

КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ТУС

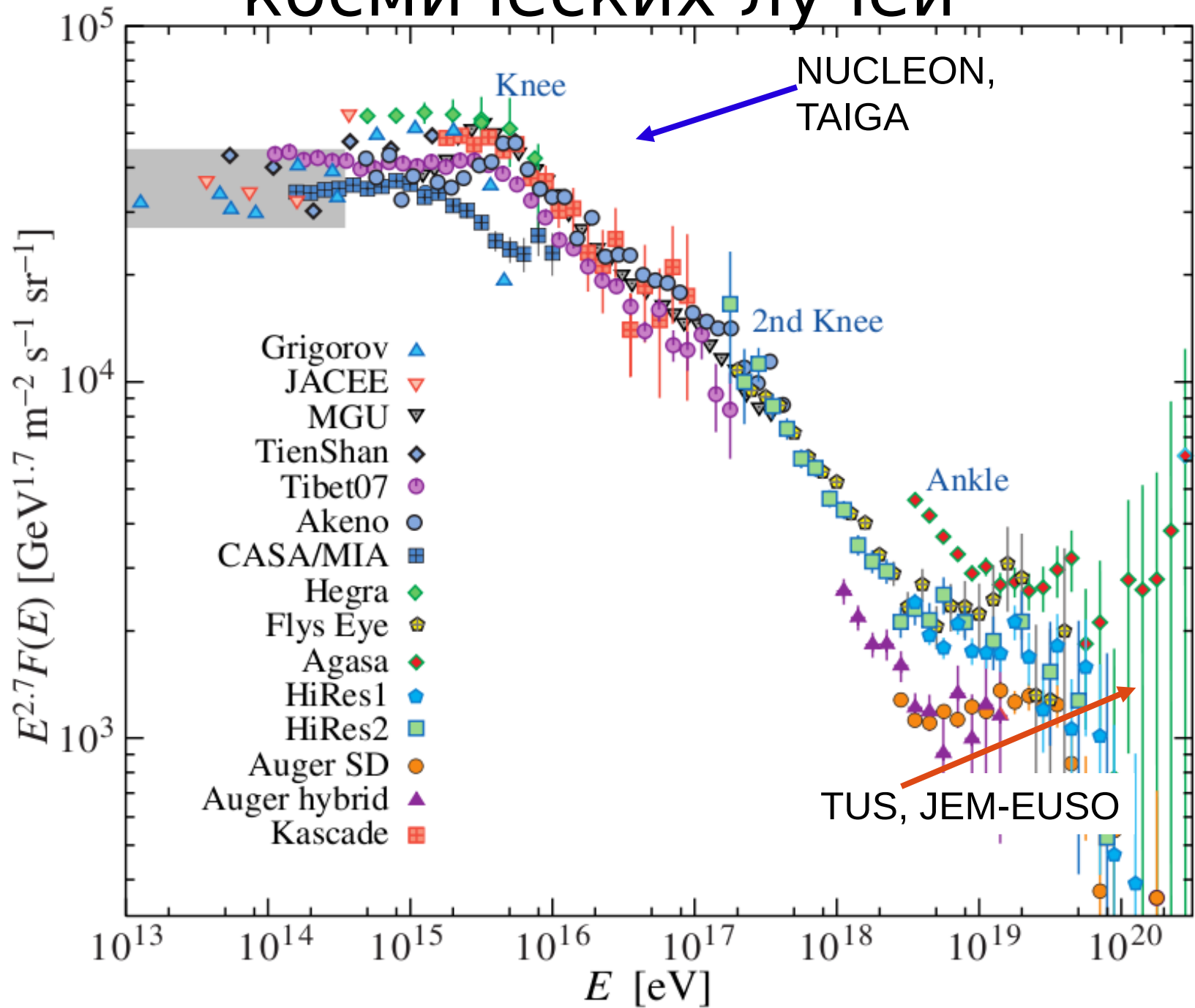
предварительные результаты двух лет работы на орбите

