

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

Д.Д. Джаппуев<sup>1</sup>, В.Б. Петков<sup>1</sup>, А.У. Куджаев<sup>1</sup>, Ю.В. Балабин<sup>2</sup>,  
В.И. Волченко<sup>1</sup>, Г.В. Волченко<sup>1</sup>, Э.В. Вашенюк<sup>2</sup>, И.М.  
Дзапарова<sup>1</sup>, А.Ф. Янин<sup>1</sup>, Б.Б. Гвоздевский<sup>2</sup>, В.Ю. Гришкан<sup>1</sup>,  
Н.Ф. Клименко<sup>1</sup>, А.М. Кучмезов<sup>1</sup>, А.Н. Куреня<sup>1</sup>, А.С.  
Лидванский<sup>1</sup>, О.И. Михайлова<sup>1</sup>, М.М. Хаджиев<sup>1</sup>

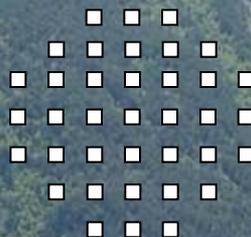
<sup>1</sup>Институт ядерных исследований РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Полярный геофизический институт Кольского научного центра РАН,  
Россия

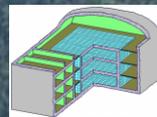
33-я ВККЛ, Дубна, 2014

Географические координаты:  $43.28^{\circ}$  с.ш. и  $42.69^{\circ}$  в.д.  
Эффективная жёсткость геомагнитного обреза: 5.7 ГВ

“Andyrchy” EAS array



BUST



“Carpet-2”  
EAS array

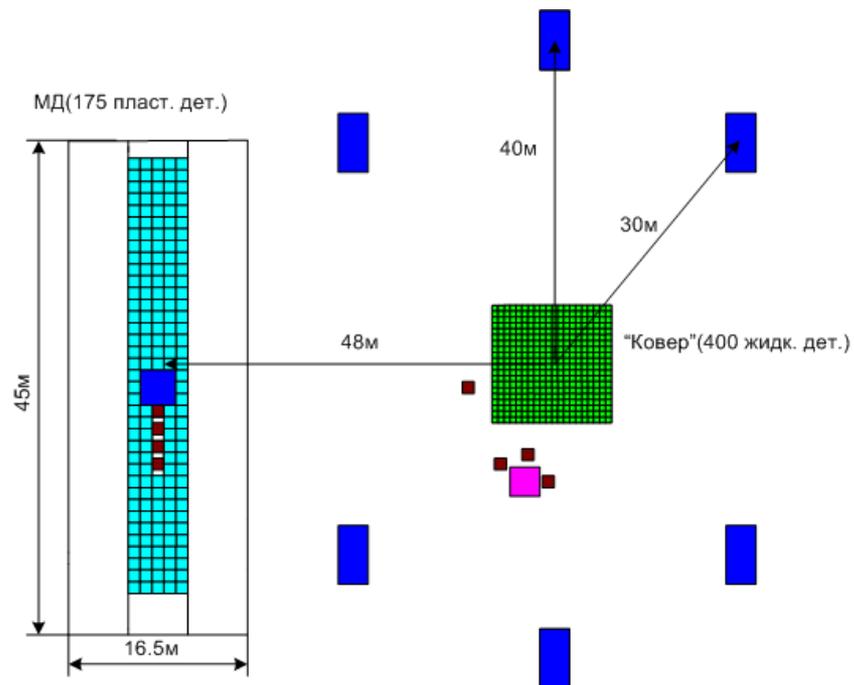


Tunnel entrance



# Ковер-2

Высота 1700 м.н.у.м.



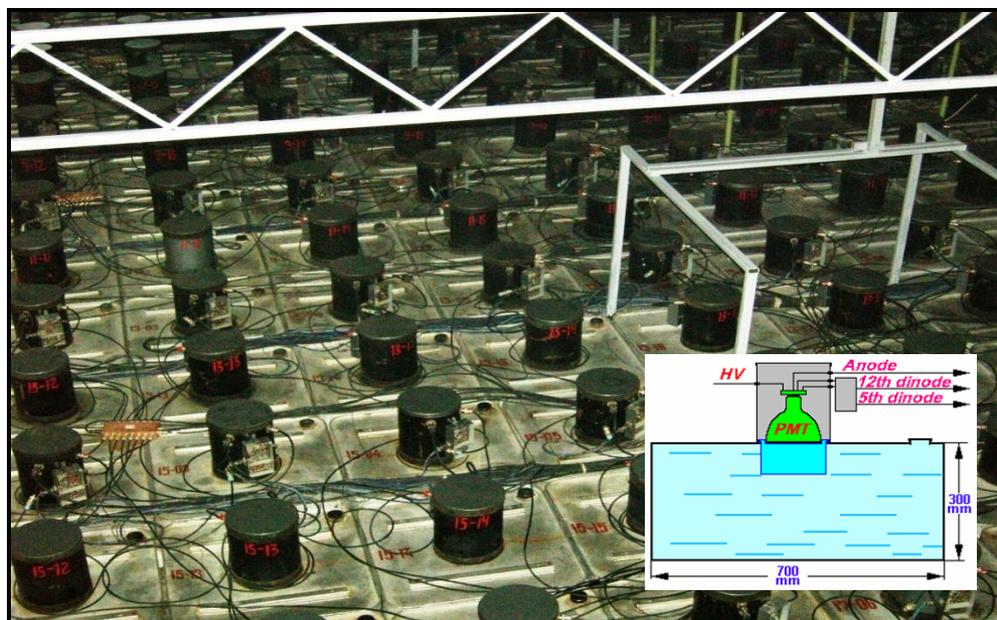
Установка "Ковер-2"

