

33-я Всероссийская конференция по космическим лучам

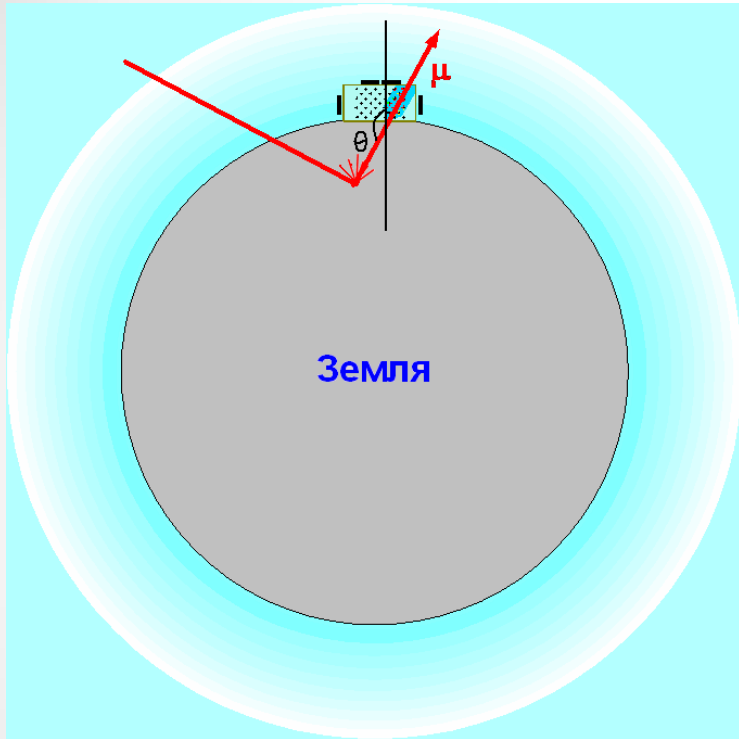
Исследование потока альбедных мюонов на экспериментальном комплексе НЕВОД-ДЕКОР

В.С. Кругликова, Н.С. Барбашина, А.Г. Богданов, В.В. Киндин,
Е.А. Ковыляева, Р.П. Кокоулин, К.Г. Компаниец, А.А. Петрухин,
С.С. Хохлов, Д.В. Чернов, В.В. Шутенко, Е.И. Яковлева, И.И. Яшин

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Научно-образовательный центр НЕВОД