Часть 1: подготовка и моделирование

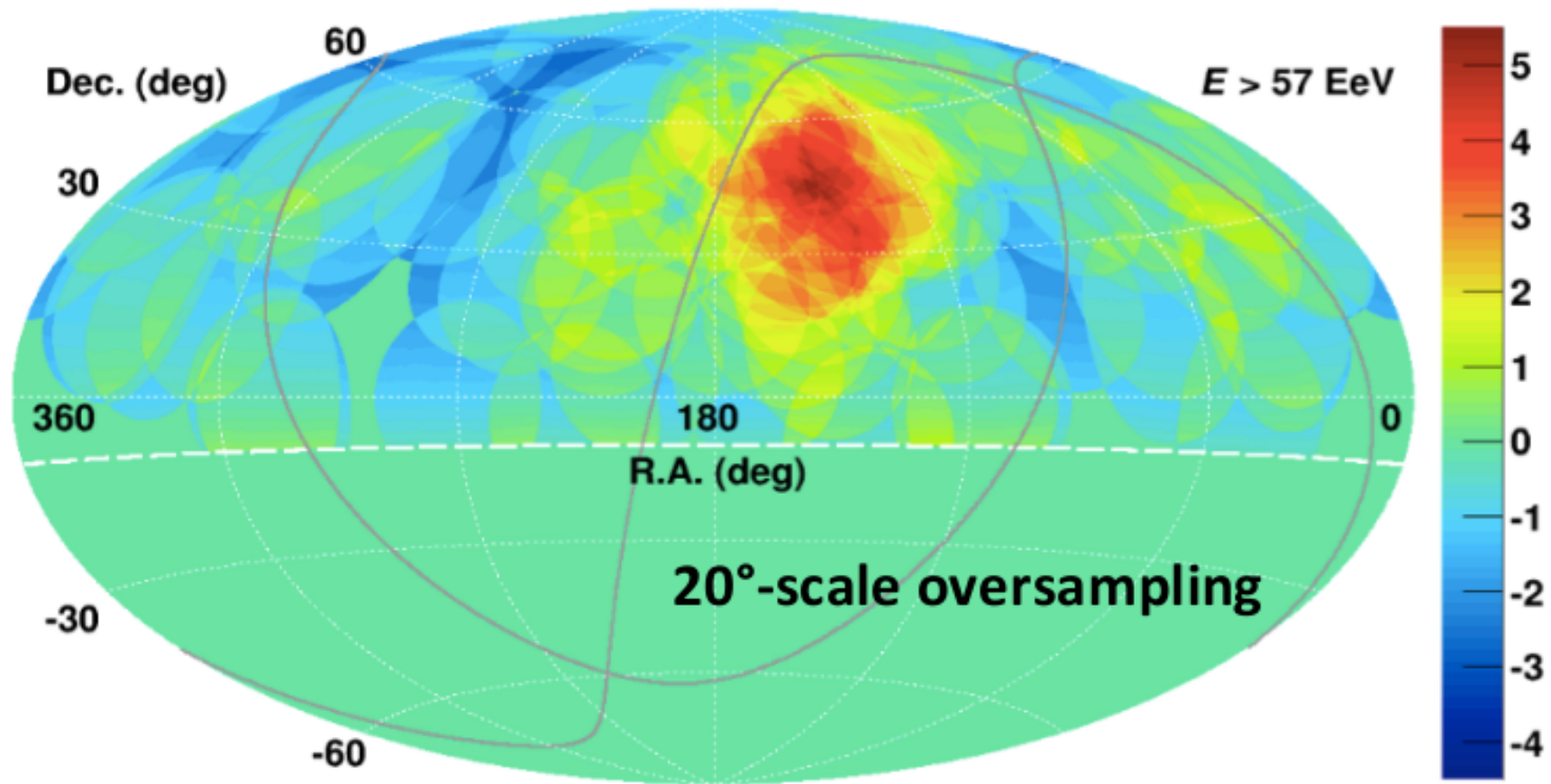
Докладчик — Андрей Гринюк

Дубна - 25.04.2018

Энергетический спектр космических лучей

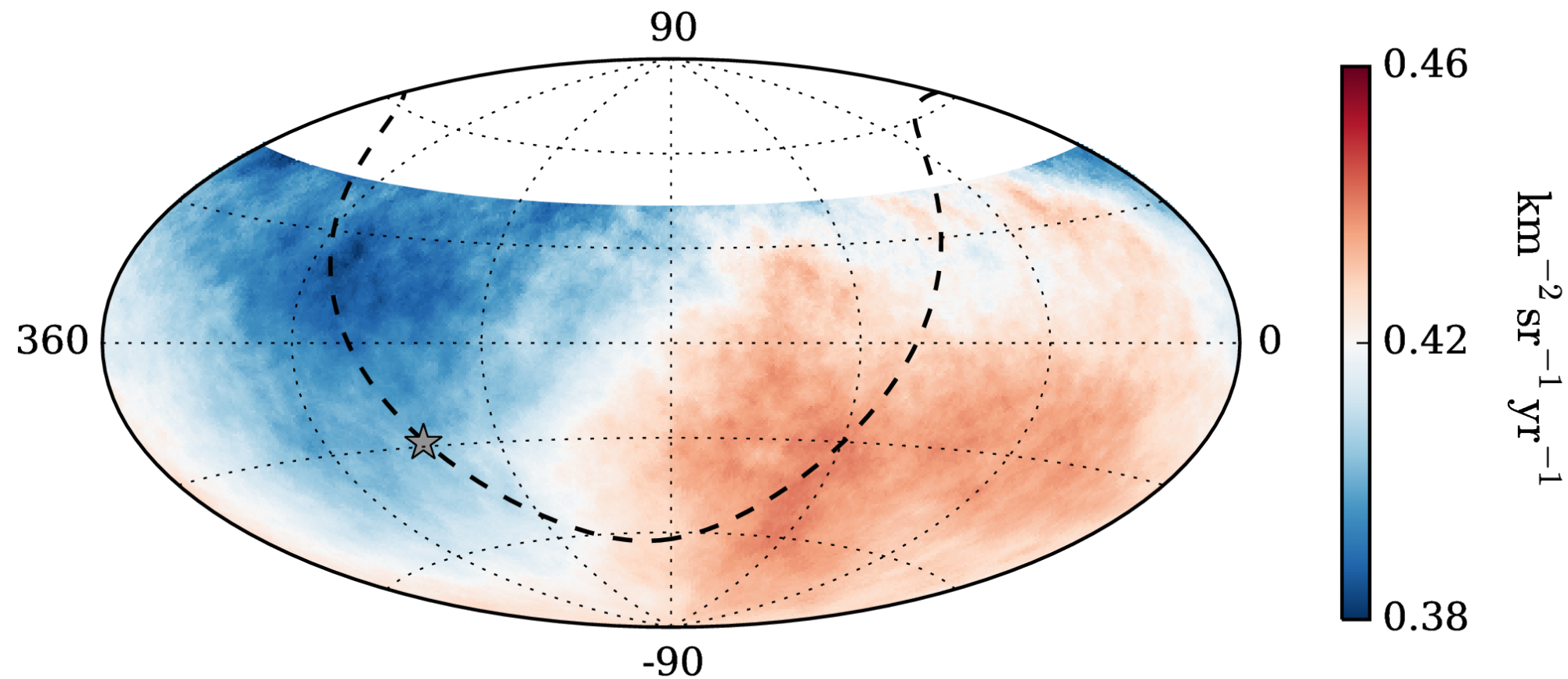