■ - выносной пункт, ■ - жидкостный детектор, ■ - нейтронный монитор,  
■ - детектор тепловых нейтронов, ■ - пластический сцинтилляционный детектор.

# Наземная часть – Ковер

Ковер состоит из 400 жидкостных сцинтилляционных детекторов, расположенных в виде квадрата со стороной 14 м и покрывающих площадь 200 кв.м. Шесть выносных пунктов (ВП) площадью 9 кв.м. каждый расположены на расстояниях 30 и 40 м от центра . Каждый детектор “Ковра” измеряет энерговыделение в диапазоне 10–5000 релятивистских частиц Большая непрерывная площадь и малая ячеистая структура установки “Ковер” позволяют определять параметры ШАЛ (при условии попадания оси в установку) с погрешностью:

$$\Delta X = \Delta Y \leq 0.35 \text{ м}, \Delta Ne/Ne \approx 0.1, \Delta s/s \approx 0.02$$



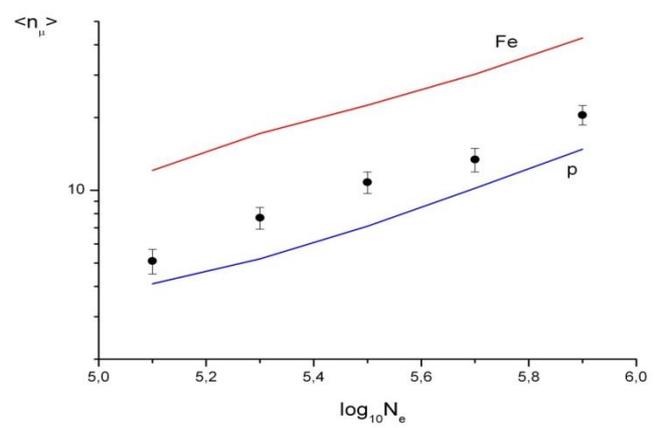
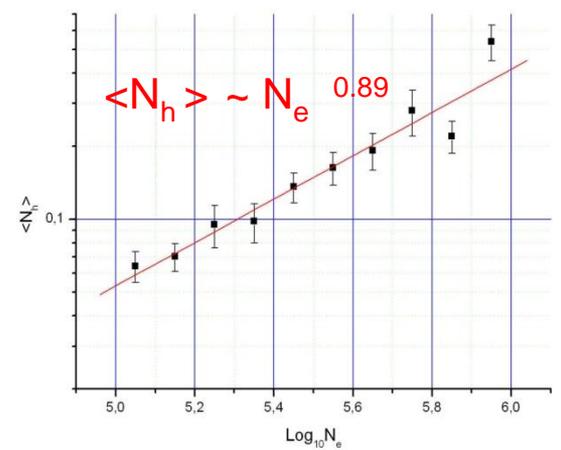
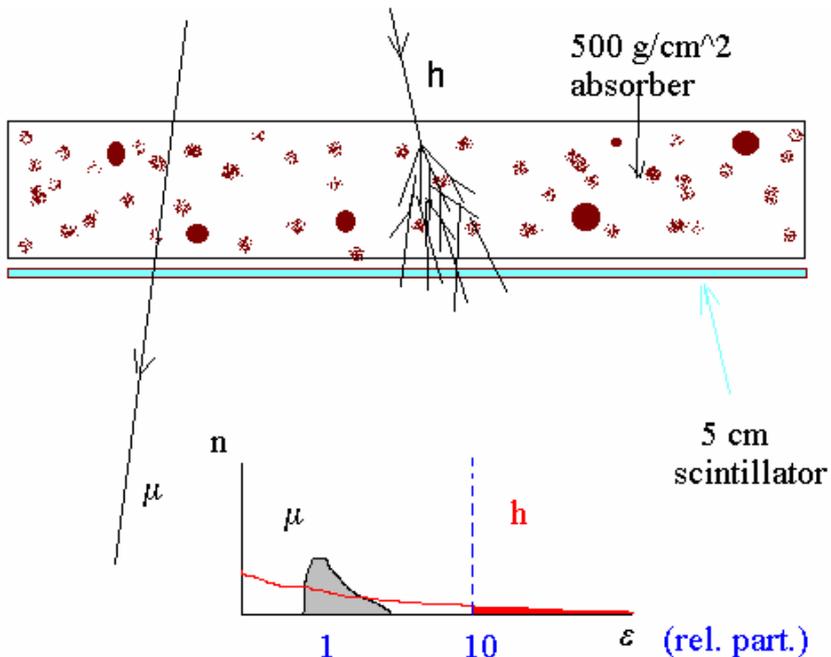
## Подземный мюонный детектор