Дубна 2014

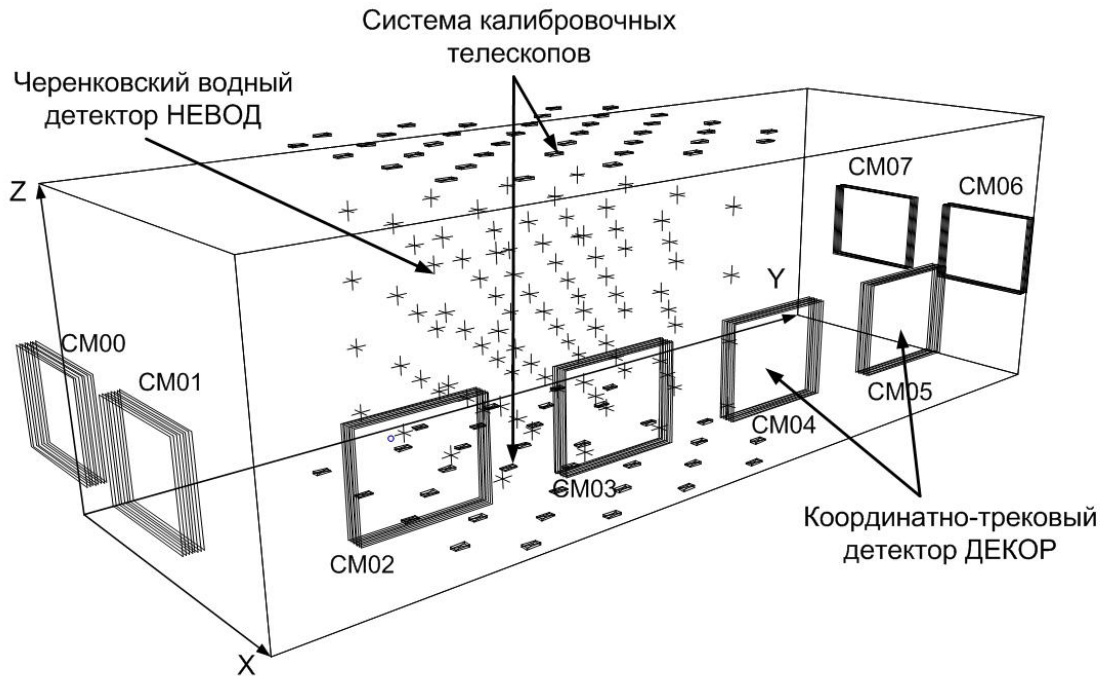
Альбедные мюоны



- Оценка фона в нейтринных экспериментах.
- Сравнение с модельными расчетами фона.

Альбедные мюоны – атмосферные мюоны, рассеянные в верхнюю полусферу, для которых зенитный угол прилета в установку превышает 90 градусов.

Экспериментальный комплекс



ЧВД:

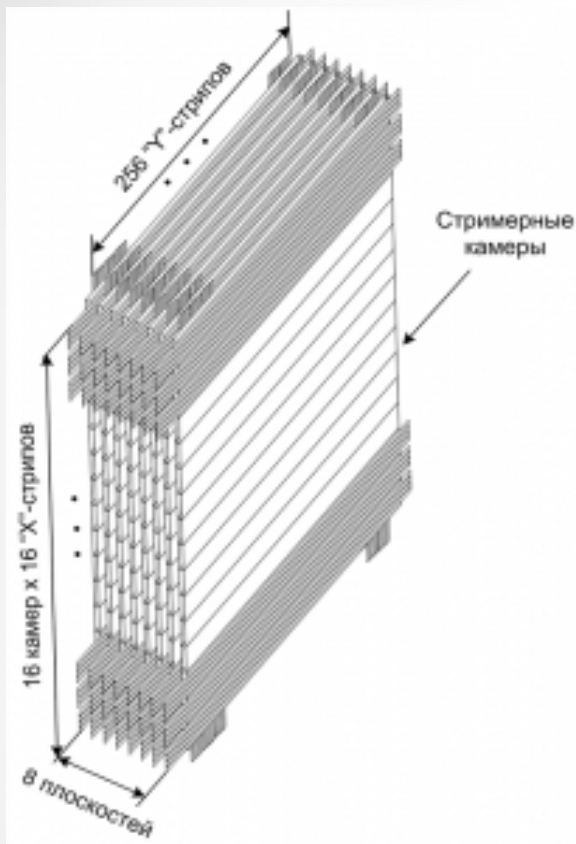
Объем 2000 м³

Пространственная решетка:
91 КСМ в 25 гирляндах.

Координатно-трековый детектор
ДЕКОР:

8 супермодулей (СМ).