Анизотропия космических лучей предельно высоких энергий

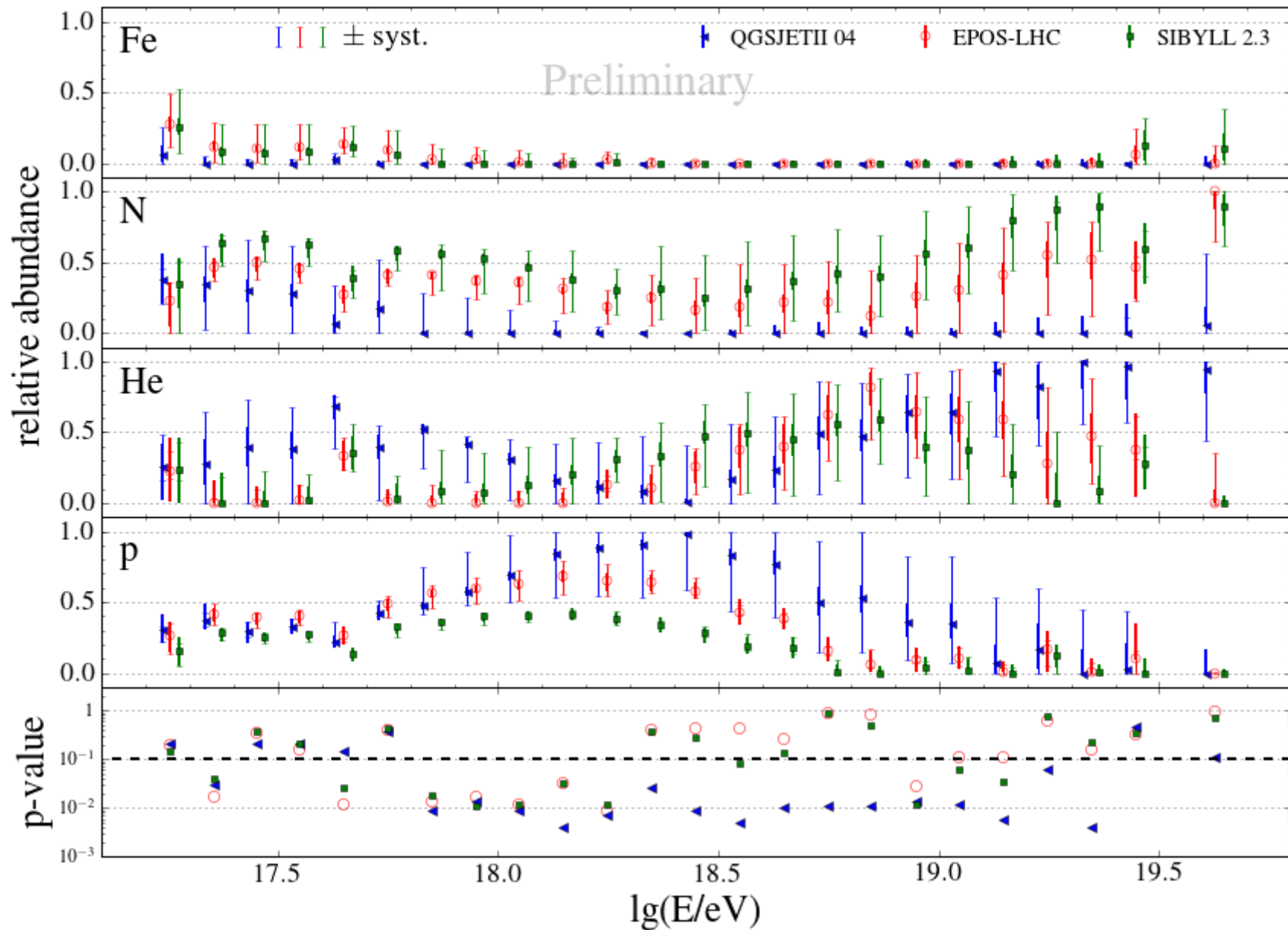


По данным Telescope Array, 2017

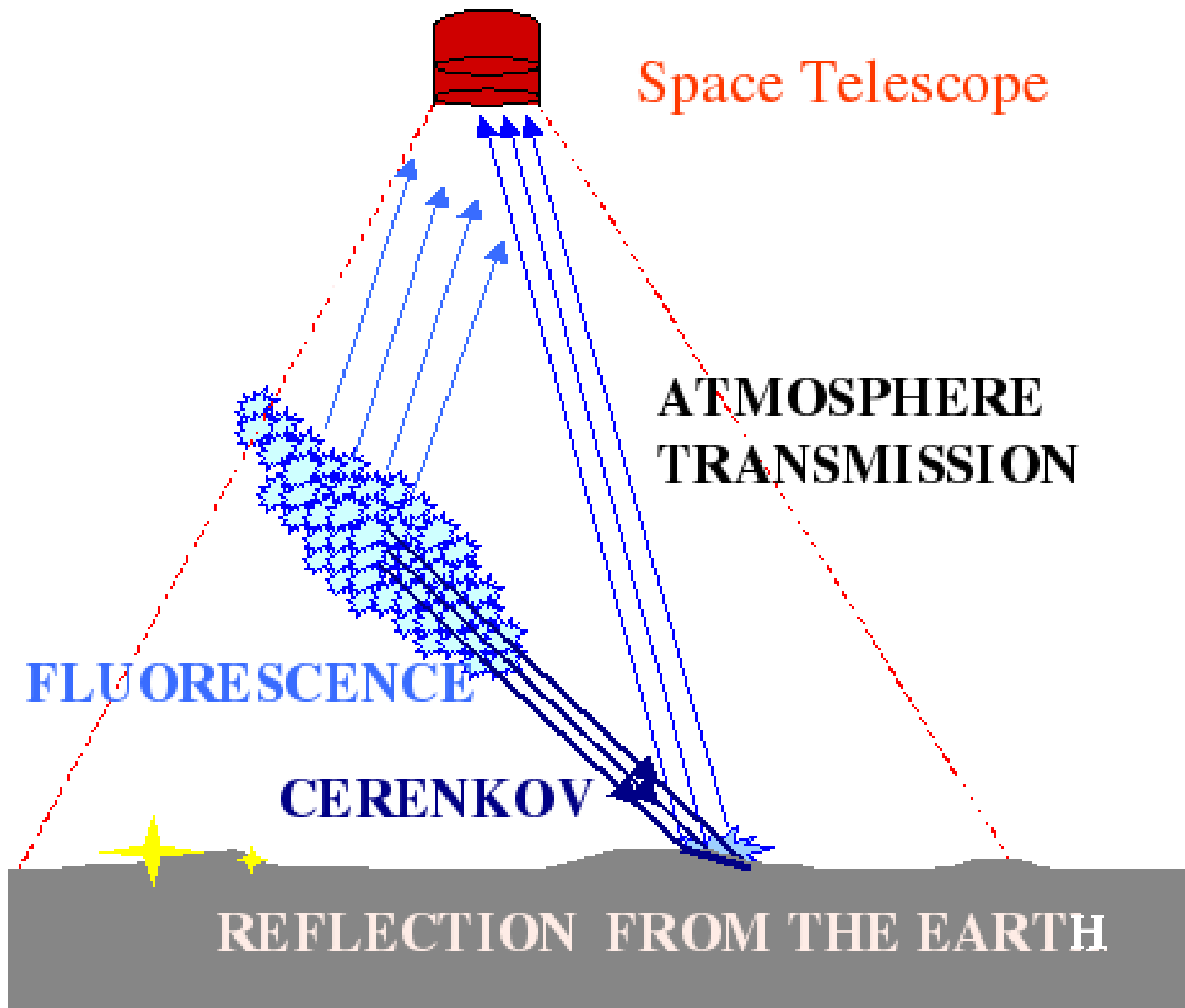
Анизотропия по данным Auger (южное полушарие)



