

Спектр ШАЛ по числу тепловых нейтронов

Ю.В. Стенькин (ИЯИ РАН)
от имени коллаборации PRISMA

Проблеме «излома» в спектре к. л. уже 56 лет

Тем не менее, она до сих пор не решена

Даже такая хорошая классическая установка ШАЛ, как KASCADE, не смогла ее решить.

Почему? Потому, что классический метод ШАЛ базируется на каскадной теории электро-магнитных ливней и содержит множество допущений и упрощений, в частности, он основан на регистрации, прежде всего вторичной электронной компоненты.

Нужны новые ПОДХОДЫ

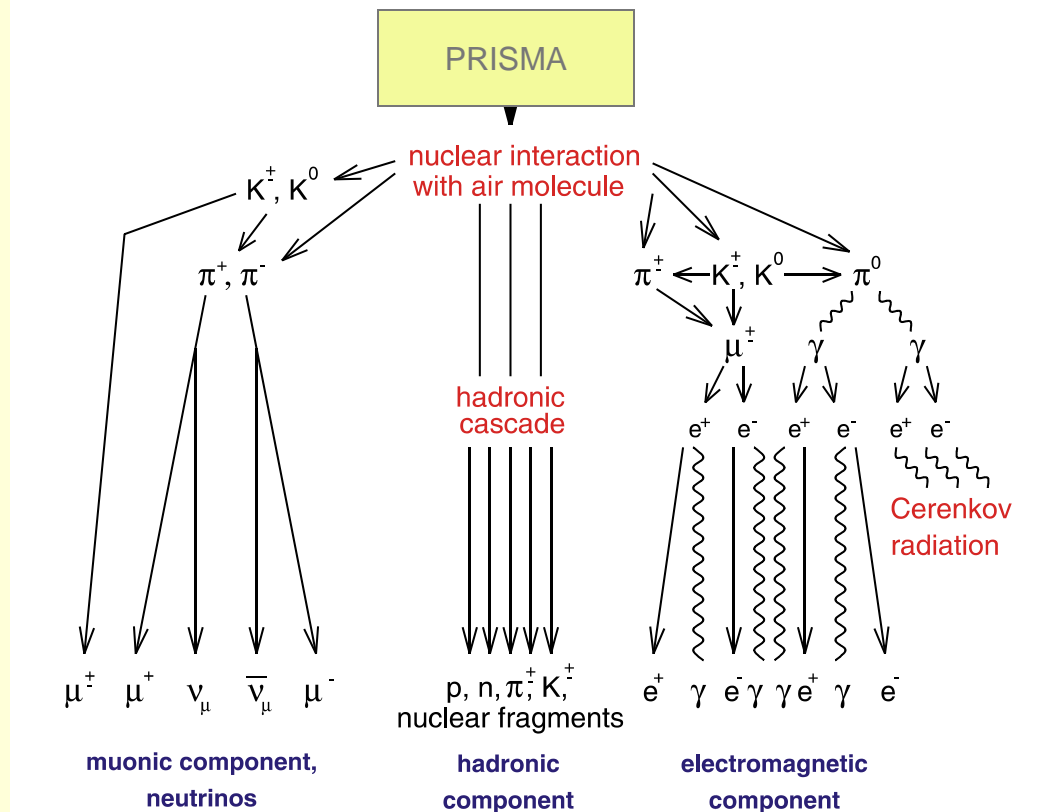
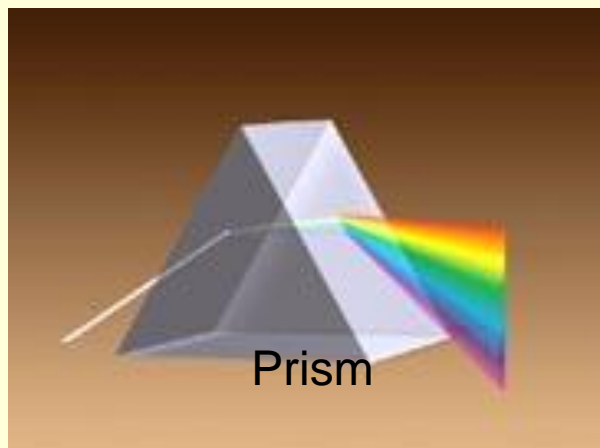
ШАЛ это адронный каскад и его основа - **адроны**

Именно адроны формируют структуру ШАЛ, определяют степень его развития и именно их
надо изучать в первую очередь

Изучать их надо не адронным калориметром или нейтронным монитором, а по всей площади установки и измерять полное число адронов, спектр ШАЛ по числу адронов, энергию....

Как это сделать?

PRISMA (PRImary Spectrum Measurements Array) может дать ответ

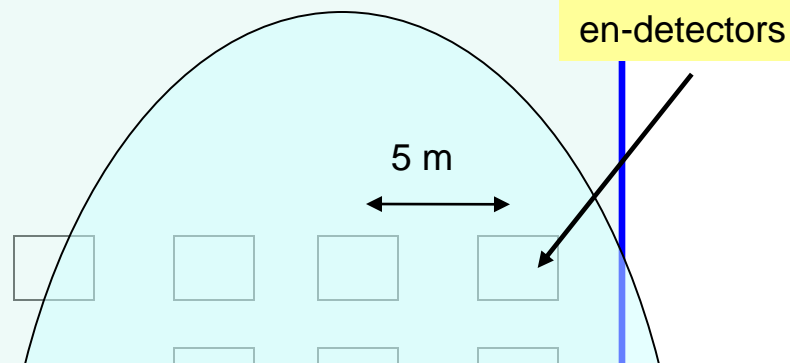


Как показывают расчеты, тепловые нейтроны рождаются адронами преимущественно вблизи детектора и их число пропорционально числу упавших на установку адронов (Stenkin et al., China Phys. C, 2013)

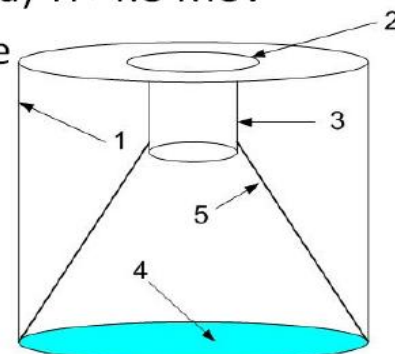
На такой установке в горах можно получить за 1 год спектр ШАЛ с первичной энергией 30 ТэВ- 100 ПэВ как по числу электронов, так и по числу нейтронов

The PRISMA central part

По существу это есть шаловская установка + адронный калориметр, площадью 10^4 кв. м



- Scintillator $\text{ZnS(Ag)+}^6\text{LiF}$, $^6\text{Li}(n,\alpha)^3\text{H}+4.8 \text{ MeV}$
- 160,000 photons per n capture



- 1 - PE tank, $\varnothing=72 \text{ cm}$, $h=57 \text{ cm}$
- 2 - lid $\varnothing=30 \text{ cm}$
- 3 - 6" PMT
- 4 - scintillator, $s=0.36 \text{ m}^2$
- 5 - reflecting cone
n-efficiency - 20%
thickness - 30 mg/cm^2

2 основные компоненты ШАЛ (e & n) могут измеряться одним детектором (en-detector)

100 m

A prototype of PRISMA (ПРИЗМА-32)