Координатно-трековый детектор ДЕКОР



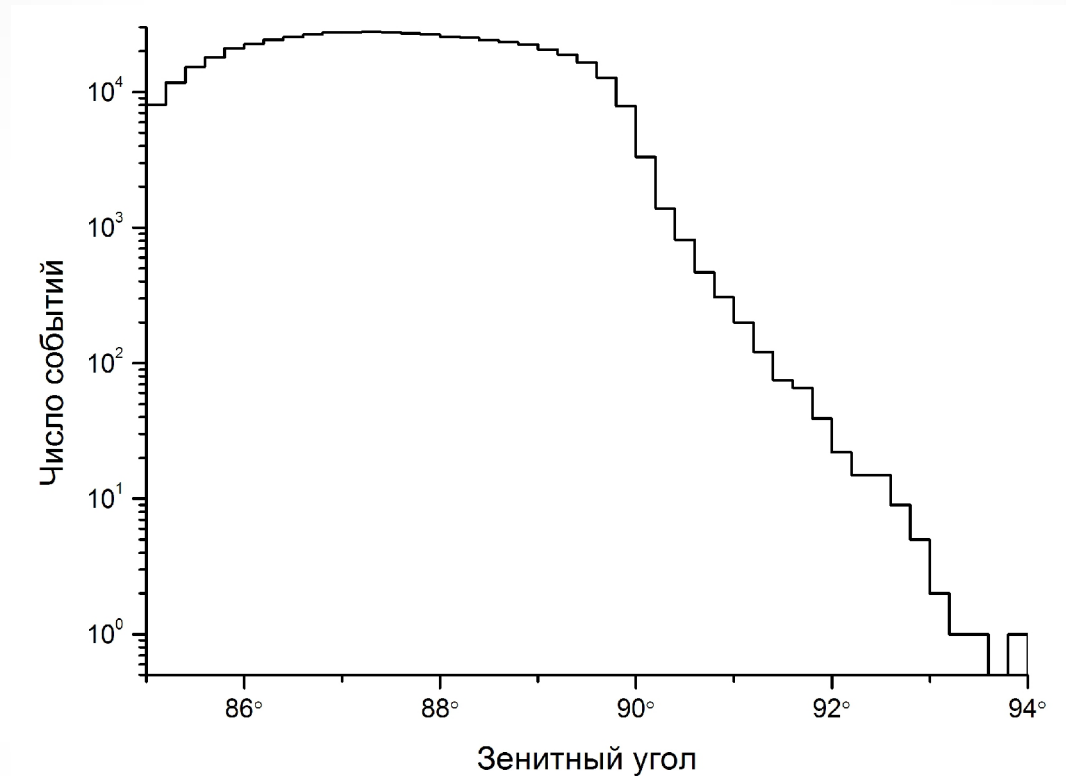
Камера:

16 газоразрядных трубок с внутренним сечением $9 \times 9 \text{ мм}^2$.

Камера работает в режиме ограниченного стримера.

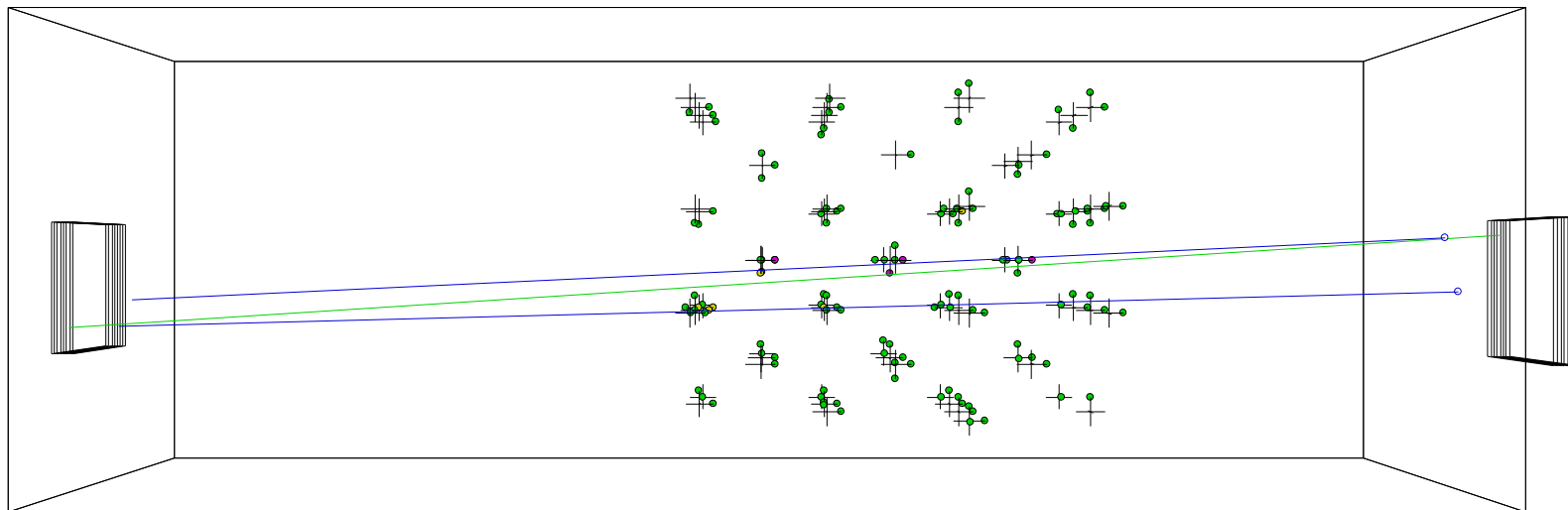
Высокая пространственная ($\sim 1 \text{ см}$) и угловая точность ($\sim 1 \text{ градуса}$).

