

# Исследование энергосвидечения групп мюонов в черенковском водном детекторе НЕВОД

Р.П.Кокоулин, А.Г.Богданов, Д.М.Громушкин, Л.И.Душкин,  
Е.А.Задеба, В.В.Киндин, Е.А.Ковыляева, К.Г.Компаниец,  
Дж.Маннокки, А.А.Петрухин, О.Сааведра, Дж.Тринкоро,  
В.А.Хомяков, С.С.Хохлов, Д.В.Чернов, В.В.Шутенко, И.И.Яшин

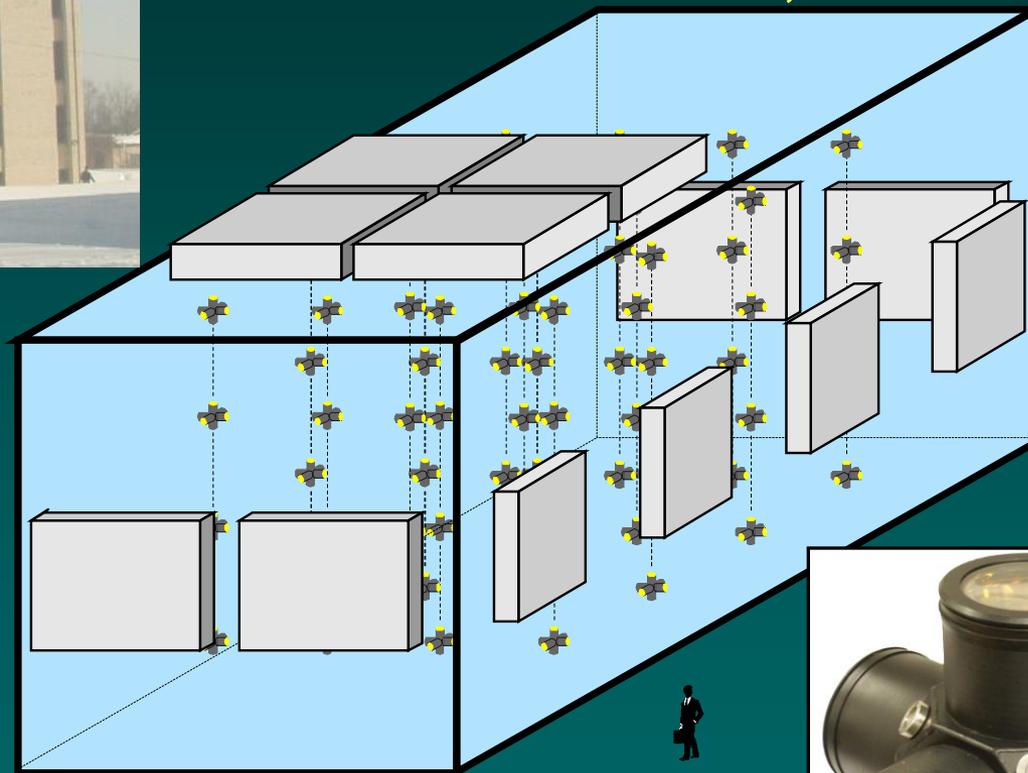
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
Институт физики межпланетного пространства, Турин  
Отделение физики Туринского университета, Турин

# Экспериментальный комплекс НЕВОД-ДЕКОР



## НЕВОД:

объем 9 x 9 x 26 м<sup>3</sup> ;  
91 КСМ; 546 ФЭУ-200



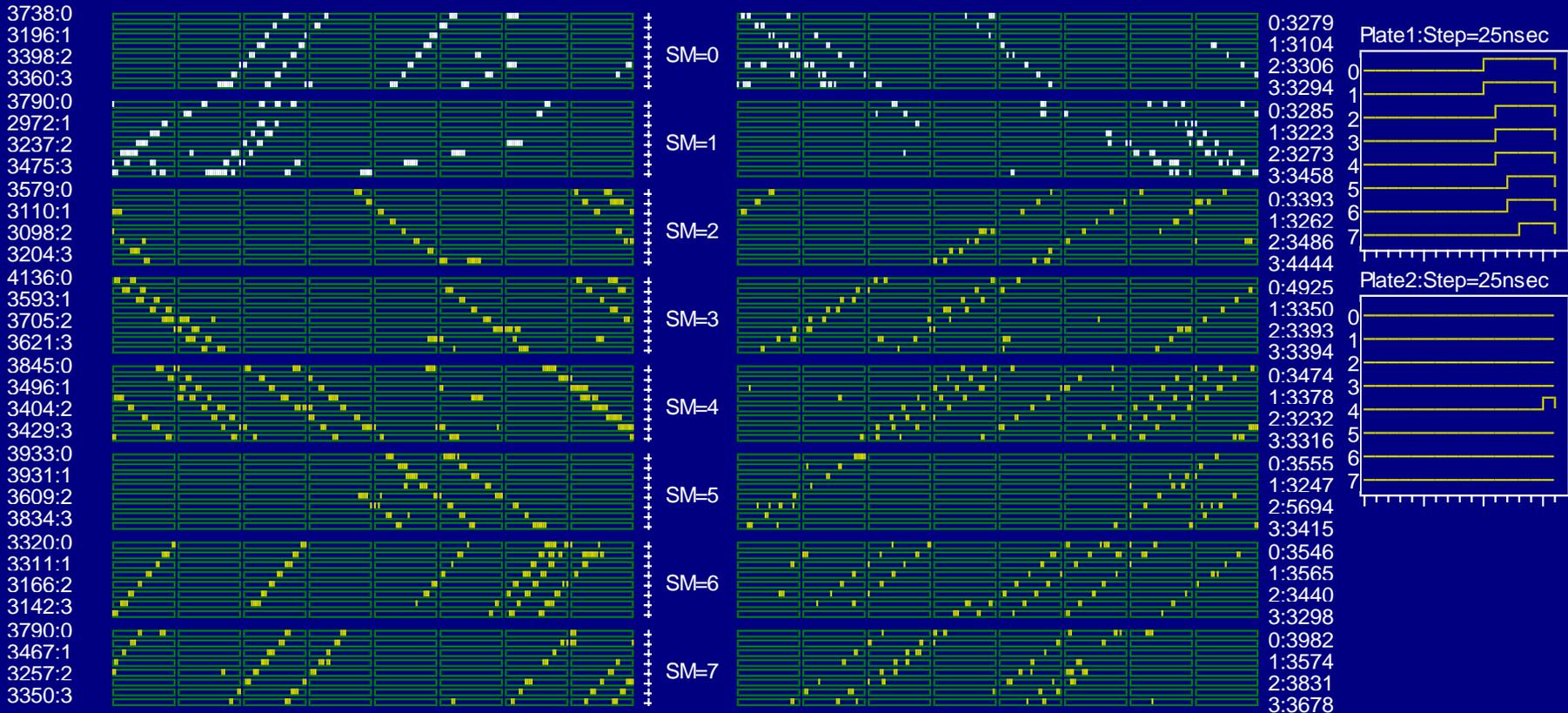
## ДЕКОР:

8-слойные СМ из  
стримерных трубок;  
точность ~ 1 см,  
углы лучше 1°.

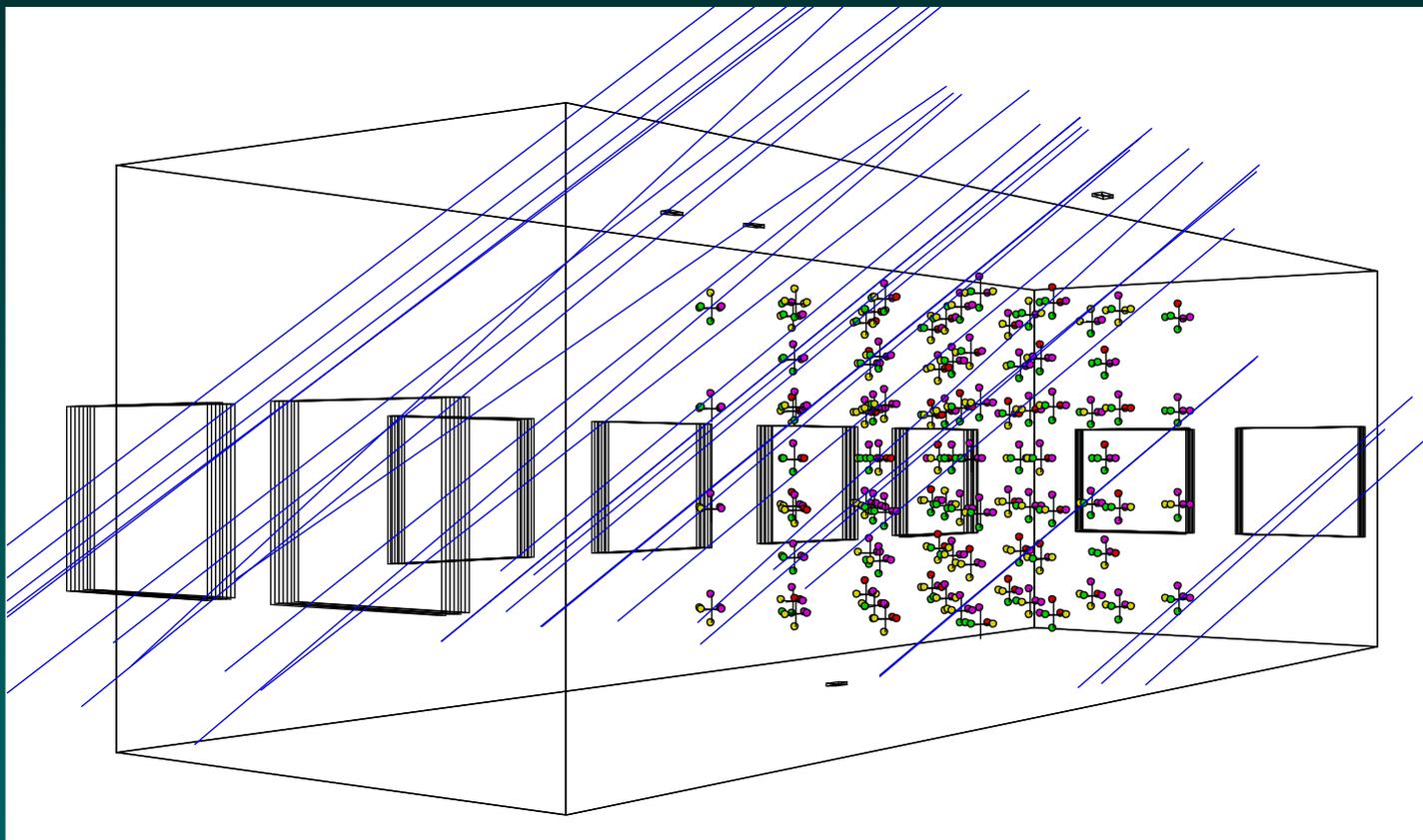


# Отклик координатно-трекового детектора ДЕКОР для события с группой мюонов

Run 239 --- Event 595423 ----06-05-2012 01:34:04.17 Trigger(1-16):01111000 00010000 Weit\_Time:294.108 msec