МД состоит из 175 (5мх35 м) пластиковых сцинтилляционных детекторов площадью 1 м<sup>2</sup> каждый, закрепленных к потолку среднего подземного туннеля. Толщина поглотителя над детектором равна 500 г/м<sup>2</sup>, что соответствует пороговой энергии для вертикальных мюонов 1 ГэВ, а расстояние между центрами «Ковра» и МД равно 47 м. Каждый детектор МД измеряет энерговыделение в интервале 0.5-100 релятивистских частиц. Толщина поглотителя электронной компоненты 500 г/м<sup>2</sup> и сплошной ковер сцинтилляционных детекторов, позволяют использовать МД как для регистрации мюонов, так и адронов. Действительно, толщина поглотителя над мюонным детектором (~ 20 радиационных единиц) достаточна для поглощения подавляющей части электромагнитной компоненты ливней и недостаточна для поглощения адронной компоненты (~ 5 ядерных пробегов). Эта толщина примерно соответствует максимуму ядерного каскада и адроны взаимодействуют в поглотителе с вероятностью близкой к 100 %.

**Удачная конструкция мюонного детектора, а также разработанная методика позволяет разделить мюоны и адроны в мюонном детекторе**

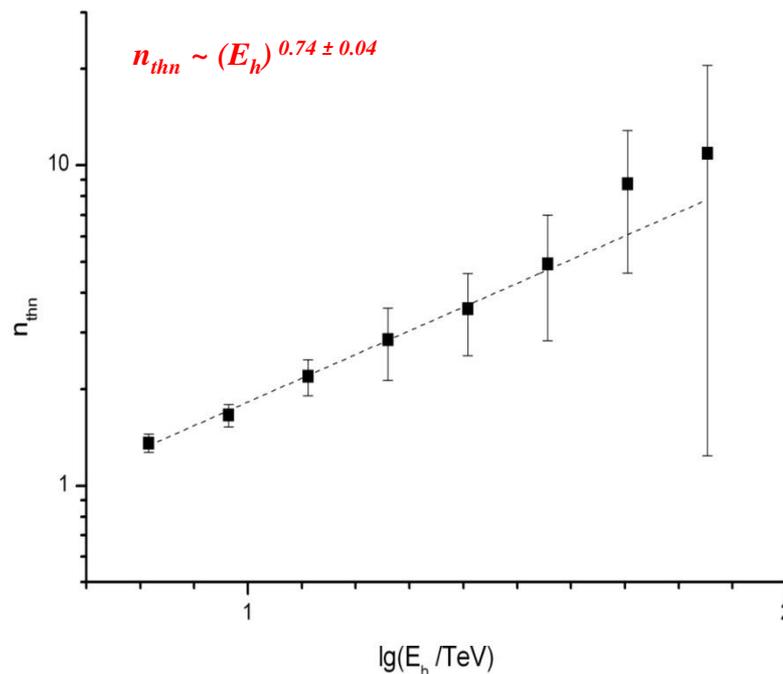


# Измерения характеристик мюонной с $E > 1$ ГэВ и адронной компоненты ШАЛ с $E > 10$ ГэВ.



## МД – ПОДЗЕМНЫЙ АДРОННЫЙ КАЛОРИМЕТР

В туннеле мюонного детектора установлены детекторы тепловых нейтронов на основе светосостава  $\text{ZnS(Ag)+}^6\text{LiF}$  ( $\epsilon=20\%$ ), предложенные Ю.В. Стенькиным. Эти данные наряду с данными по адронам, полученными с использованием метода однослойного адронного калориметра, позволяют анализировать параметры "нейтронного пара" сопровождающего адроны высокой энергии.