Историческая справка



Распределение мюонов по зенитному углу
(2002-2003, 4428 часов «живого времени»)
Вероятность ошибки определения направления 10^{-6} .
Событий с альбедными мюонами 864.

Отбор экспериментальных данных

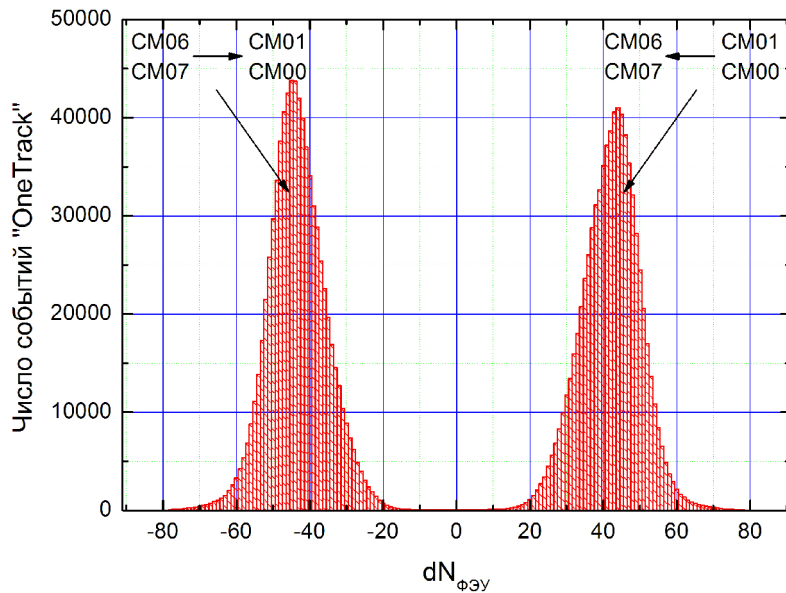


Экспериментальная серия 23/12/2011 – 20/03/2013
(7945 часов «живого» времени).

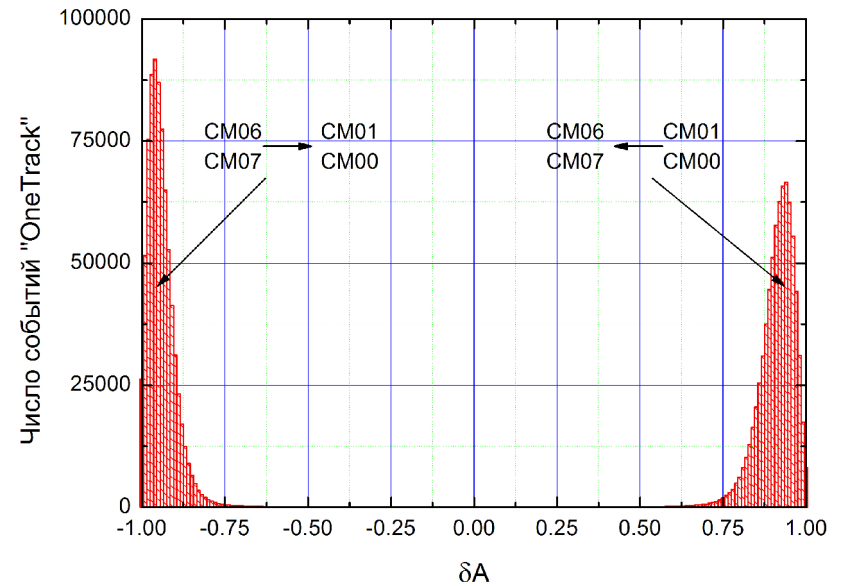
~ 1.5×10^6 событий типа «OneTrack»:

- 1) Сработала пара СМ из коротких галерей;
- 2) Два трека, восстановленные для разных СМ, согласуются в пределах конуса с раствором не более 5° .