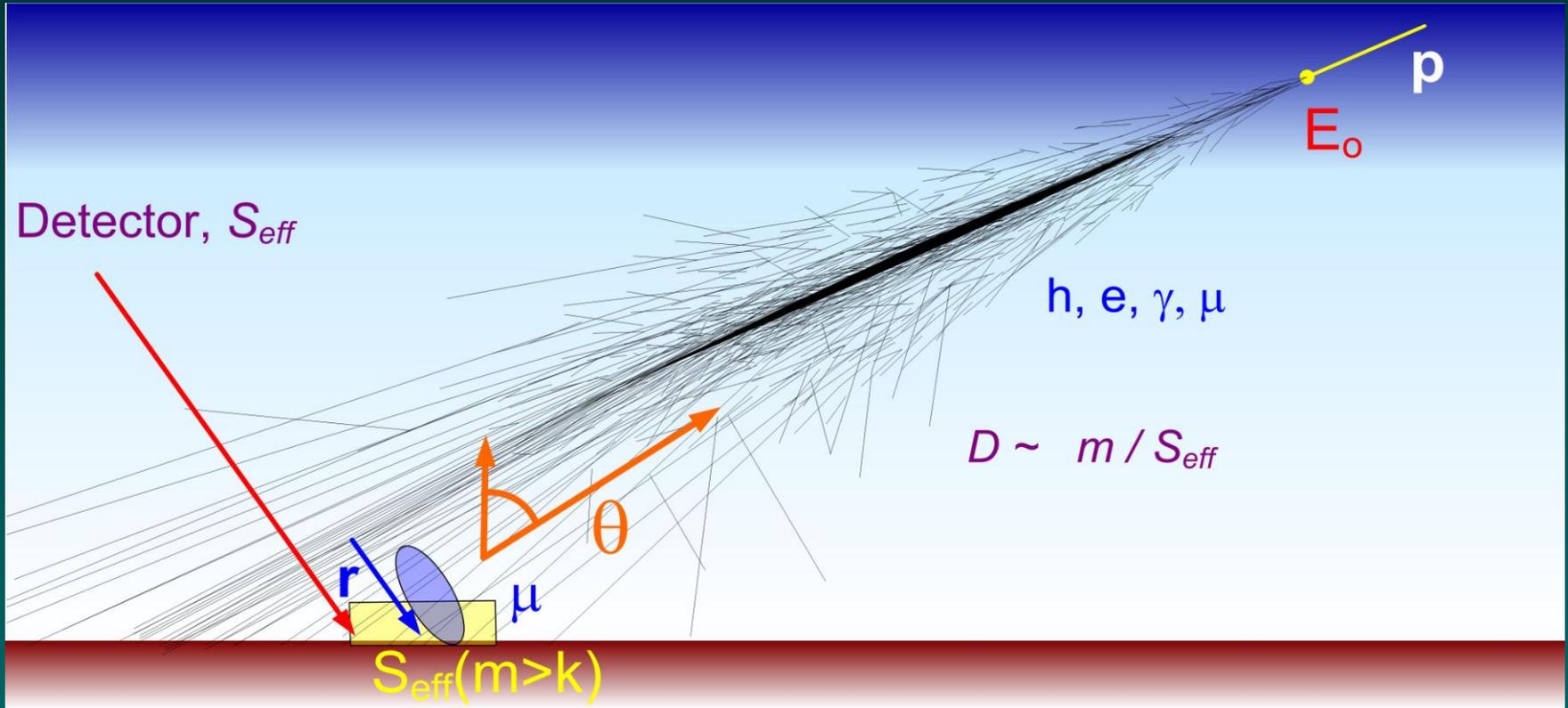


# Пример события с группой мюонов в комплексе НЕВОД-ДЕКОР (геометрическая реконструкция)



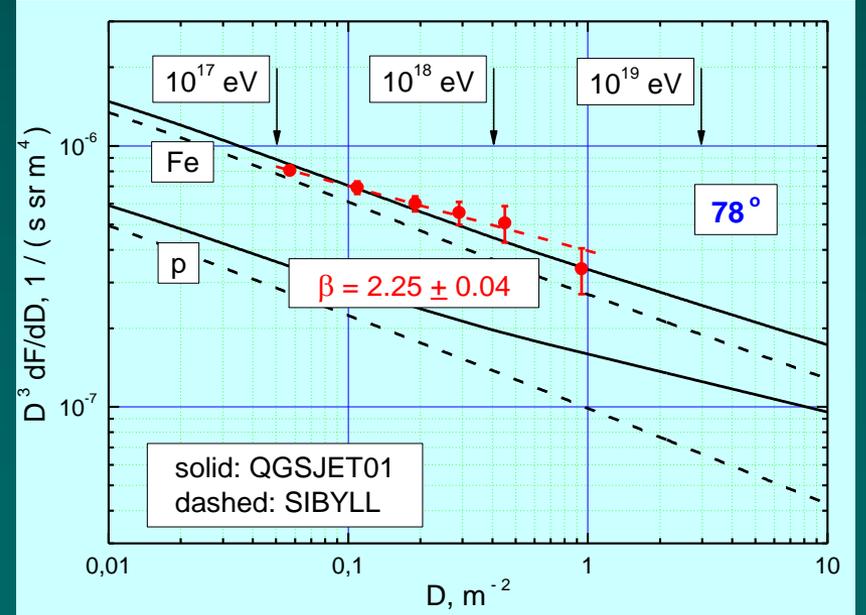
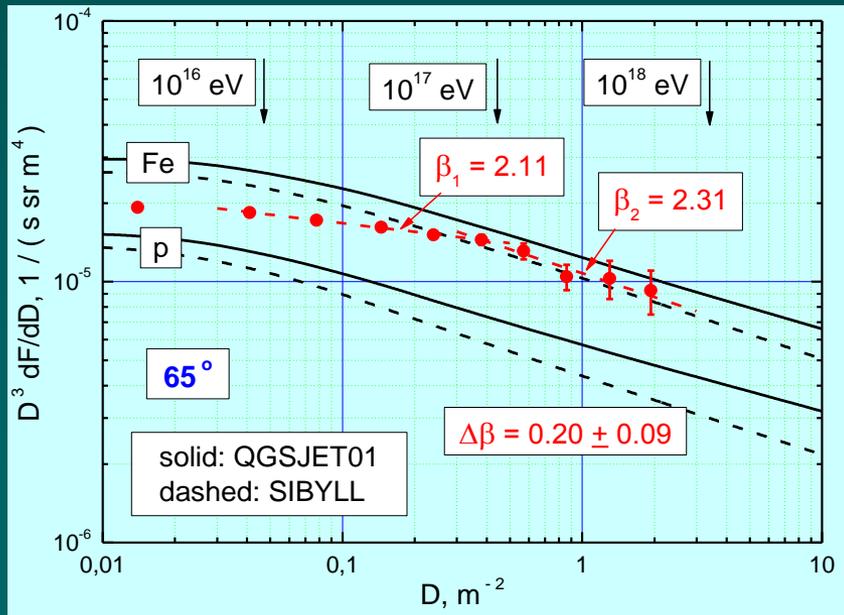