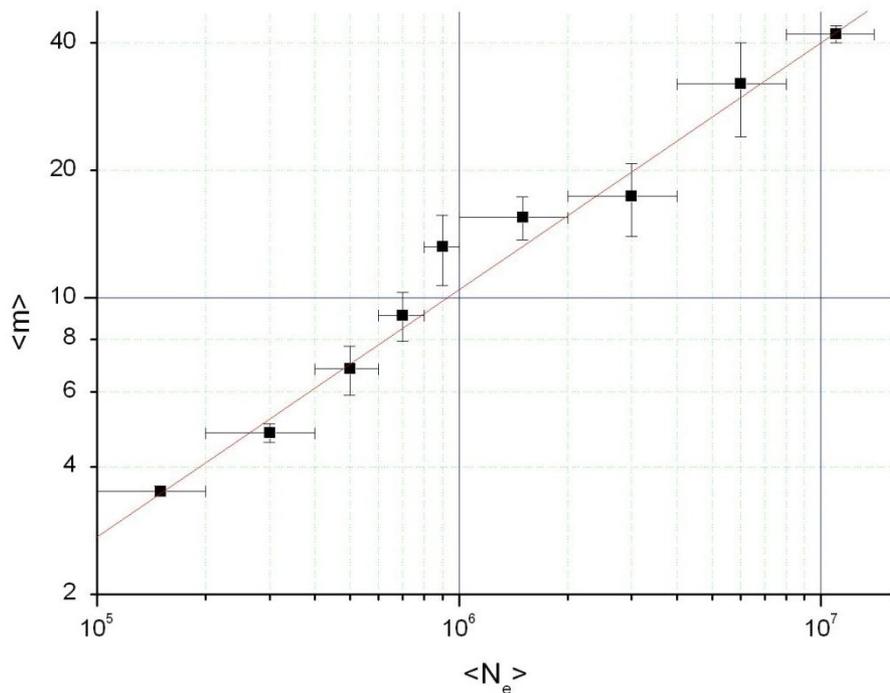
Зависимость среднего числа тепловых нейтронов, зарегистрированных детекторами ТН, от суммарной энергии адронов в МД

# Baksan Neutron Monitor



НМ стандартного типа 6НМ64 площадью 6 кв.м. состоит из свинцового генератора, полиэтиленового замедлителя и шести пропорциональных борных счетчиков типа СНМ15 (15 × 200) кв.см, заполненных газом ВF3 под давлением 0.2 атм.

# Измерения характеристик адронной компоненты ШАЛ с энергиями адронов $> 50$ МэВ



$N_e: 10^5 - 10^7$   
 $E_h: \sim (1 - 200) \text{ ГэВ}$

Зависимость кратности генерации нейтронов в НМ от  $N_e$ .

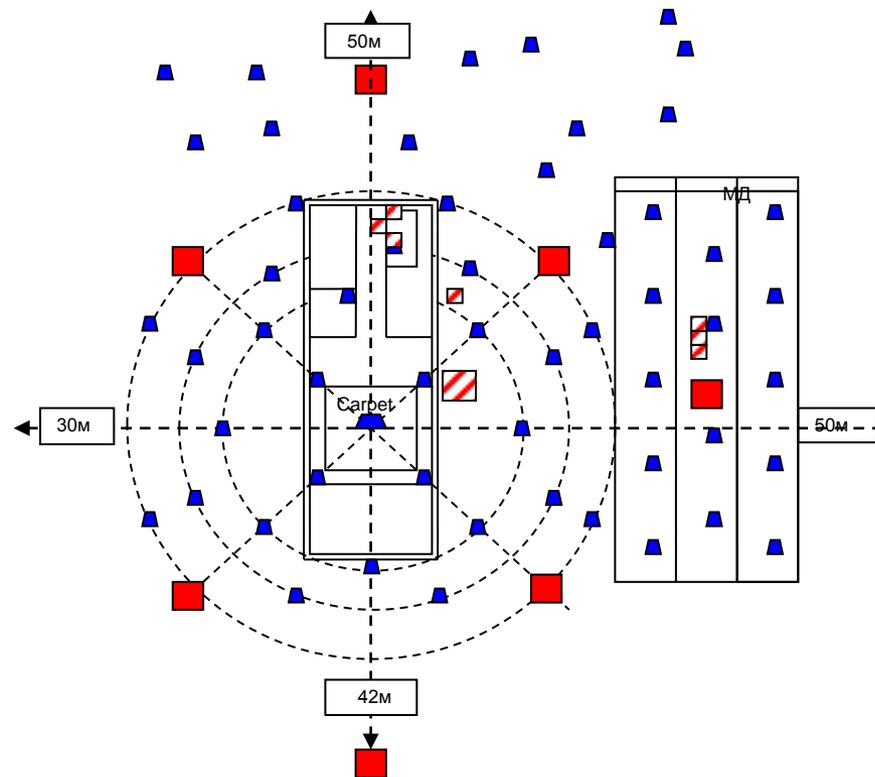
## «Ковер-3» -дальнейшее развитие установки «Ковер-2»