Определение направления пролета мюона по отклику черенковского водного детектора



Распределение событий "OneTrack" по разнице в числе сработавших ФЭУ, направленных на короткие галереи

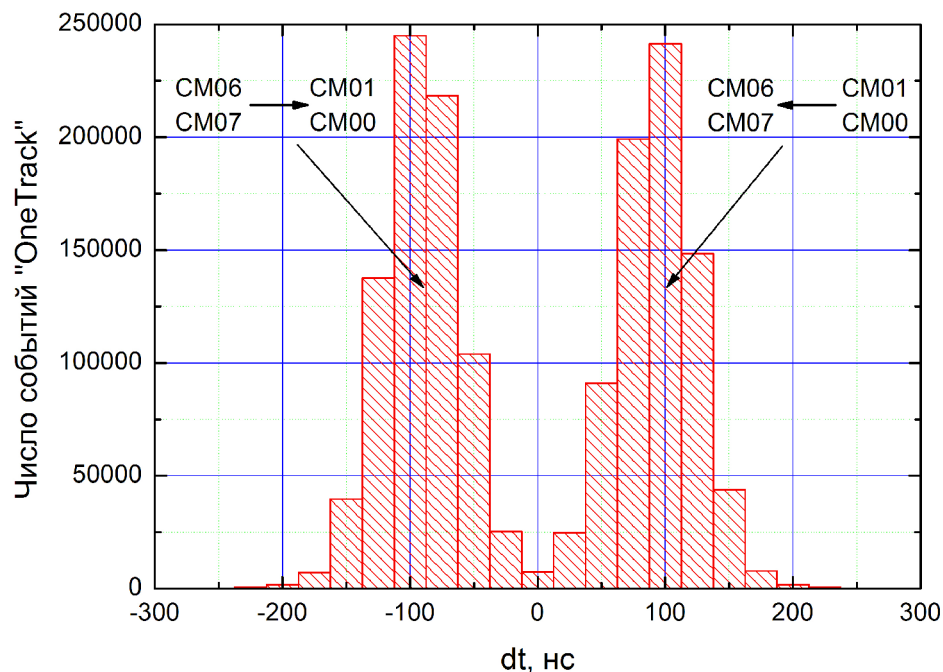


Распределение событий "OneTrack" по относительной разнице суммарных амплитуд ФЭУ, направленных на короткие галереи

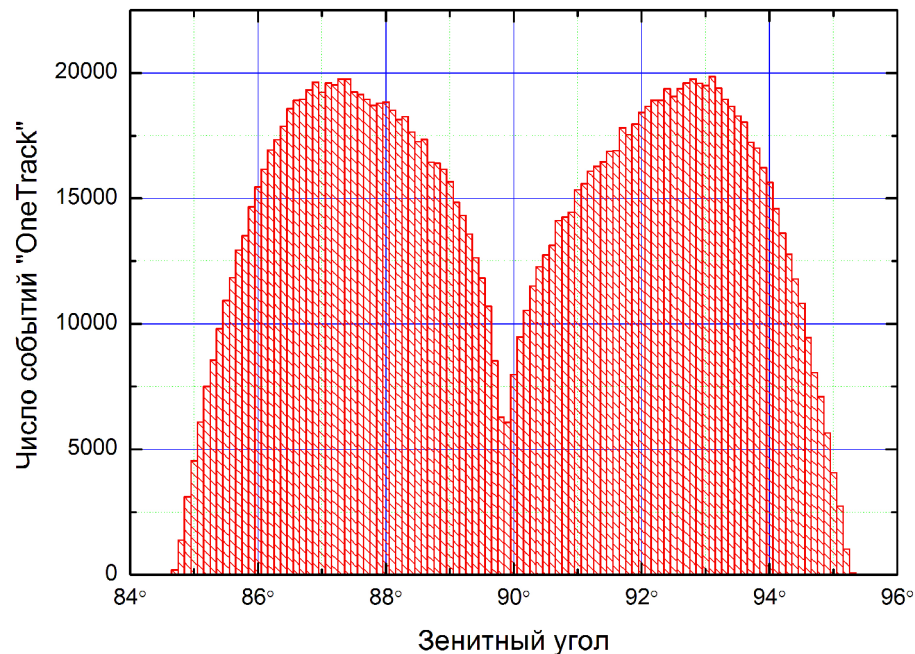
$$\delta A = \frac{\sum Amp_3 - \sum Amp_1}{\sum Amp_3 + \sum Amp_1}$$

Определение направления пролета мюона по отклику координатно-трекового детектора ДЕКОР

Аппаратная задержка по времени составляет 25 нс.
Время пролета мюона между супермодулями ~ 100 нс.



