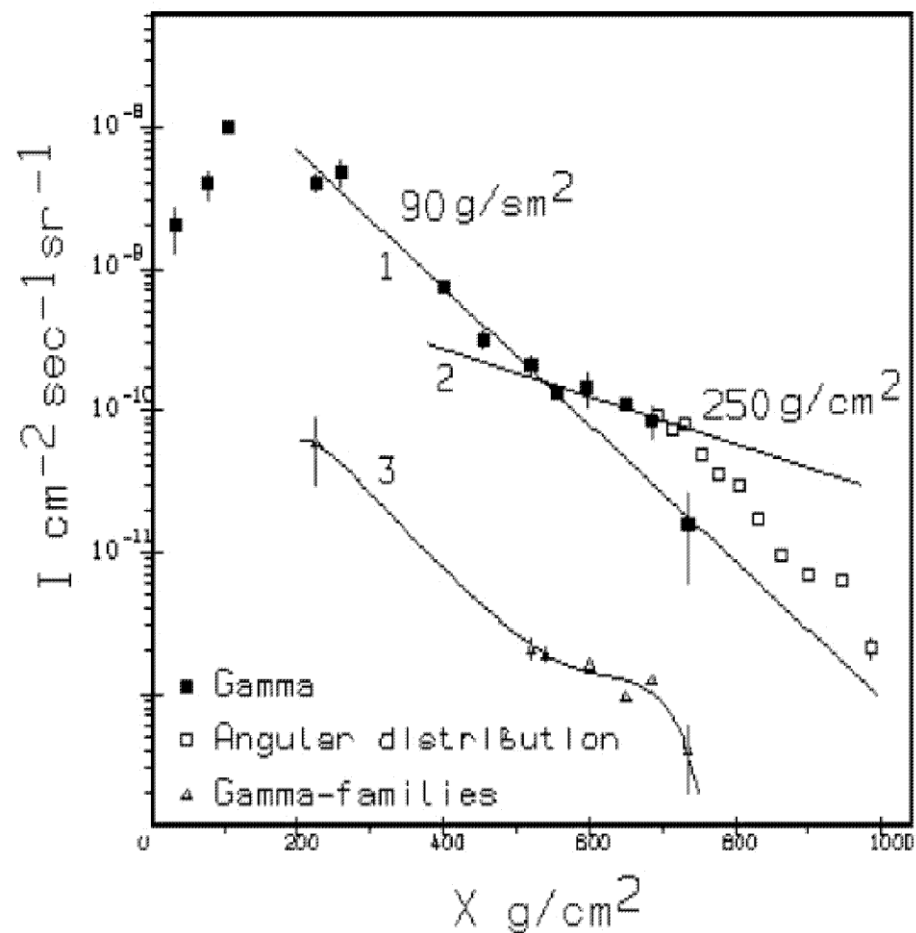
Remark: To see these most young showers the scintillation channels of registration must have a wide dynamic range $> 10^4$

Comparison muon LDF for all EAS and EAS with γ -families in different intervals of Ne



LDF for all EAS and EAS with γ -families approximately the same, so it can't change $\langle N_\mu \rangle$ for EAS with γ -families.

Кривая поглощения γ -семейств и γ -квантов в атмосфере по данным экспериментов с РЭК, выполненных на аэростатных, самолетных и горных высотах.



Наблюдаются две экспоненты с $\lambda_{\text{att}}^1 = 92 \pm 5 \text{ г/см}^2$ и $\lambda_{\text{att}}^2 = 252 \pm 29 \text{ г/см}^2$

т.е. в КЛ присутствуют две компоненты, одна из которых является проникающей.

Данные в атмосфере нельзя объяснить лидирующим чармом.

Достаточно ли интенсивности одного источника?