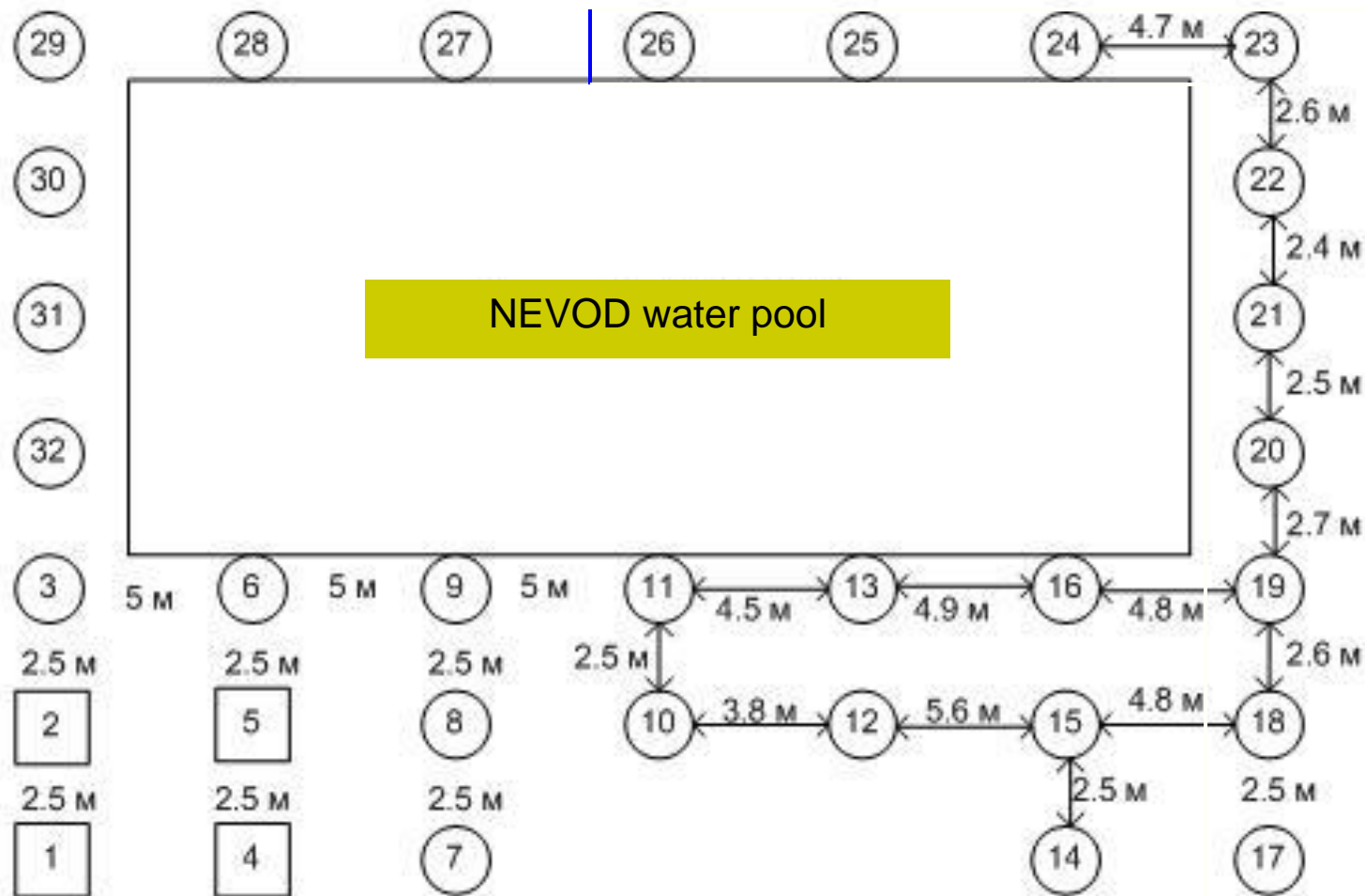


32 en-detectors

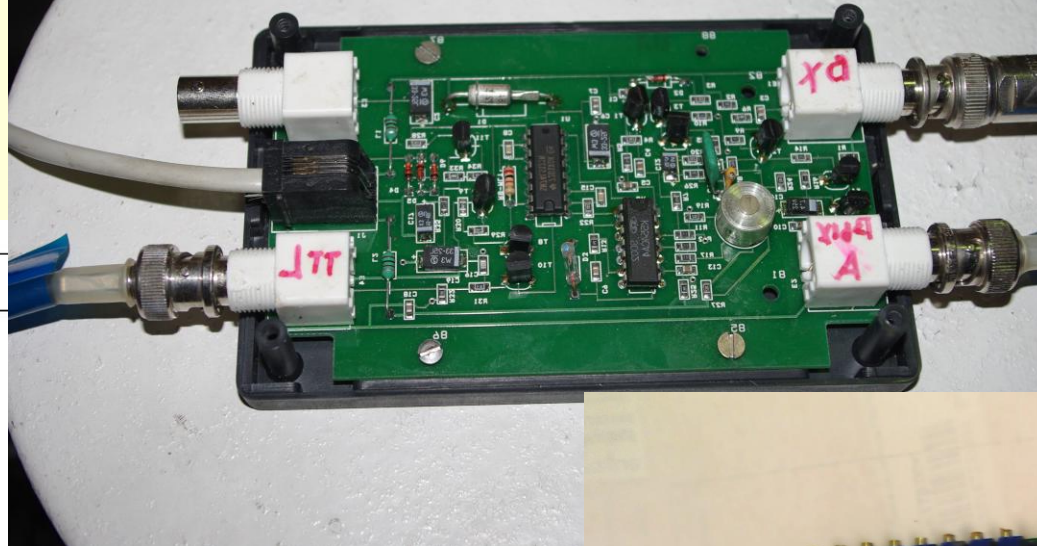
Location:
on 4th floor inside
building in
MePhi, Moscow



ProtoPRISMA



Интегратор - дискриминатор



АЦП:

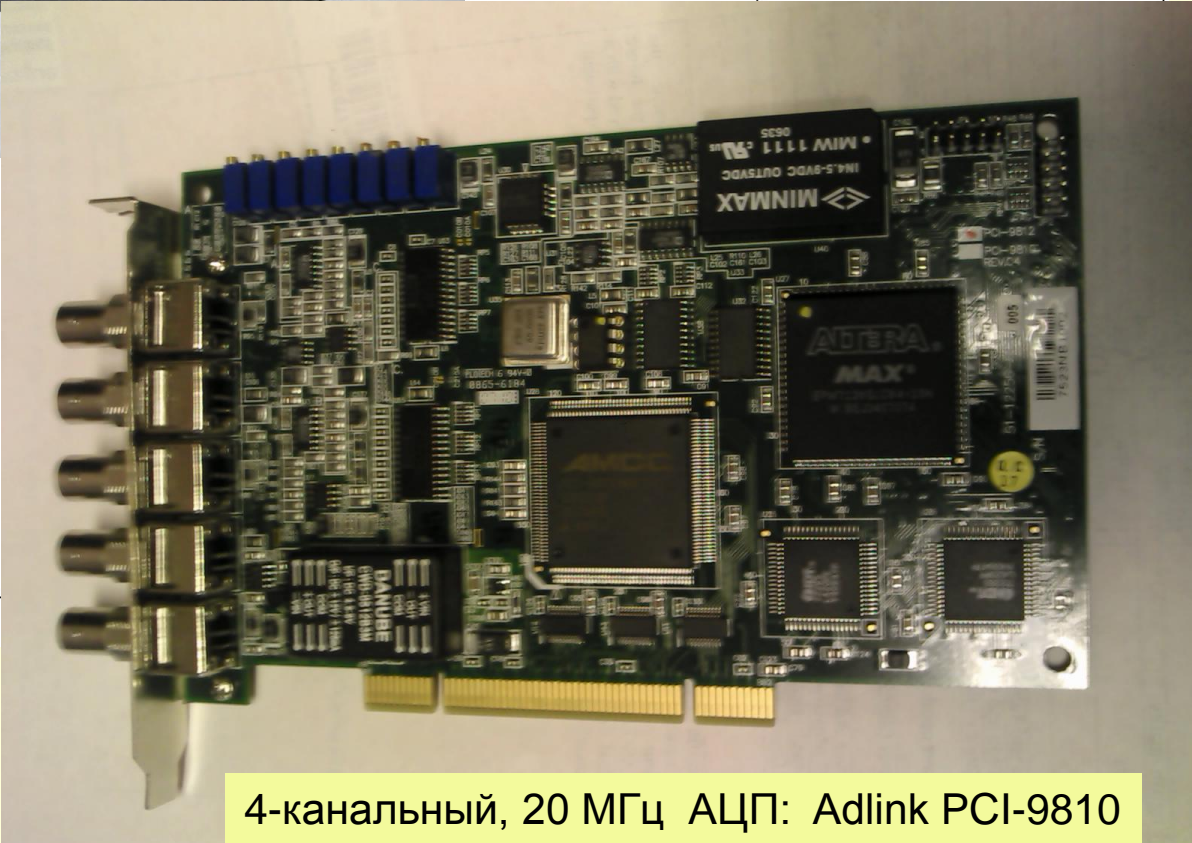
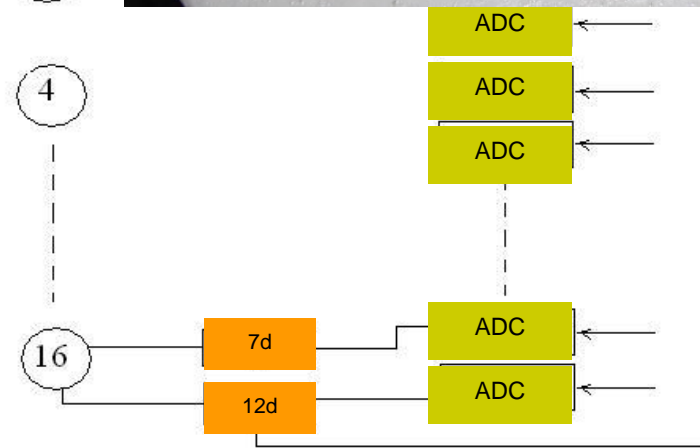
1

2

3

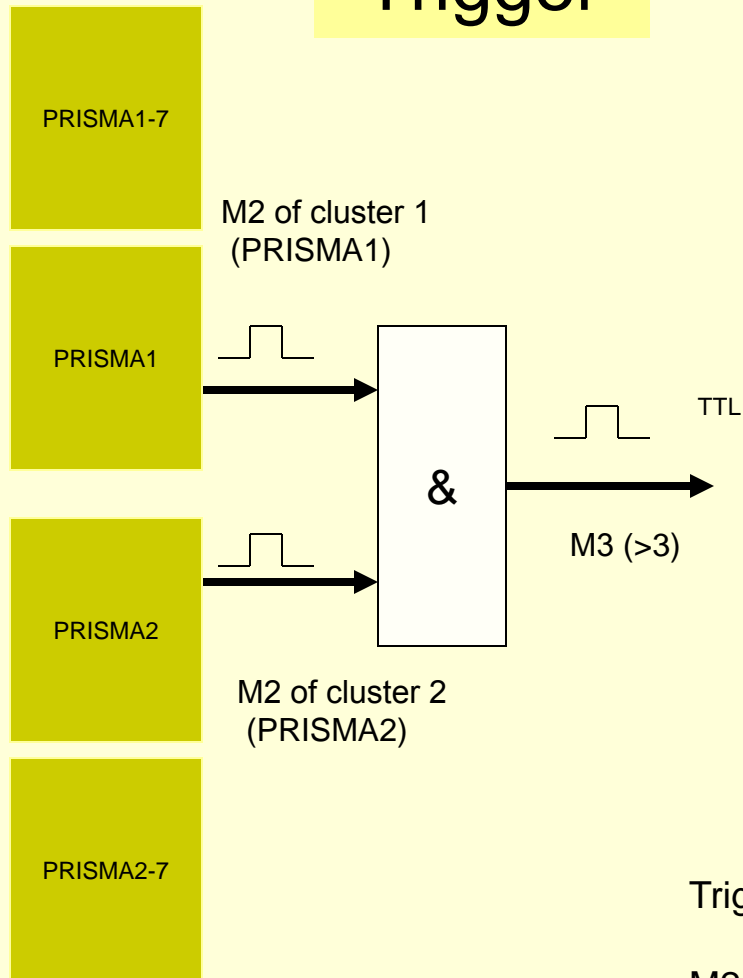
4

16



4-канальный, 20 МГц АЦП: Adlink PCI-9810

Trigger



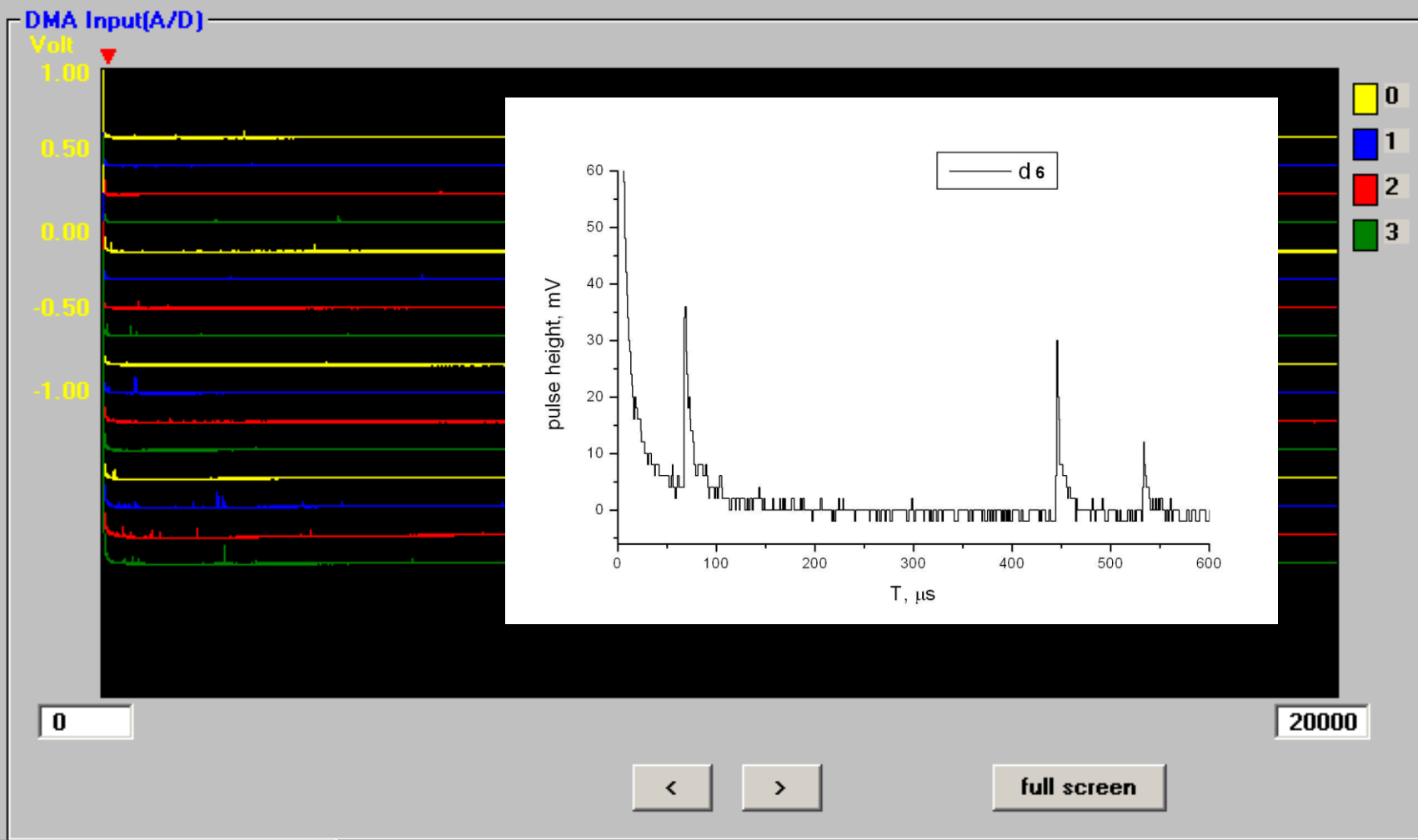
Trigger rate:

M2 ~1/min

M3 ~0.1/min

Big event oscillogram

Exit!



0

20000

< > full screen

file= eas04-17.11

EAS= 252; T= 82428.12; M= 3; n= 106

Write event

Search event

Next event

Stop

1094: 35	2805: 82	16329: 126	17667: 202	7478: 106	3082: 74	508: 70
4142: 34						650: 53
8388: 50						280: 22
9424: 46		+				448: 56
10422: 85	9650: 90	44019: 128	34094: 91	7500: 53	5241: 61	754: 67
9029: 110	20950: 134	15272: 100	17903: 68	12752: 20	5478: 73	901: 62
4422: 55	10863: 97	12373: 65			3634: 49	512: 65

files= 08-11.evn

next

Search

Stop

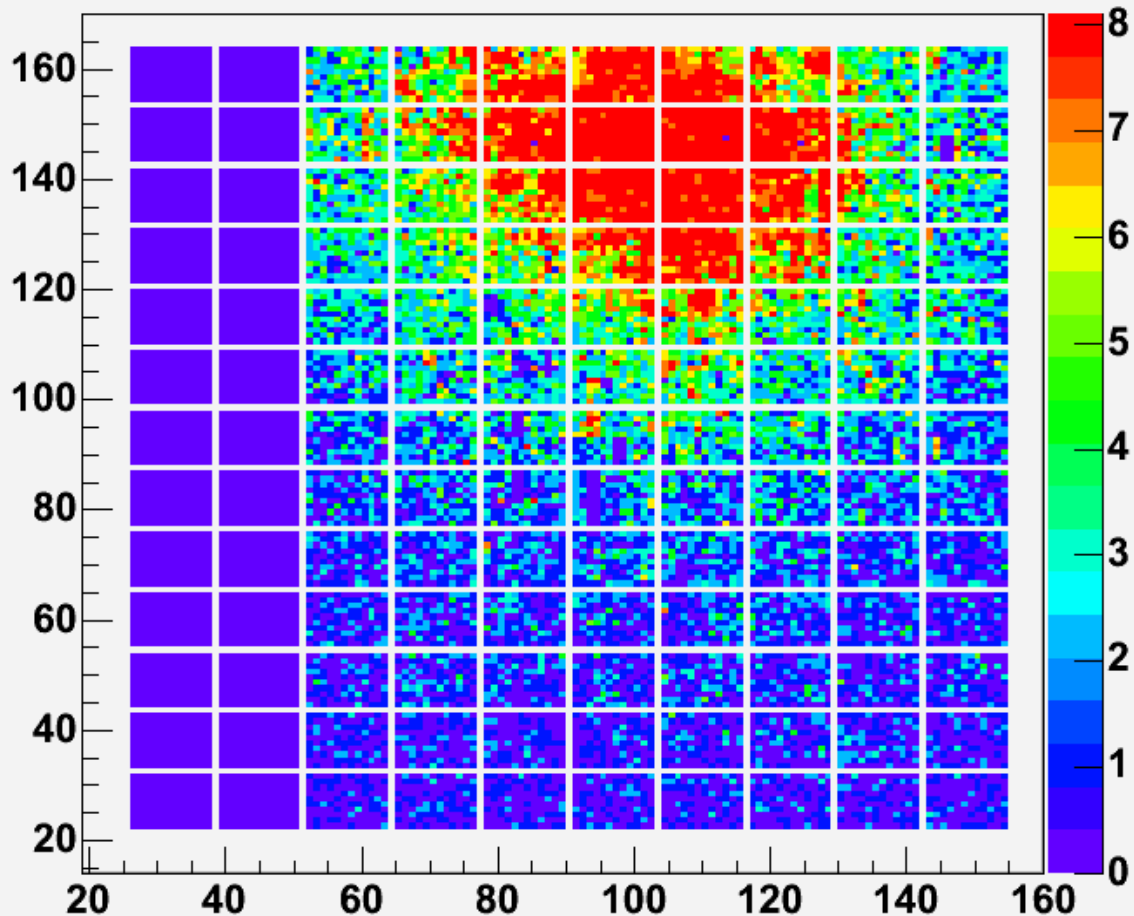
M= 7 Nsum= 2429 T= 67291.58

Log10(Ne)=8.2

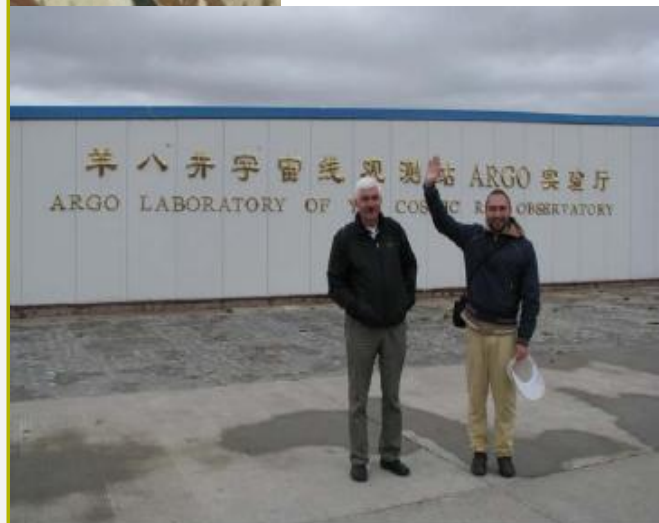
祝ARGO同仁新春快乐!



mapstrip, chnk=3052, nhit=10453, cnt1000_1500=10403, zen=14, azi=338, evtimediff=15



PRISMA-YBJ
prototype
(2013)



Pointer 30°06'08.06" N 90°31'26.87" E elev 4314 m

Streaming [|||||.] 99%

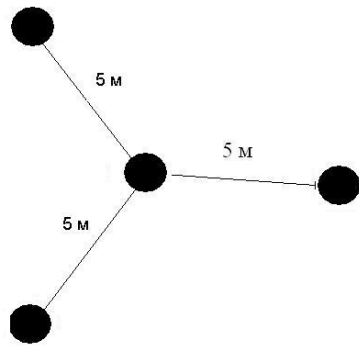
Eye alt 5.04 km

Ю.В. Стенькин, 33-я ВККЛ,
Дубна 2014

В 2013 установка заработала в Тибете. 30.08.13 модернизация.