Массовый состав космических лучей по данным Auger



Принцип регистрации ШАЛ со спутника



Эксперимент ТУС на борту спутника “Михаил Ломоносов”



Параметр	Значение
Масса	< 60 kg
Мощность (макс.)	65 W
Данные (макс.)	200 Mbyte/day
FOV	$\pm 4,5$ degree
Количество пикселей	256 (16 clusters of 16 PMTs)
Размер пикселя	10 mrad (5.5 \times 5.5 km)
Площадь зеркала	1.8 m ²
Фокальное расстояние	1.5 m
Duty cycle	30%

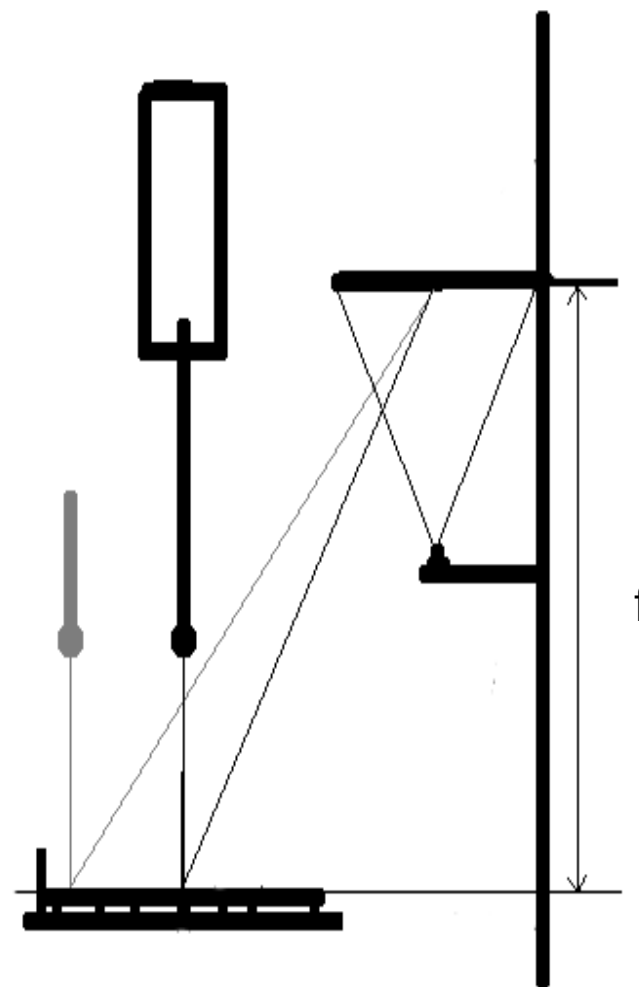
Запуск с космодрома “Восточный” 28 апреля 2016