Распределение событий "OneTrack" по разнице времен срабатывания СМ



Распределение событий "OneTrack" по зенитным углам

Выбор критерия определения направления пролета мюона

Отбор ($|\theta| \leq 89^\circ$ и $|dt| \geq 50$ нс)

81.57±0.07% событий "OneTrack"

$ \delta A $	Эффективность отбора, %	Доля противоречивых событий
≥ 0.5	99.850 ± 0.003	$(3.89 \pm 0.56) \times 10^{-5}$
≥ 0.6	99.726 ± 0.005	$(2.78 \pm 0.47) \times 10^{-5}$
≥ 0.7	99.386 ± 0.007	$(1.68 \pm 0.37) \times 10^{-5}$
≥ 0.8	97.410 ± 0.014	$(1.38 \pm 0.34) \times 10^{-5}$

Отбор ($|\theta| \leq 89^\circ$ и $|\delta A| \geq 0.7$)

84.21±0.07% событий "OneTrack"

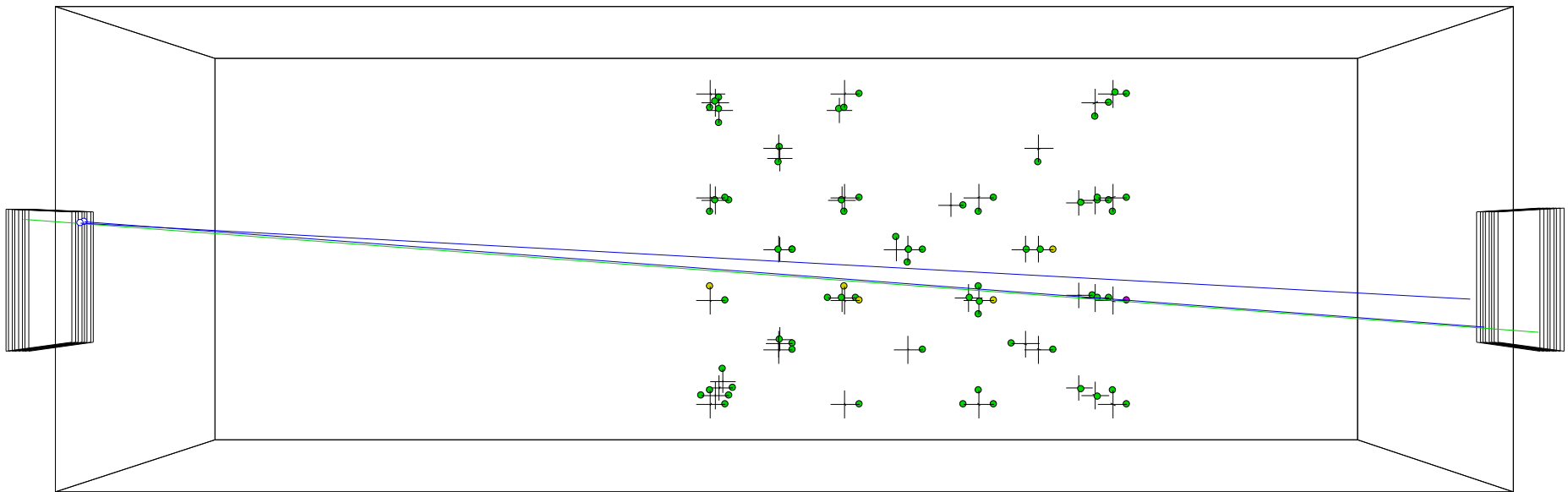
$ dt $, нс	Эффективность отбора, %	Доля противоречивых событий
≥ 25	99.27 ± 0.01	$(2.66 \pm 0.05) \times 10^{-3}$
≥ 50	96.27 ± 0.02	$(1.27 \pm 0.03) \times 10^{-3}$
≥ 75	83.92 ± 0.03	$(0.53 \pm 0.02) \times 10^{-3}$

Методы являются независимыми, поэтому при совместном использовании ($|\delta A| \geq 0.7$ и $|dt| \geq 50$ нс) вероятность ошибочного определения направления снижается до 10^{-8} .