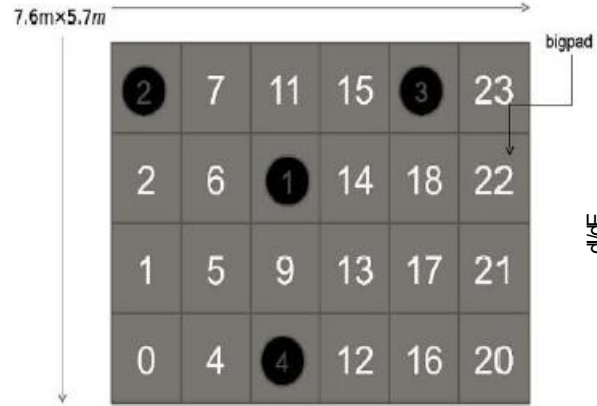
PRISMA-YBJ

M-C, CORSIKA

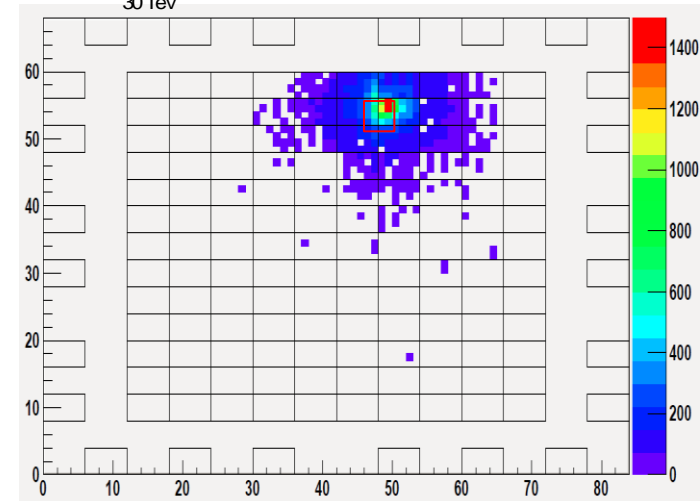
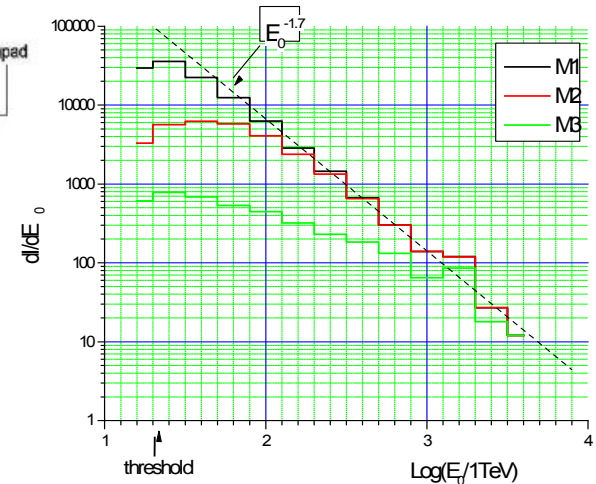


4 эн-детектора

En-detectors on cluster



Кластер ARGO-YBJ



Coincident air shower events between ARGO-YBJ and PRISMA-YBJ

XINHUA MA¹, YURI STENKIN², FOR THE ARGO-YBJ COLLABORATION AND THE PRISMA COLLABORATION.

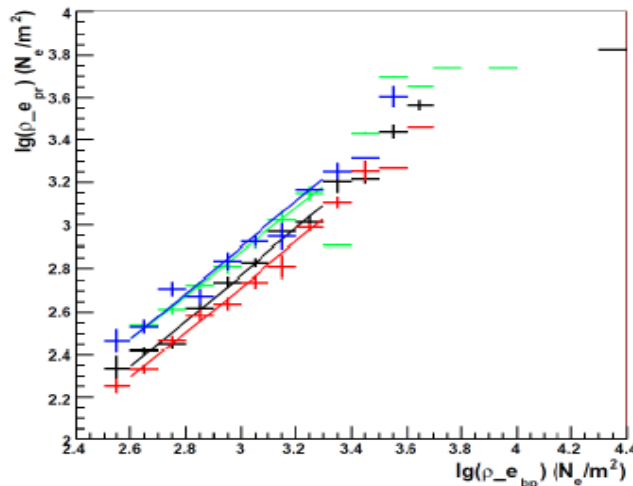
¹ Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences

² Institute for Nuclear Research of Russian Academy of Sciences

maxh@ihep.ac.cn

Калибровка детекторов

electron density measured by PRISMA-YBJ ($\rho_{e_{pr}}$) and ARGO-YBJ ($\rho_{e_{bp}}$)