Измерения оптических параметров зеркал

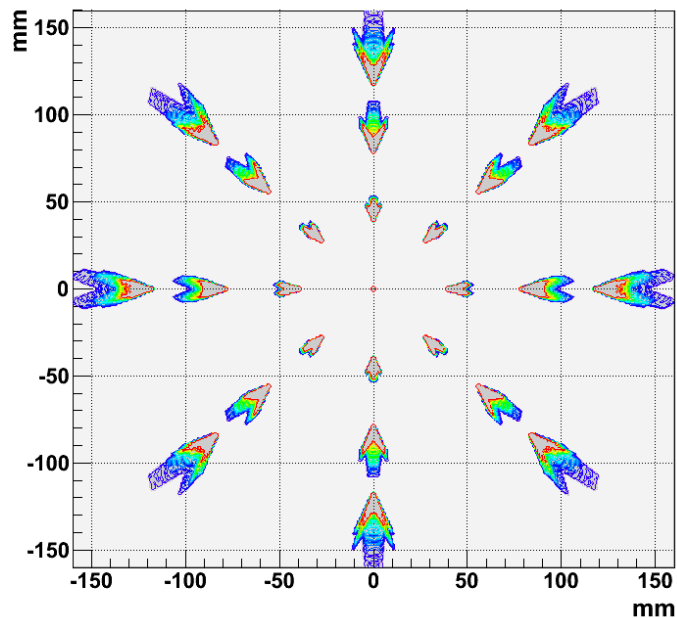


Фотография измерительной установки

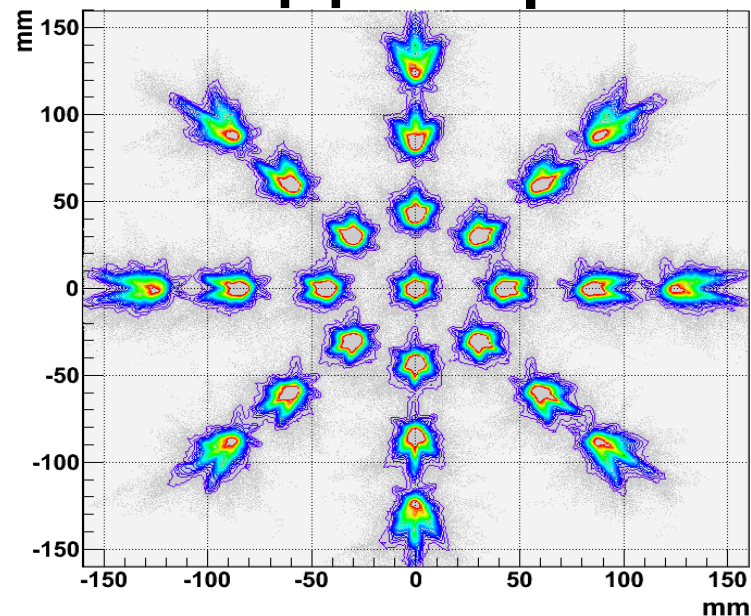


Схематическая диаграмма измерений

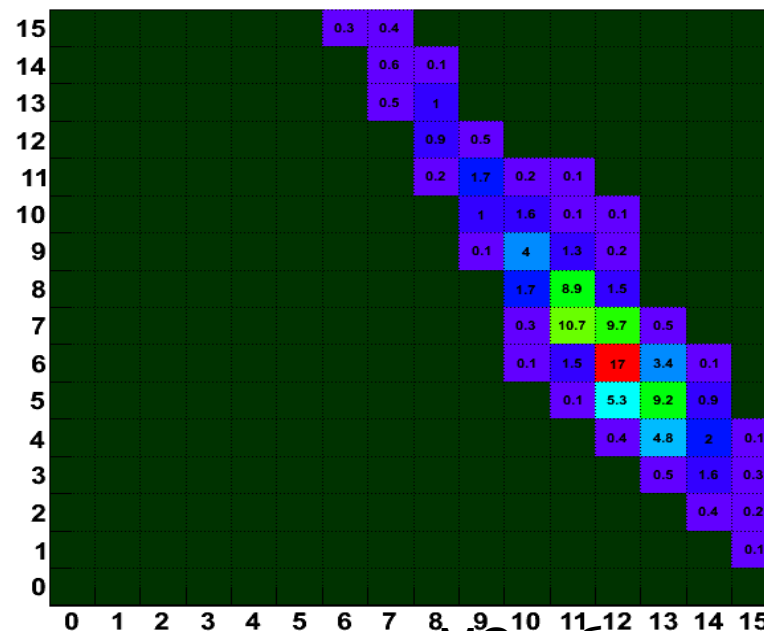
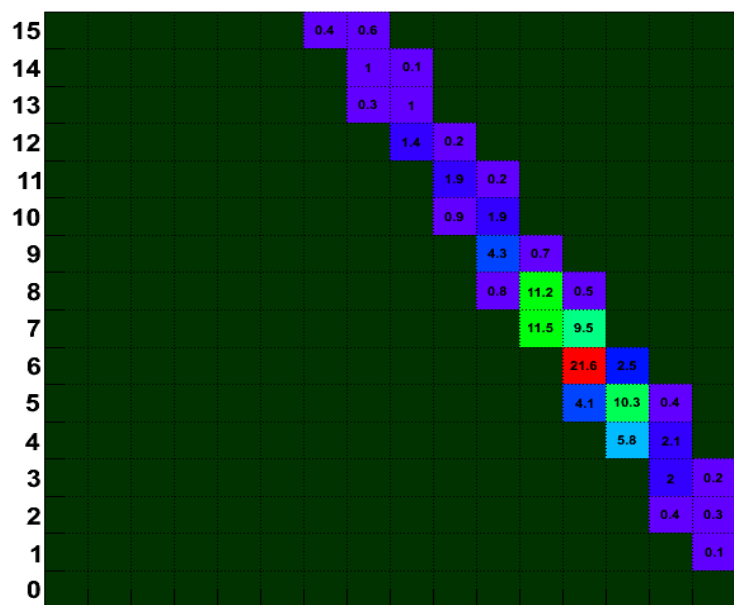
Результаты оптического моделирования