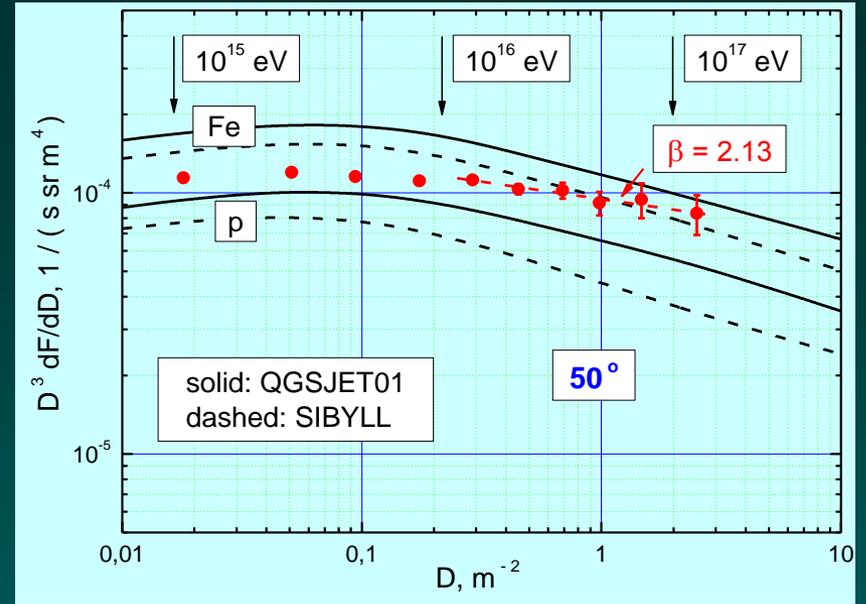
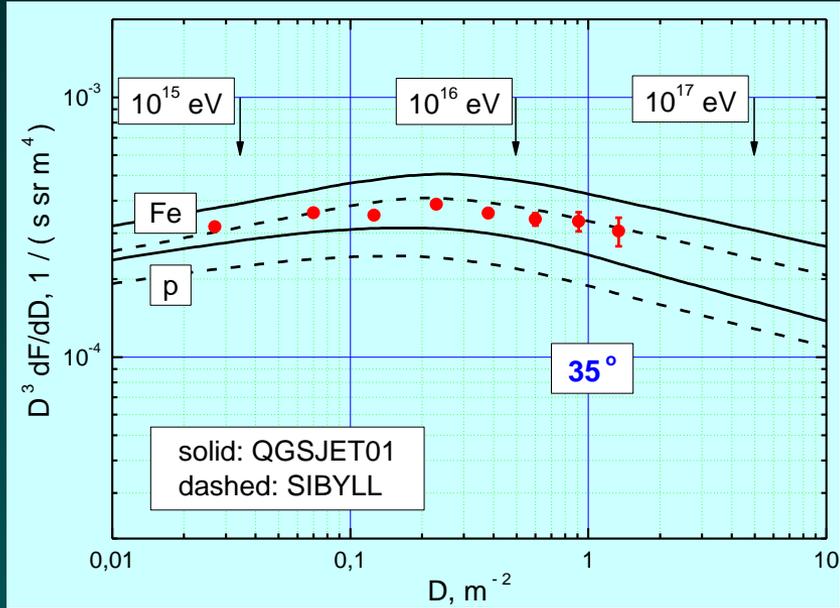
Плотность мюонов в группах оценивается по данным координатного детектора ДЕКОР; их энергосодержание измеряется в черенковском калориметре НЕВОД.