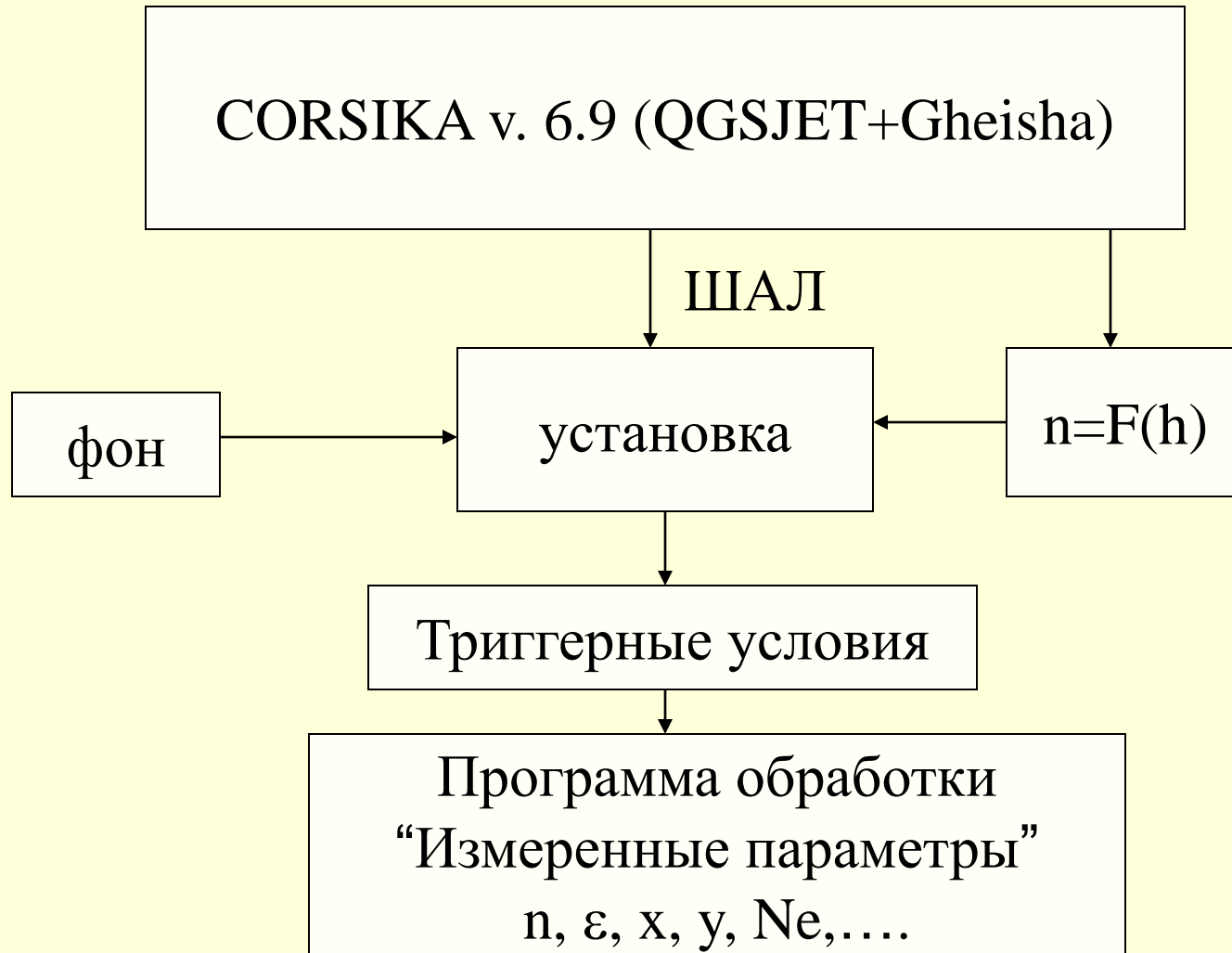


Fitting : $\lg y = a \times \lg x + b$

Detector Number	Slope (a)	Intersection (b)
1	1.07 ± 0.04	-0.44 ± 0.13
2	1.05 ± 0.04	-0.43 ± 0.12
3	1.01 ± 0.06	-0.15 ± 0.16
4	1.06 ± 0.03	-0.28 ± 0.11

- Slope=1: Very good linear correlation between two detectors!
- Intersection $\neq 0$: A shift factor means the careful calibration is needed.