Ерлыкин&Волфиндейл: Nucl. Part. Phys. **23**(1997) 979-989

$R \sim 200$ пск, $\tau \sim 10^5$ лет

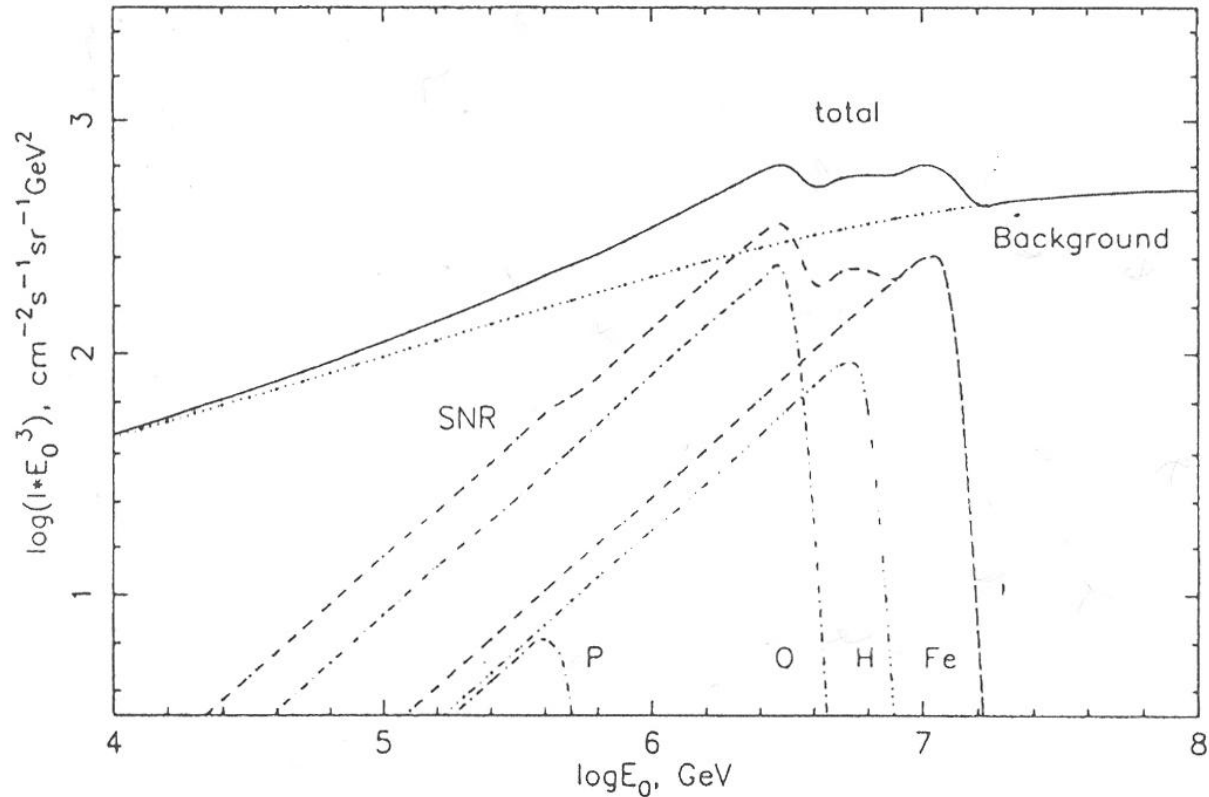
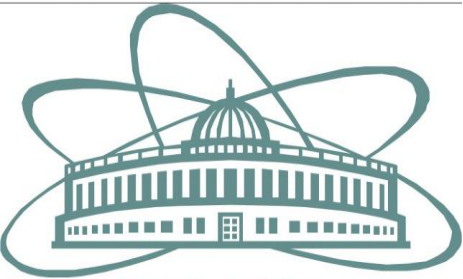


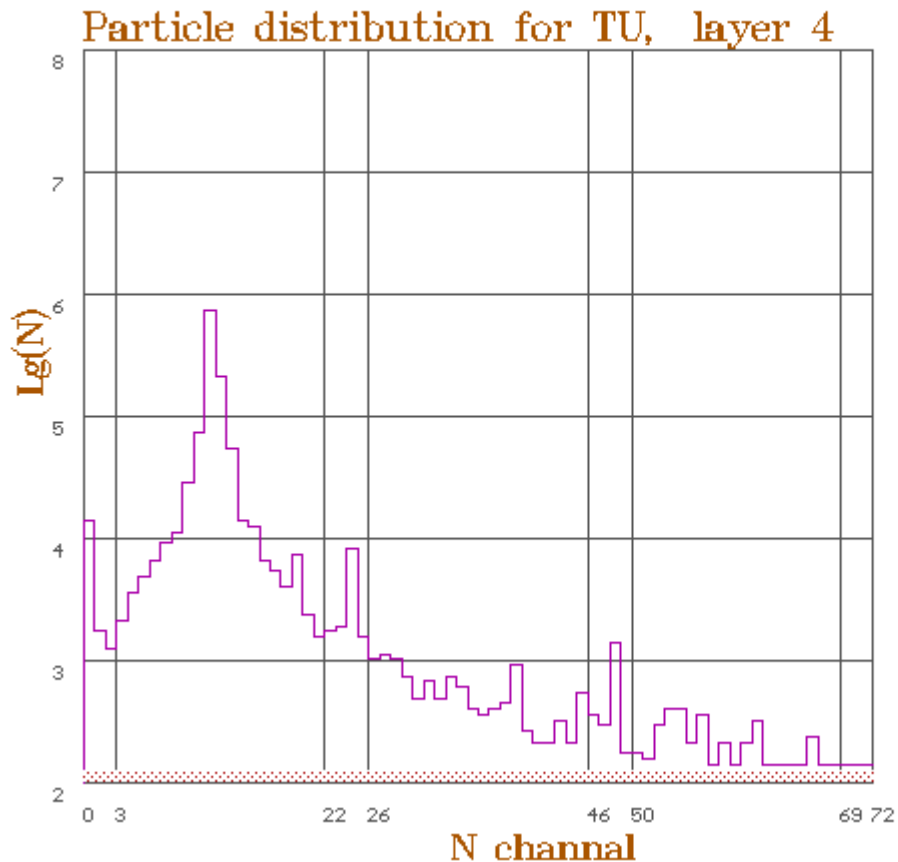
Рис. : Спектры различных ядер в модели одиночного источника и спектр всех КЛ.



ОИЯИ ДУБНА

Распределение ионизации в одном из четырех рядов толчковой установки.

ig=60021 Ns= 278 Nk= 641 Ne= 8668961 S= 0.35



k1= 3 kod1= 94
 k2=12 kod2= 91
 k3= 4 kod3= 84
 k4=12 kod4= 83

TUmax= 678544

X:	Y:	
-7.9	2.0	EAS kover leve
-6.9	2.1	EAS TU level
-4.8	3.1	TU
4.0	12.8	c.g. TU-CGray
-4.6	1.3	c.g. TU

Teta	Fi:
25	188 Hronotron
15	170 TU

Local bursts: E0=0.45 GeV/part
 1-2: 422 - 525
 3-4: 305 - 245

2х-компонентная модель КЛ в области колена разрешает дискуссию 70-х :

1. Компонента формируется миллионами источников КЛ в Галактике и потому имеет гладкий спектр с плавным изменением наклона в результате ограничения ускорения и/или диффузии.
2. Состоит из двух бампов (либо бамп и “плечо”) при энергиях ~ 3 и 100 ПэВ, которые следует связывать с излучением близкого источника (Бережко; Ерлыкин& Волфиндейл;)