# Новый подход к анализу данных по группам мюонов: метод спектров локальной плотности мюонов (СЛПМ) при разных зенитных углах

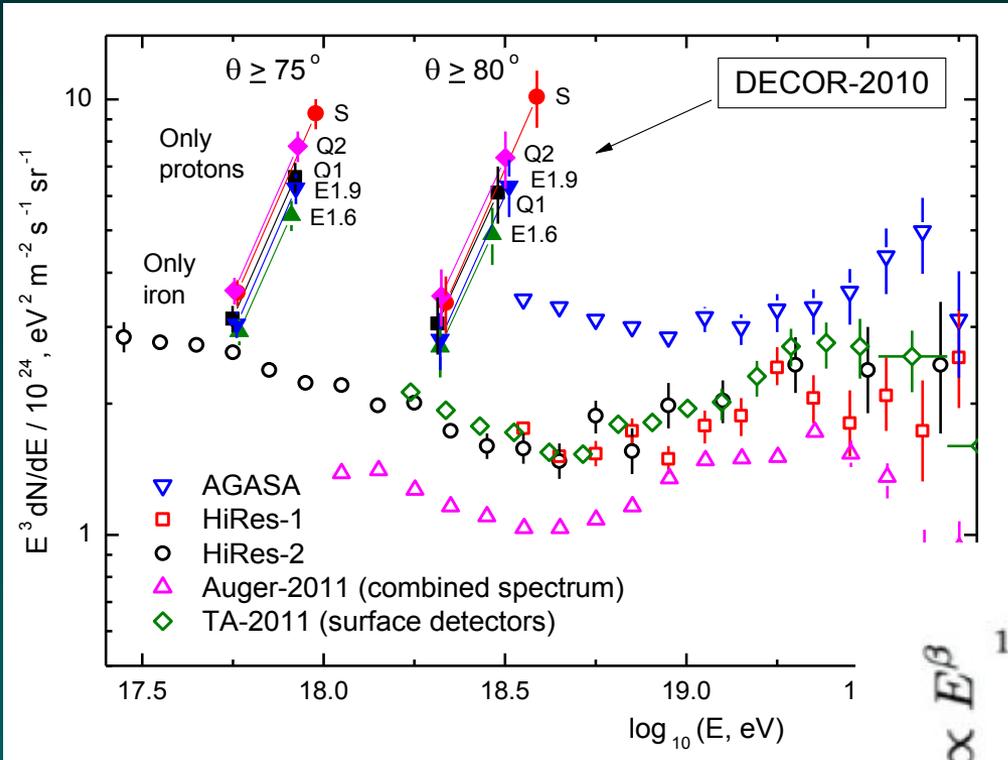


В индивидуальном событии оценивается локальная плотность мюонов (в точке наблюдения). Измерение СЛПМ при разных зенитных углах позволяет проводить исследования в широком интервале первичных энергий.

# НЕВОД-ДЕКОР: спектры плотности мюонов при разных зенитных углах (данные 2002-2007 гг)

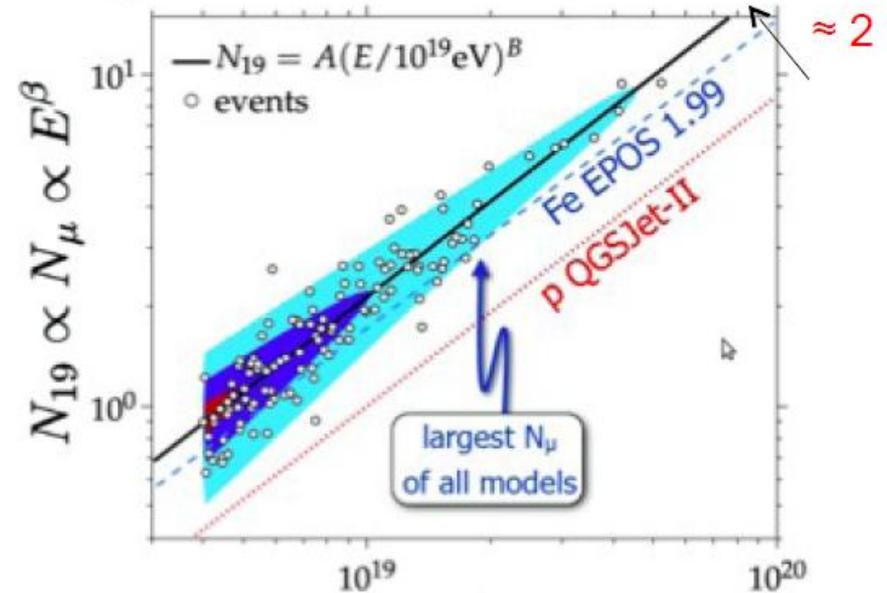


# Проблема избытка мюонов в ШАЛ (мюонных групп) при сверхвысоких первичных энергиях



Pierre Auger (preliminary)