Для создания установки предполагается:

1. Увеличение светосилы установки и точности определения координат осей ливней, для этого в круге с радиусом 50 м. вокруг «Ковра» будут установлены 61 индивидуальных сцинтилляционных детекторов с площадью каждого  $1 \text{ м}^2$ . Полная площадь установки будет при этом равна  $6000 \text{ м}^2$
2. Увеличение непрерывной площади мюонного детектора до  $615 \text{ м}^2$ .(сейчас она равна  $175 \text{ м}^2$ ).
3. Увеличение общей площади ДТН до  $15 \text{ м}^2$ (сейчас она равна  $5 \text{ м}^2$ ).

# Установка Ковер-3

## расположение детекторов на местности



▲ 61 сцинтилляционных детектора по 1 кв.м. на поверхности

■ выносные пункты сцинтилляционных детекторов по 9 кв.м

▨ детекторы тепловых нейтронов 15 кв.м

# Установка «Ковер-2»

Баксанский  
Нейтронный  
монитор

Большой мюонный детектор

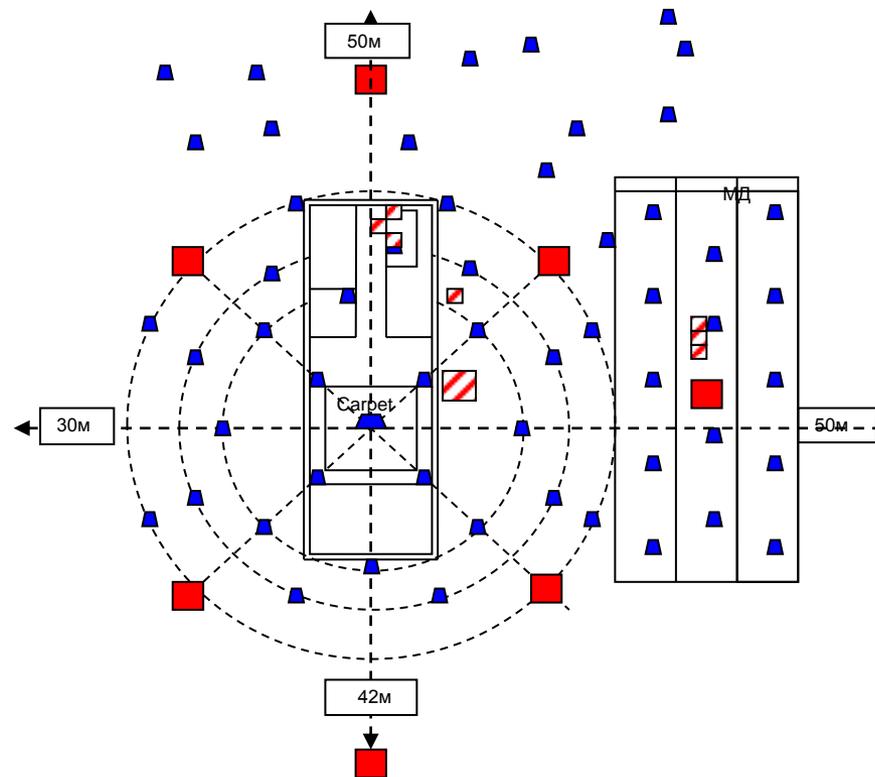
Ковер

Выносные пункты



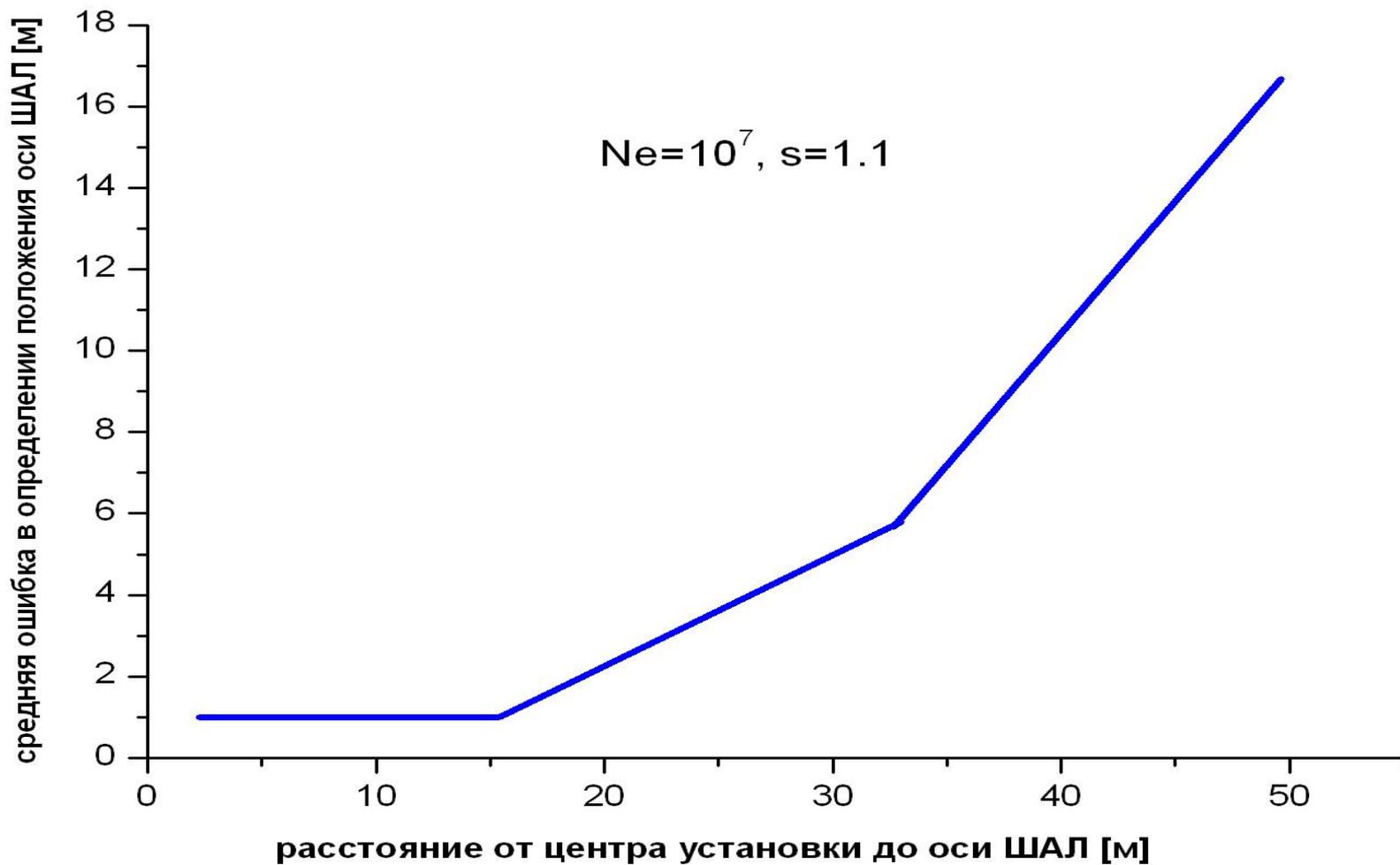
# Установка Ковер-3

## расположение детекторов на местности



- ▲ 61 сцинтилляционных детектора по 1 кв.м. на поверхности
- выносные пункты сцинтилляционных детекторов по 9 кв.м
- ▨ детекторы тепловых нейтронов 15 кв.м

# Точность определения оси ШАЛ



# Установка Ковер-3

Для ШАЛ будут измеряться 9 параметров:

$x_1 = N_{ch}^C$  - число заряженных частиц в "Ковре";

$x_2 = N_{ch}^R$  - число заряженных частиц в выносных пунктах;

$x_3 = s^C$  - наклон функции пространственного распределения заряженных частиц вблизи оси ШАЛ;

$x_4 = N_{\mu}^{MD}$  - число мюонов в мюонном детекторе;

$x_5 = N_h^{MD}$  - число адронов с энергией выше  $\sim 10$  ГэВ в мюонном детекторе;