Пример события с альбедным мюоном

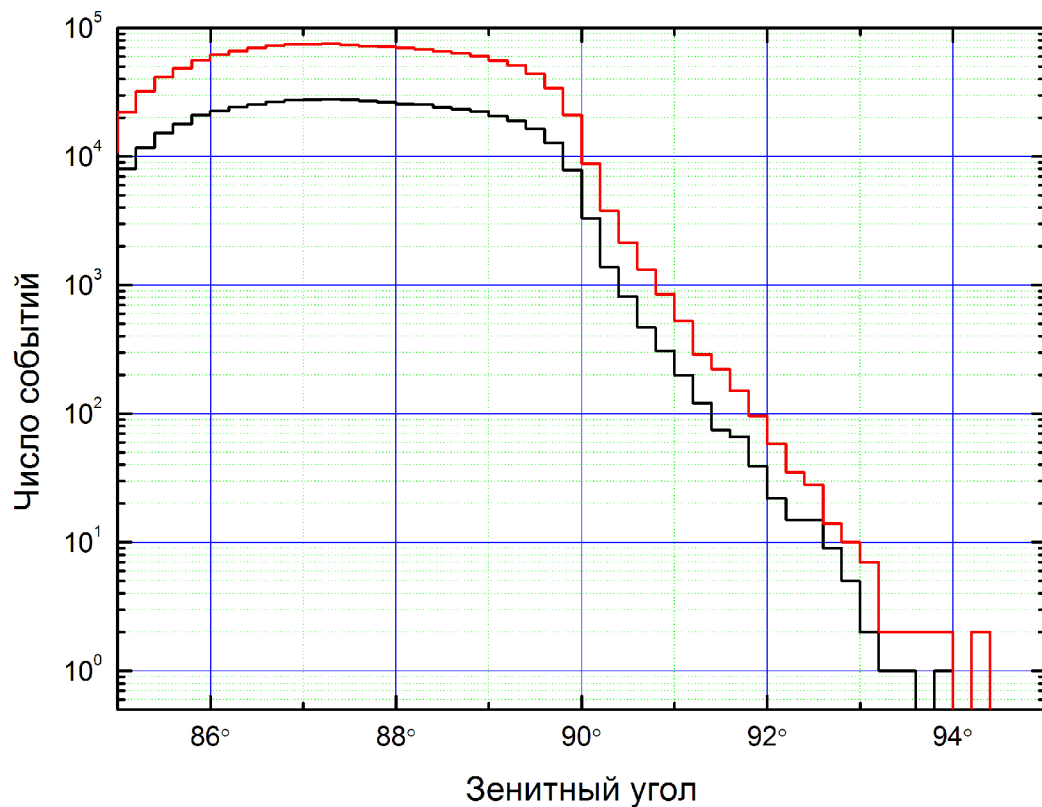
Из 1477455 кандидатов отобрано 1447 альбедных событий
(зенитный угол больше 91°).

($\theta=94.4^\circ$, $dN_{\text{фЭУ}} = 31-5=26$, $\delta A = 0.92$, $dt = 150$ нс)



Предварительный результат

Из 1477455 кандидатов отобрано 1447 альбедных событий (зенитный угол больше 91°).



Заключение

- Сочетание установок НЕВОД-ДЕКОР позволяет восстанавливать направление пролета одиночного мюона с вероятностью ошибочного определения до 10^{-8} при эффективности отбора полезных событий 96%.
- За 7945 часов наблюдений отобрано 1447 альбедных событий (зенитный угол 91° - 95°) из 1.5 млн. околоризонтальных мюонов ($\theta > 85^\circ$).
- Данные будут использованы для анализа процессов формирования потоков альбедных мюонов и проверки моделей рассеяния мюонов в веществе.

Спасибо за внимание!