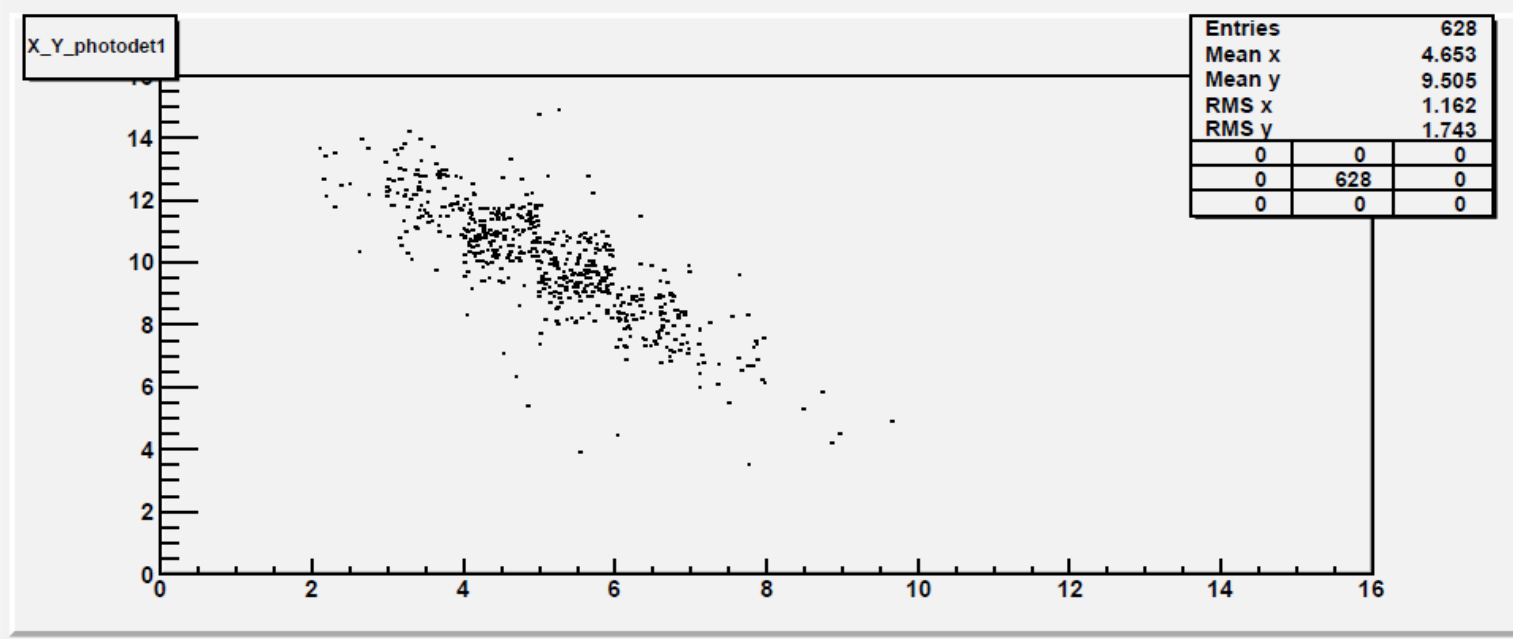
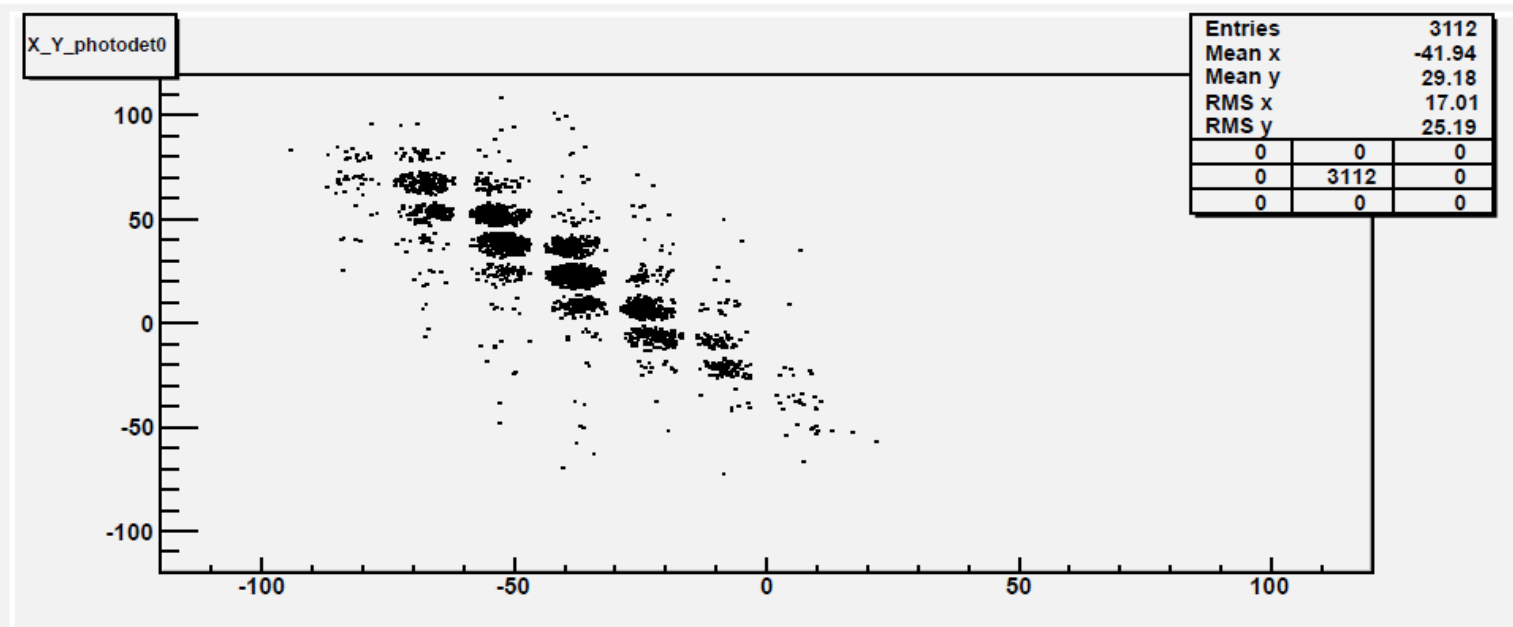
ФРТ идеального зеркала