Моделирование экспериментов



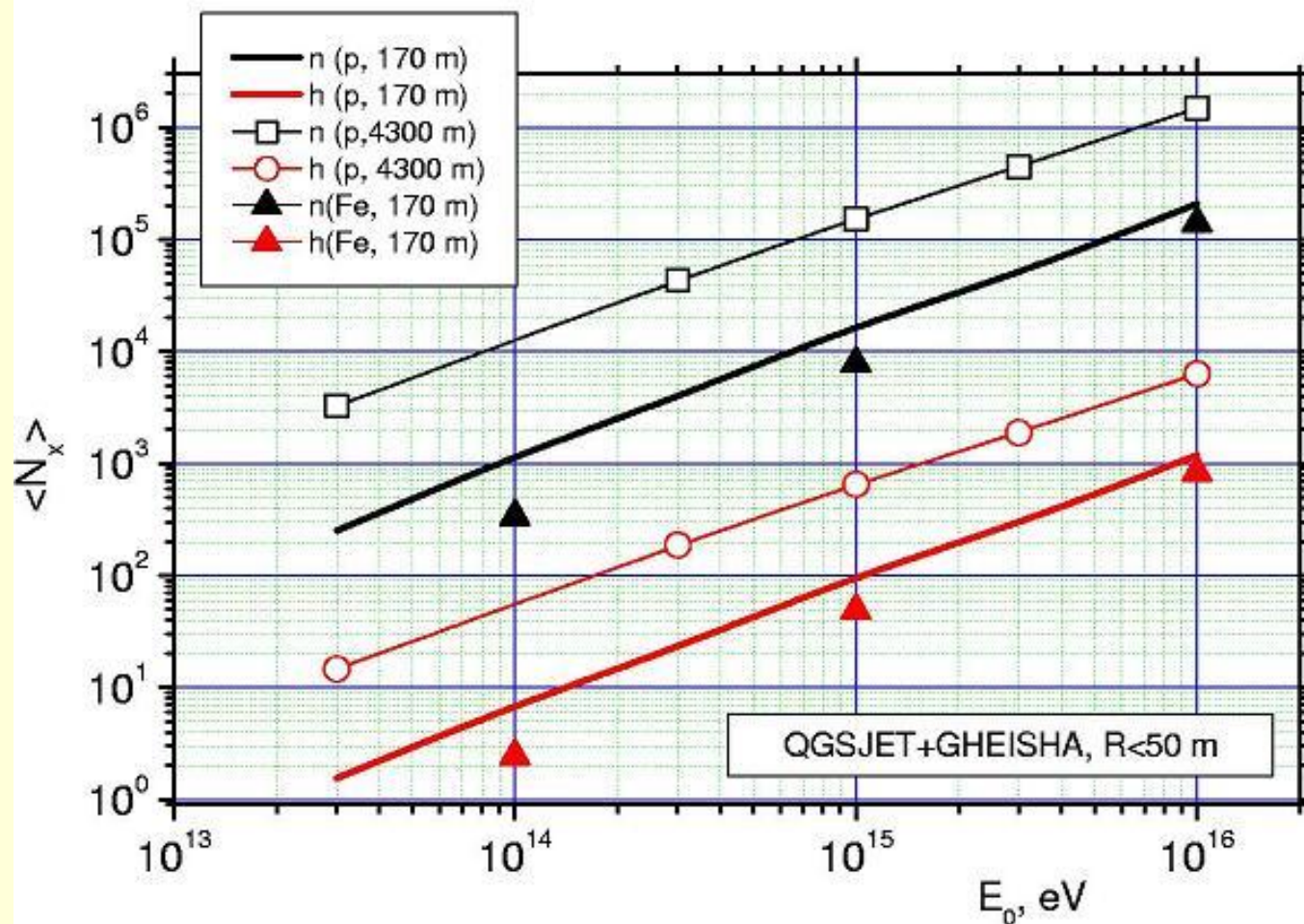
Обработка



Программа обработки

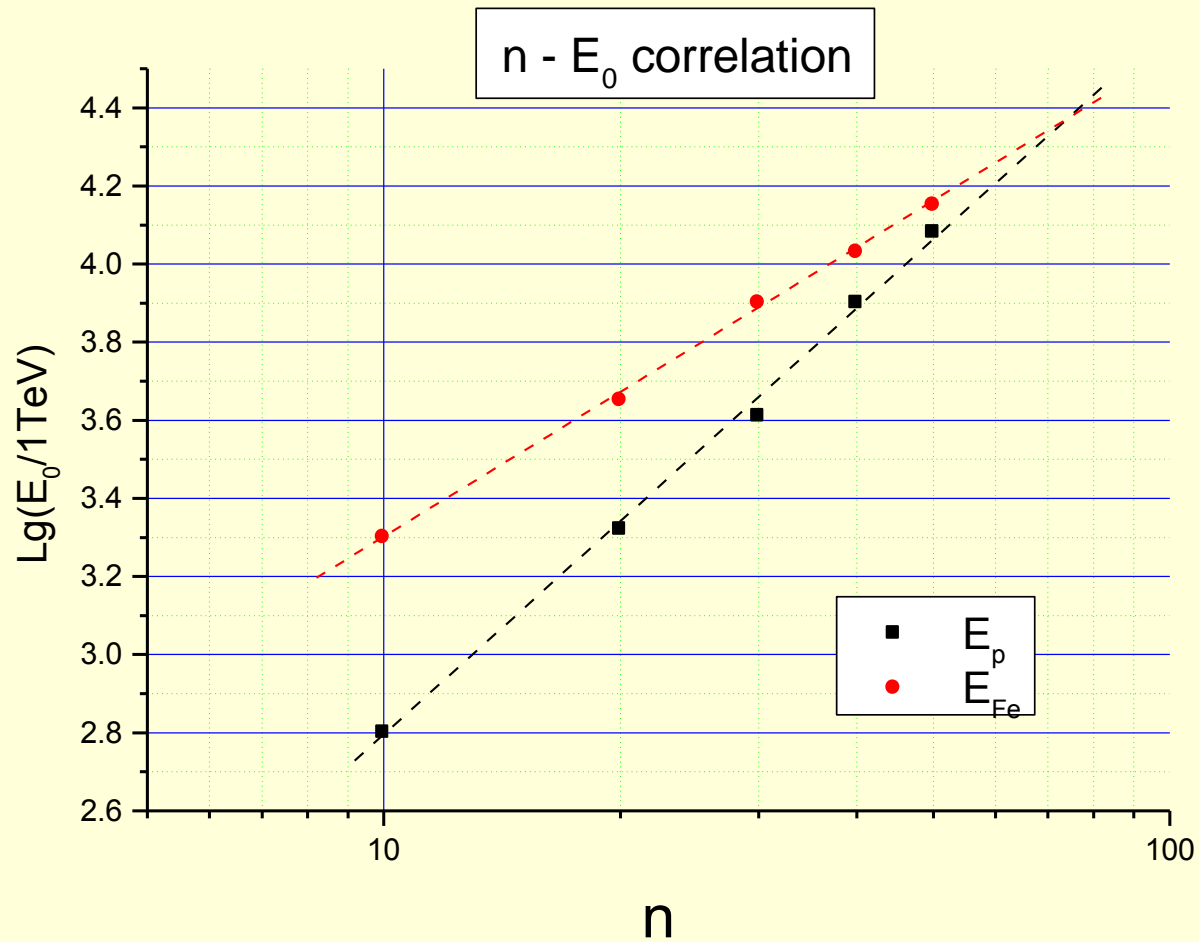
1. Одни и те же программы используются для обработки как реальных ШАЛ, так и наигранных
2. Для каждой установки используется 2 независимых варианта программ с разными алгоритмами обработки
3. Разница в результатах, полученных по разным программам обработки незначительна
4. Пересчет от спектра по числу нейтронов (адронов) к первичному спектру очень прост и слабо зависит от моделей расчета, т. к. рост числа нейтронов растет с ростом энергии степенным образом

“Нейтронный пар” как energy estimator



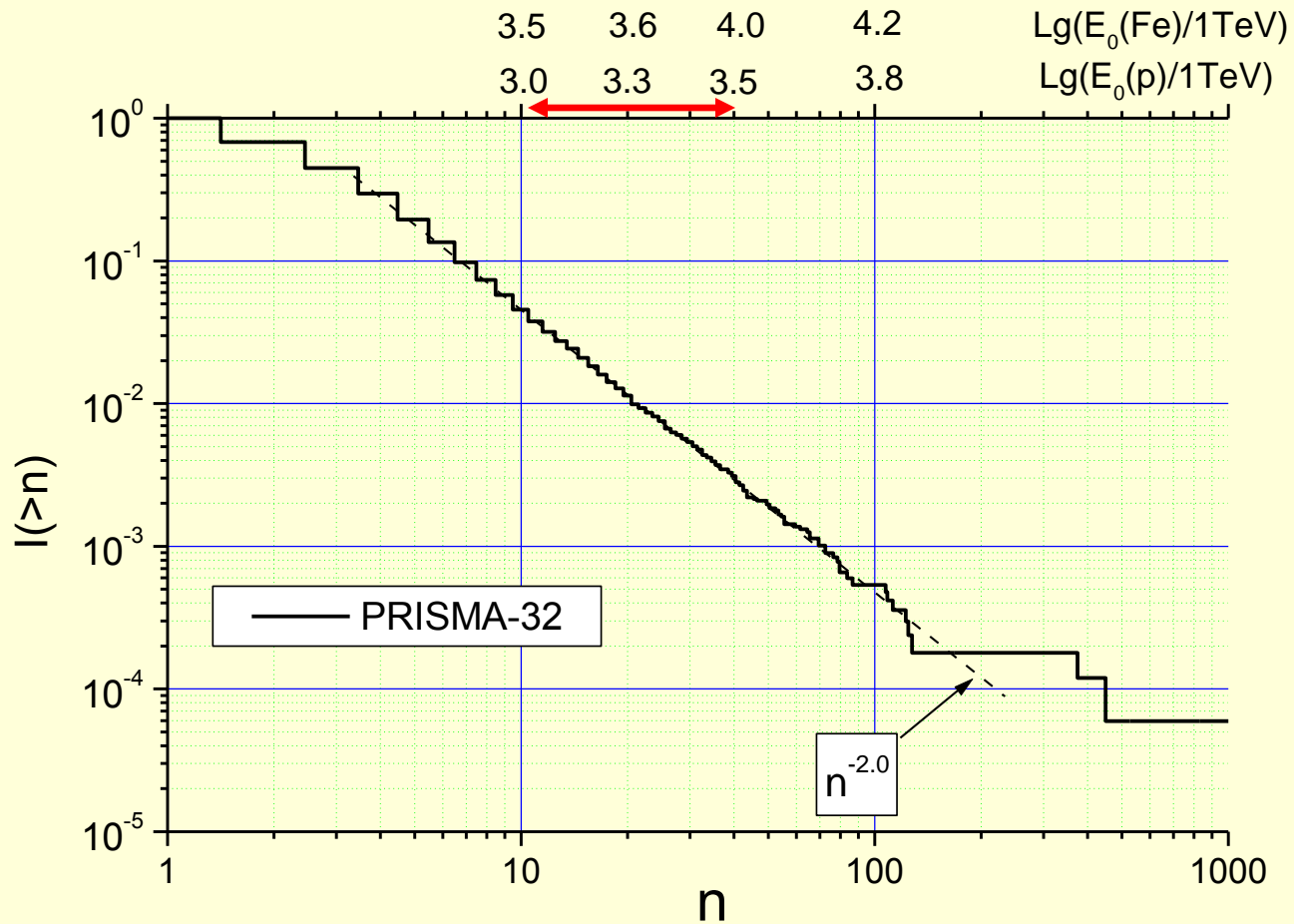
Yu.V. Stenkin, V.V. Alekseenko, et al. Chinese Physics C, v. 37, No 1, (2013)