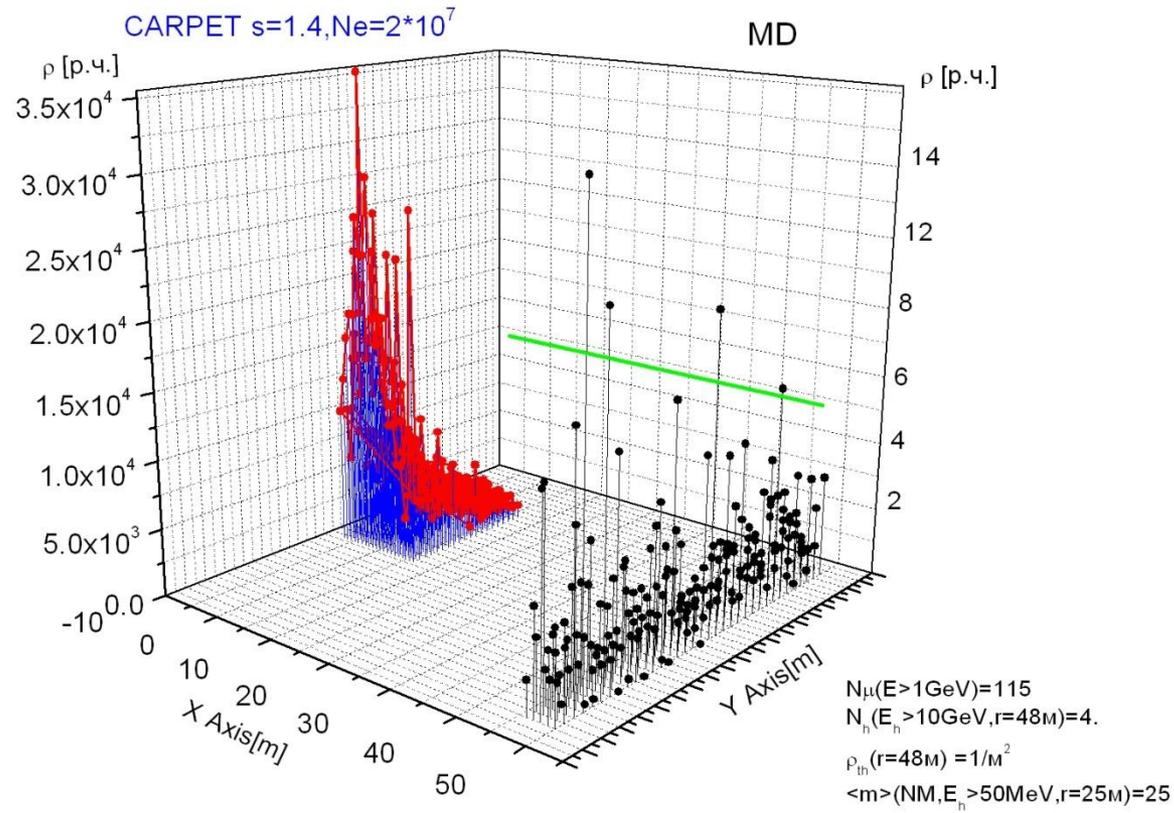
$x_6 = N_n^{ND}$  - число нейтронов, зарегистрированных детекторами тепловых нейтронов;

$x_7 = N_h^{NM}$  - число адронов с энергией выше  $\sim 50$  МэВ в НМ;

$x_8 = N_c$  - центральная плотность ШАЛ;

$x_9 = \Delta T$  - Толщина фронта ШАЛ

# Зарегистрированный ШАЛ на установке «Ковер-2» (6 параметров)



# Физические задачи: изучение спектра и состава ПКИ ( $10^{14} - 10^{16}$ эВ)

Метод:

по набору  $n$  экспериментально измеренных параметров ШАЛ методом решения обратной задачи будут определяться  $E_0$  и  $A$  для первичных частиц.

## Статистика

Ожидаемое число ШАЛ от ПКИ с энергиями  $E_0 > 3 \cdot 10^{15}$  эВ и с осями, лоцированными внутри установки будет равна  $\approx 50$  за сутки

# Изучение вариаций интенсивности космических лучей

- мониторинг интенсивности космических лучей;
- измерения высокоэнергичной части спектров солнечных космических лучей во время мощных солнечных вспышек;
- вариации интенсивности космических лучей во время метеорологических возмущений электрического поля атмосферы;

## Статус установки Ковер-3

### Текущее состояние

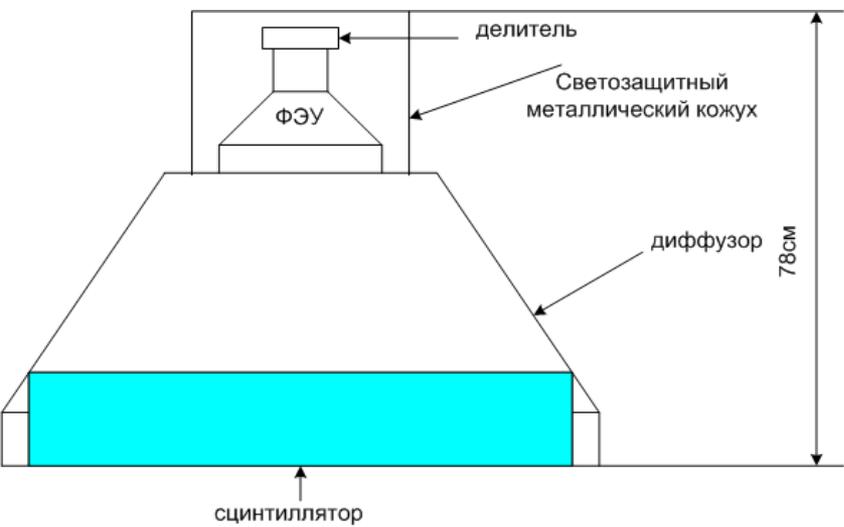
1. Изготовлены 235 пластических сцинтилляционных детекторов и т.о. общая непрерывная площадь МД достигнута до значения 410 кв.м.(410 детекторов) .
2. Изготовлены детекторы тепловых нейтронов на основе неорганического сцинтиллятора ZnS с добавкой Li<sup>6</sup> в количестве 8-и штук (с общей площадью 5м<sup>2</sup>), 4-е детектора установлены в туннеле МД, еще 4-е вблизи Ковра на поверхности .Все они включены в регистрацию.
3. Разработана и изготовлена электроника для 143 пластических сцинтилляционных детекторов .
4. Начаты расчеты с использованием пакета программ CORSIKA для моделирования ШАЛ. **Подробно :постер ID:75**