DECOR-2010



# Проблема избытка мюонов при сверхвысоких первичных энергиях

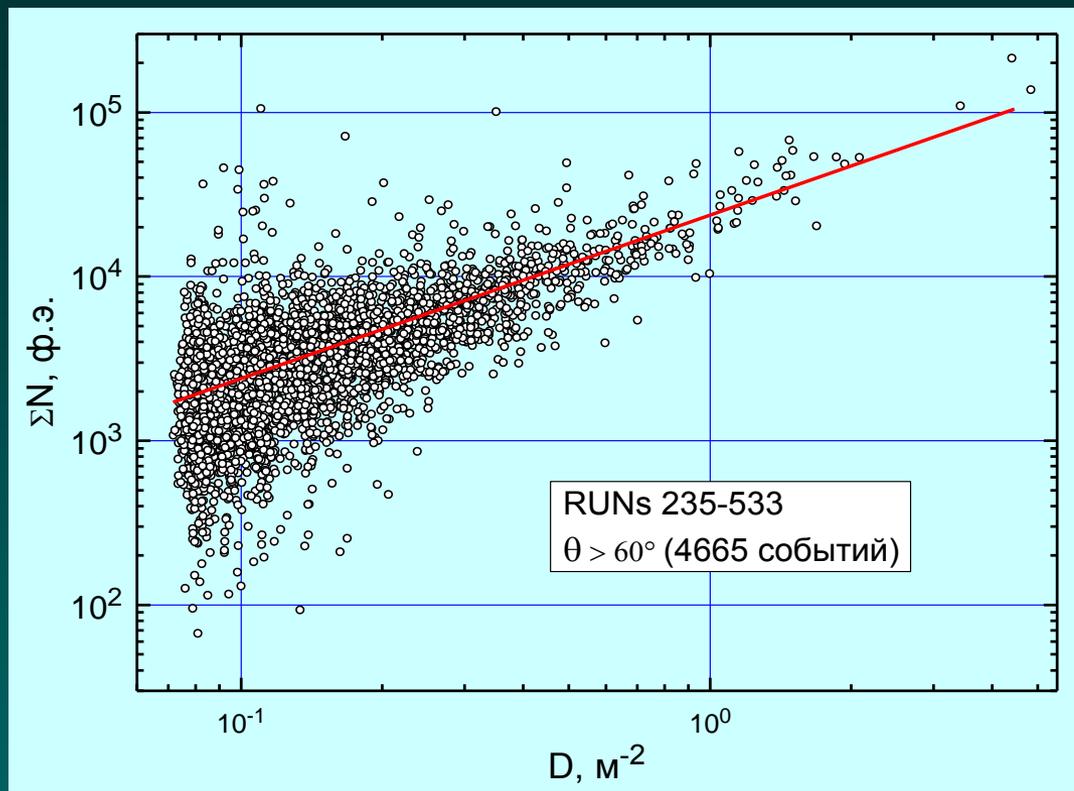
В ряде экспериментов наблюдается избыток групп мюонов по сравнению с расчетом, даже в предположении тяжелого (ядра железа) состава ПКЛ.

Необходимо измерение (оценка) энергетических характеристик мюонной компоненты. Возможный подход – измерение энергосвечения групп мюонов в веществе детектора.

Средние потери энергии мюонов  $dE/dX \sim a + bE$ ; если в группах появляется избыток мюонов высоких энергий, это должно отразиться на зависимости энергосвечения  $\Delta E$  от энергии первичной частицы.

Эксперимент по исследованию энергосвечения мюонных групп на комплексе НЕВОД-ДЕКОР начат в мае 2012 года. Здесь представлены первые результаты анализа данных за 5540 ч измерений (до марта 2013 г.).