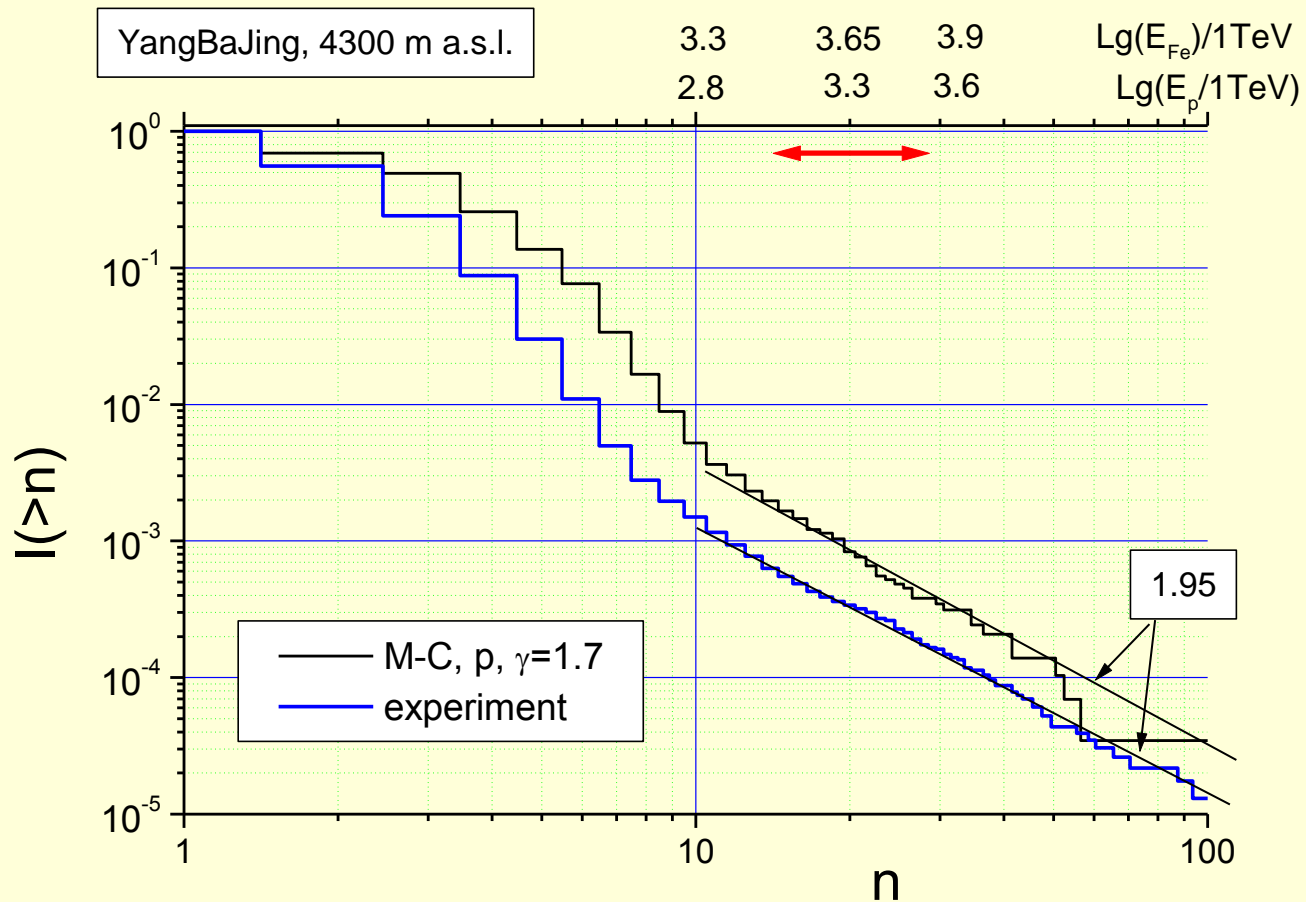
M-C для установки PRISMA-YBJ



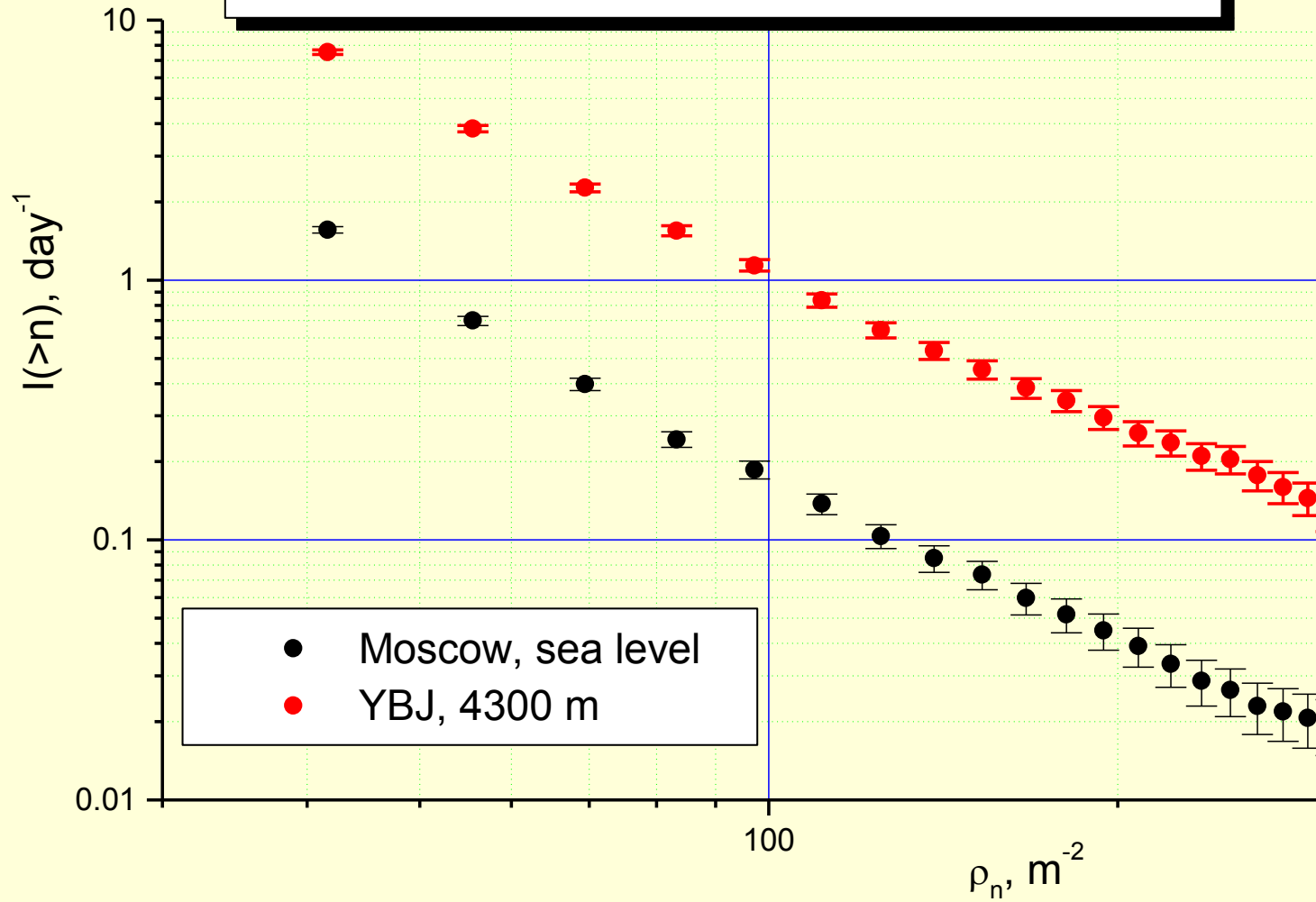
PRISMA-32: за 29 мес. набора 57755 соб.

$R < 20$ м: 30145 соб.





Спектр центральных плотностей нейтронов



Заключение

1. С помощью двух прототипов установки PRISMA измерен спектр ШАЛ по числу тепловых нейтронов в диапазоне первичных энергий 1 - 50 ПэВ на уровне моря и на высоте 4300 м
2. Измеренные спектры имеют степенной вид с наклоном, равным 1.95 ± 0.05 на высоте гор и 2.0 ± 0.05 на уровне моря.
3. Полученные спектры ШАЛ по числу нейтронов НЕ имеют излома.
4. Измеренные спектры хорошо согласуются с результатами моделирования обоих экспериментов для первичного спектра с интегральным показателем $\gamma = 1.7$
5. Абсолютная интенсивность спектра центральных плотностей ШАЛ в тепловых нейтронах на высоте 4300 м над уровнем моря в 7-8 раз выше, чем на уровне моря.

Thank you!