# 1-й тоннель МД(205 детекторов)



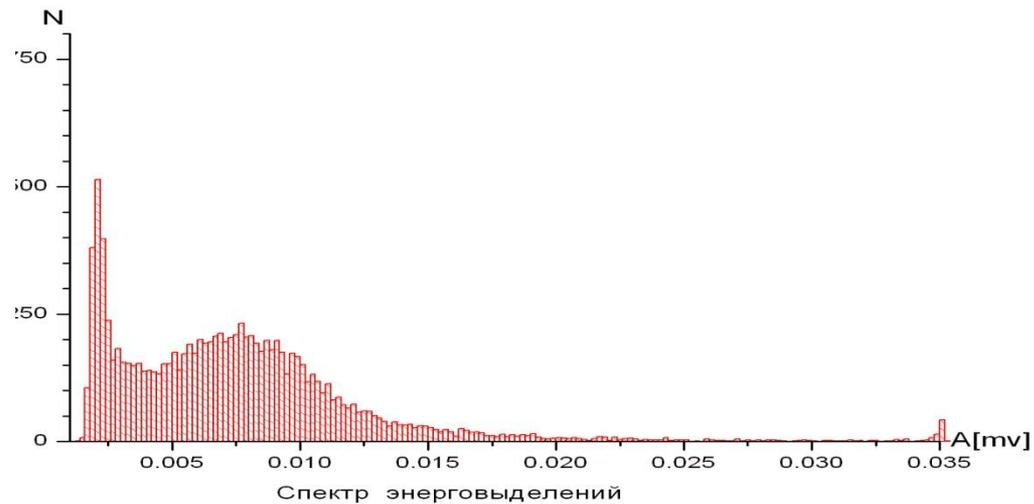
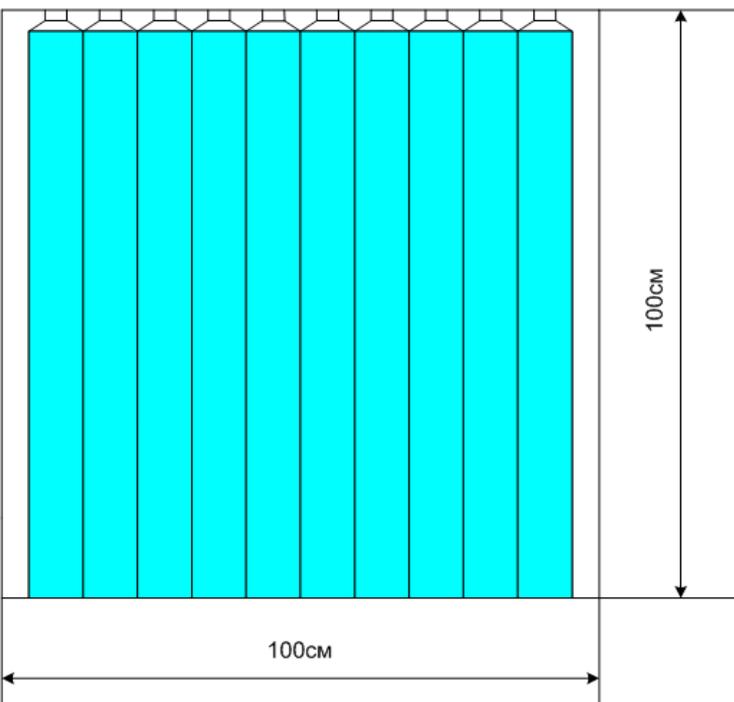
# 3-й туннель МД корпуса пластиковых сцинтилляционных детекторов





Цена 1м<sup>2</sup> пластического сцинтиллятора в 2013г была равна 100 тыс. руб, а полная стоимость всего сцинтиллятора более 20 млн. руб.

Рассматривается возможность использования жидкого сцинтиллятора.



## **Заключение**

- 1. В Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН создается установка «Ковер-3», предназначенная для исследования широких атмосферных ливней в области излома энергетического спектра ПКИ.**
- 2. Общая непрерывная площадь мюонного детектора увеличена до 410 кв.м..**
- 3. Начаты расчеты с использованием пакета программ CORSIKA для моделирования ШАЛ .**

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**