Комбинированная ФРТ реального зеркала

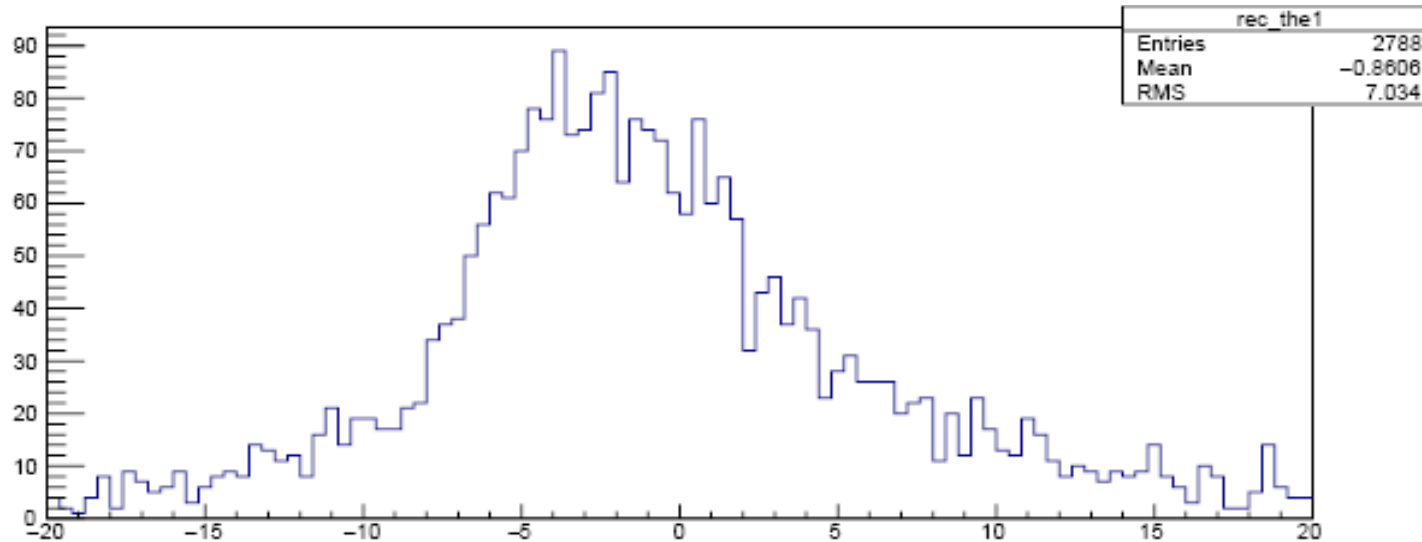


Фотоны на матрице фотоумножителей от одного и того же МС события с идеальной и моделированной оптикой

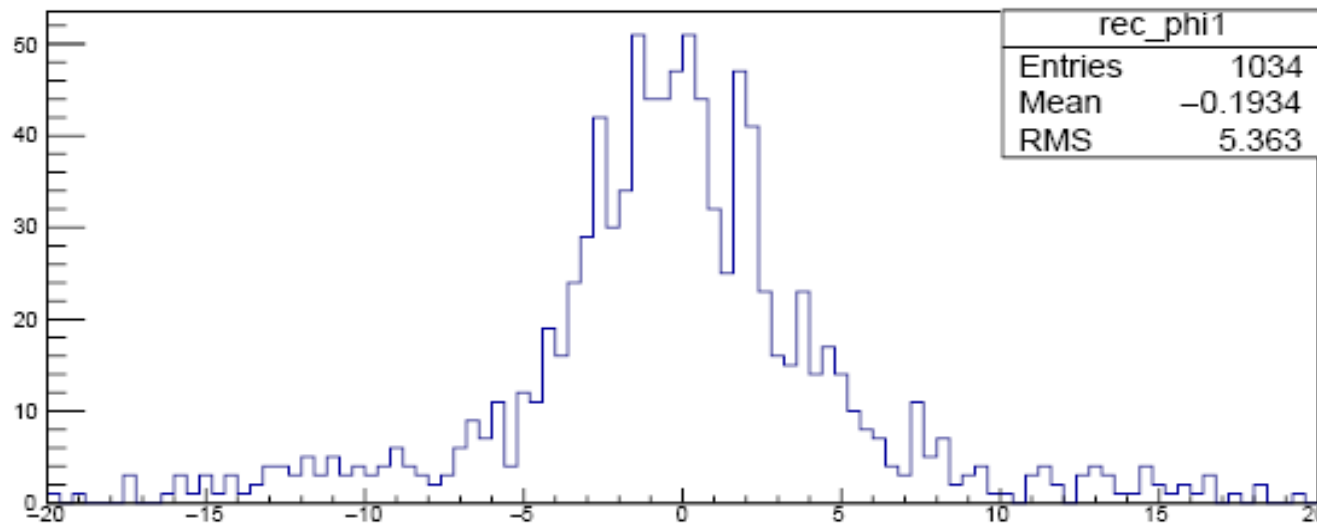


Пример события ШАЛ, полученного по программе ESAF с длительностью ~256 тактов.
 Вверху – суммарное распределение фотонов на фотокатодах фоториетника,
 внизу – распределение по каналам с квантовой эффективностью ФЭУ равной 0.21