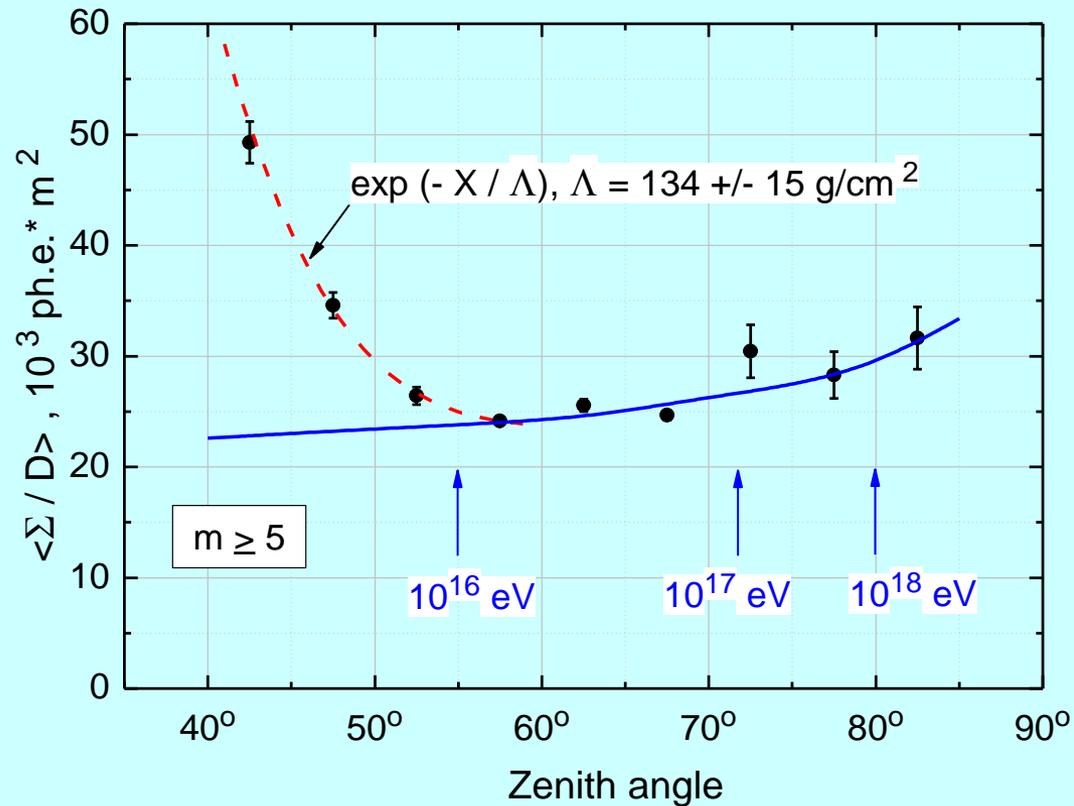
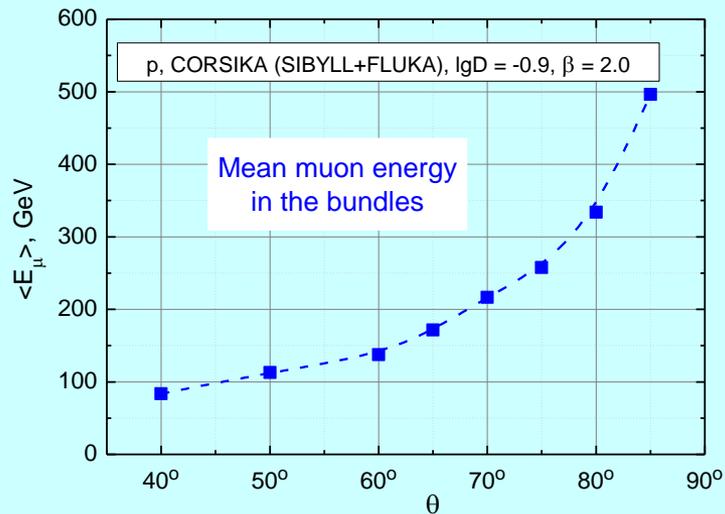
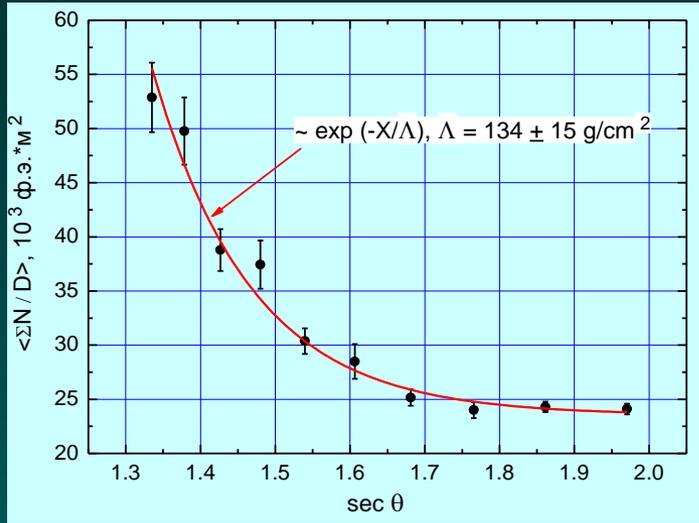
# Корреляции суммарного энерговыведения с плотностью мюонов



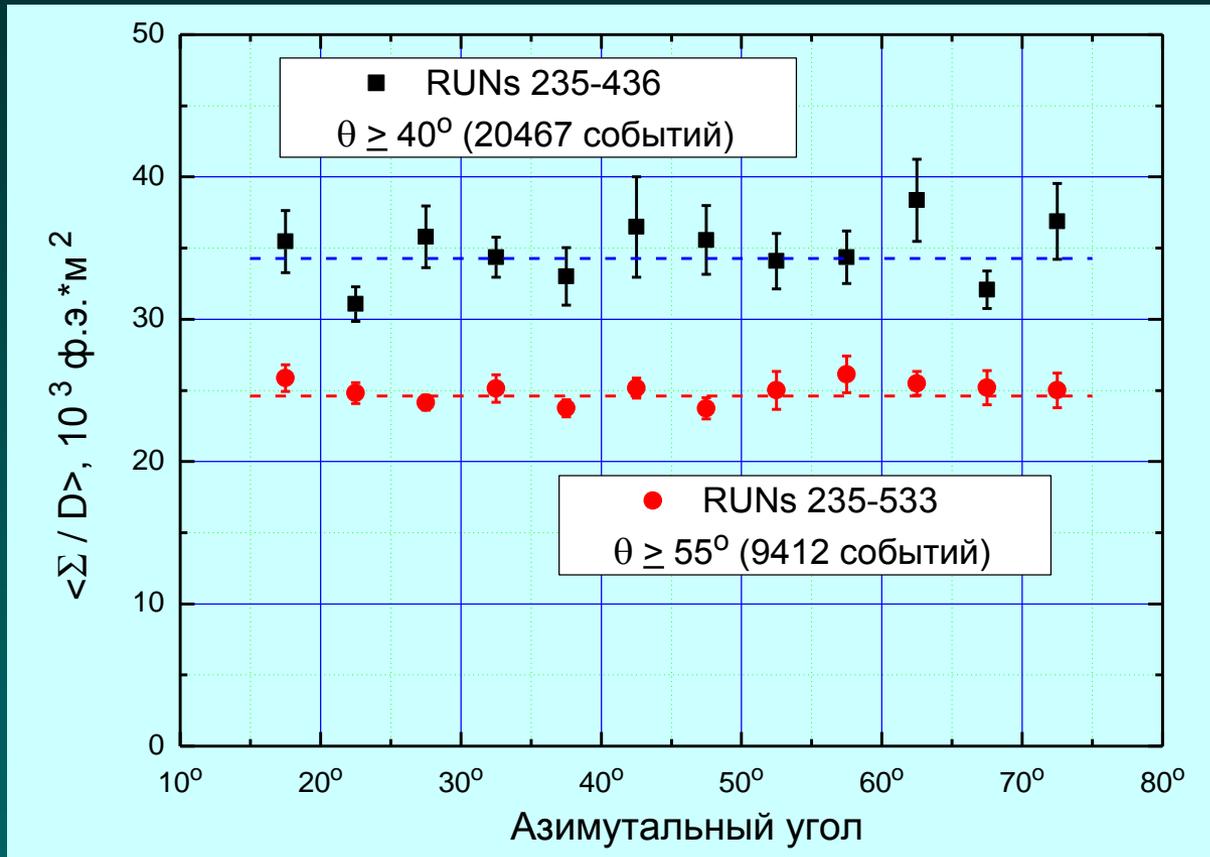
В первом приближении, суммарное энерговыведение пропорционально плотности мюонов в группе. Поэтому далее мы рассматриваем удельное энерговыведение  $\Sigma N(\text{ф.э.}) / D$  (нормированное на плотность мюонов).

# Зависимость удельного энерговыделения от зенитного угла

При малых углах существенен вклад электронно-фотонной и адронной компонент ШАЛ. При  $\theta \geq 60^\circ$  практически чистые мюоны.

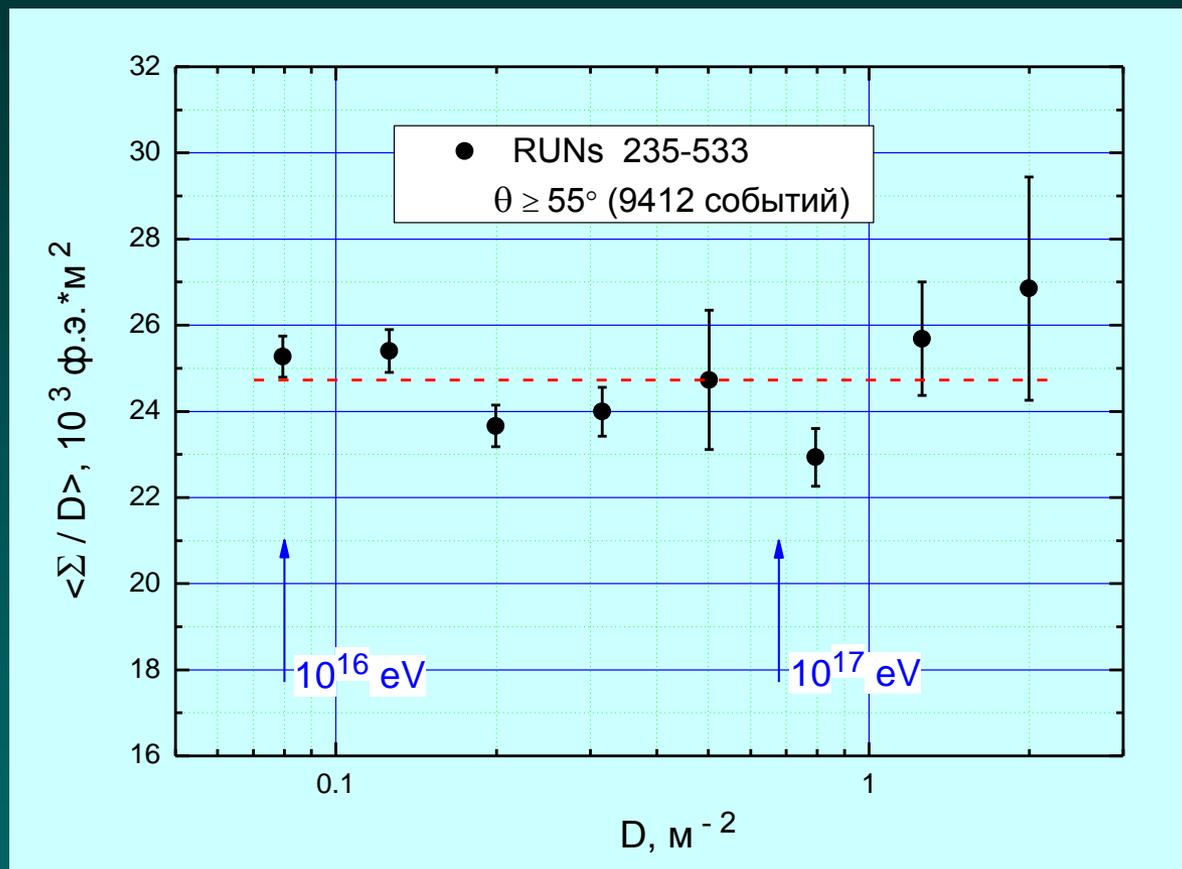


# Зависимость удельного энерговыделения от азимутального угла



Неидеальная изотропность измерительной решетки НЕВОД не сказывается на измерениях угловой зависимости отклика на прохождение мюонных групп.

# Зависимость удельного энерговыделения от плотности мюонов ( $\theta \geq 55^\circ$ )



Фактически, для фиксированного диапазона зенитных углов - это измерение зависимости  $\langle \Sigma / D \rangle$  от первичной энергии.

# Заключение

На комплексе НЕВОД-ДЕКОР проводится эксперимент по измерению энергосвыделения групп мюонов в наклонных ШАЛ.

Результаты обработки данных, полученных в первой серии измерений (5540 часов), показали, что наблюдается существенная зависимость среднего удельного энергосвыделения (нормированного на плотность мюонов) от зенитного угла.

Полученная зависимость удовлетворительно согласуется с ожидаемой, рассчитанной на основе моделирования по программе CORSIKA.

Накопление экспериментальных данных, их обработка и анализ продолжаются.

Спасибо за внимание