Реконструкция моделированных событий

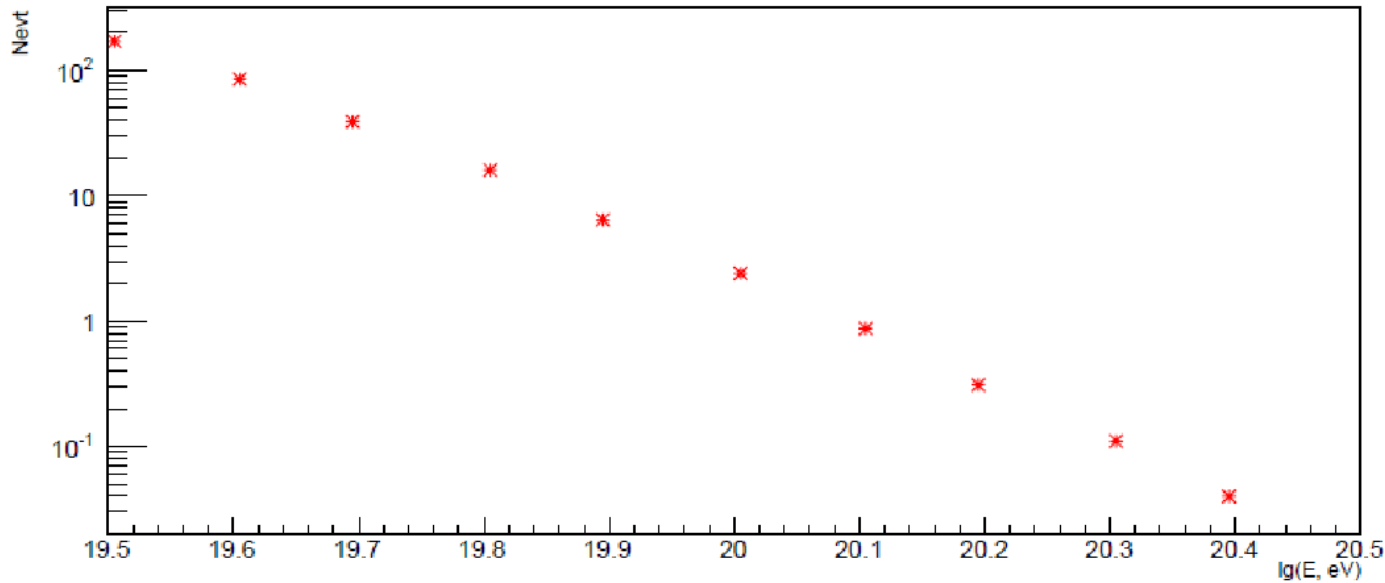


Разность между истинным углом θ и реконструированным

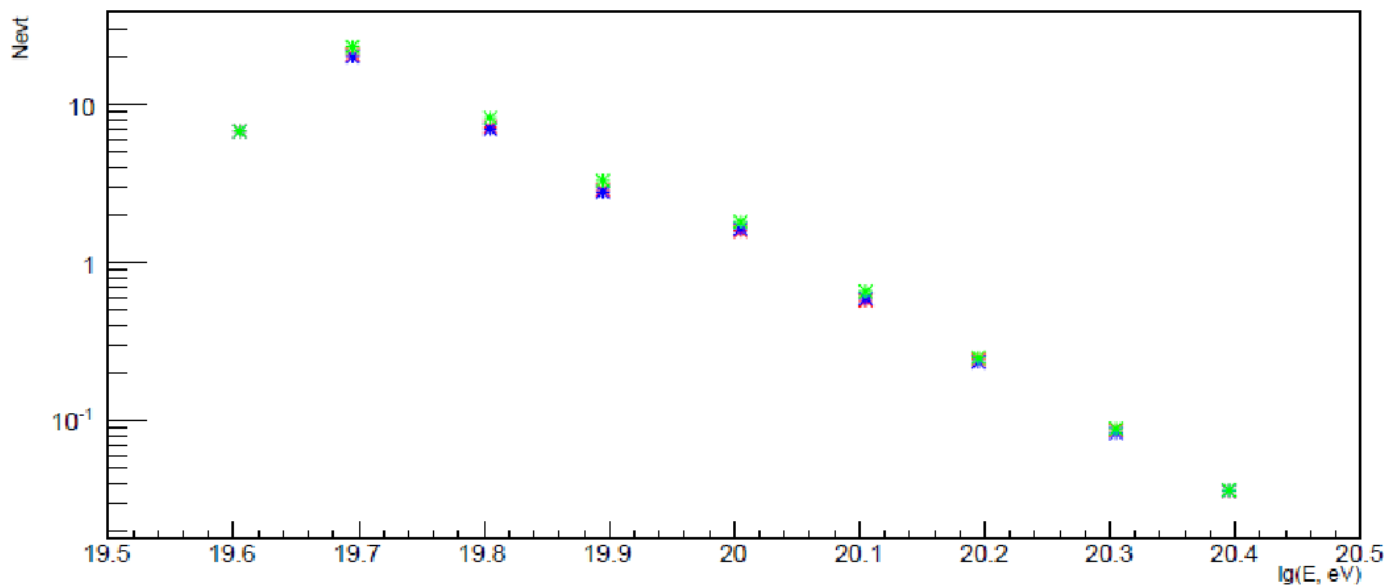


Разность между истинным углом ϕ и реконструированным

Ожидаемое количество событий

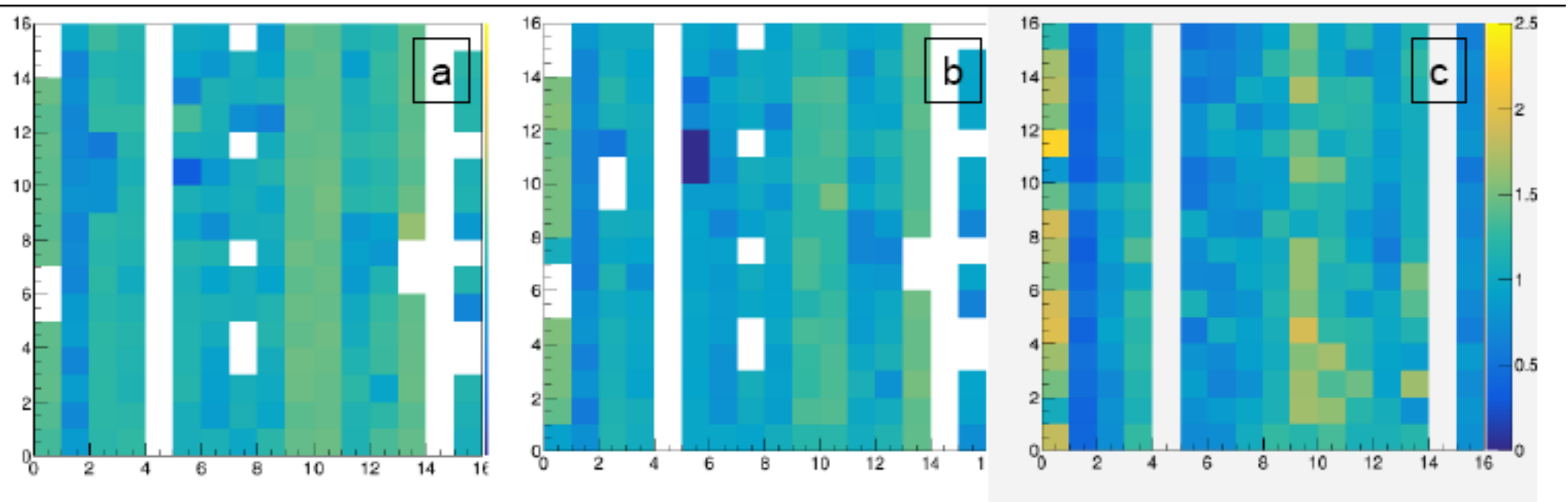


В поле зрения
за 5 лет
при идеальном
триггере



С моделированным
триггером

Результат относительной калибровки и сравнение с предполётными измерениями



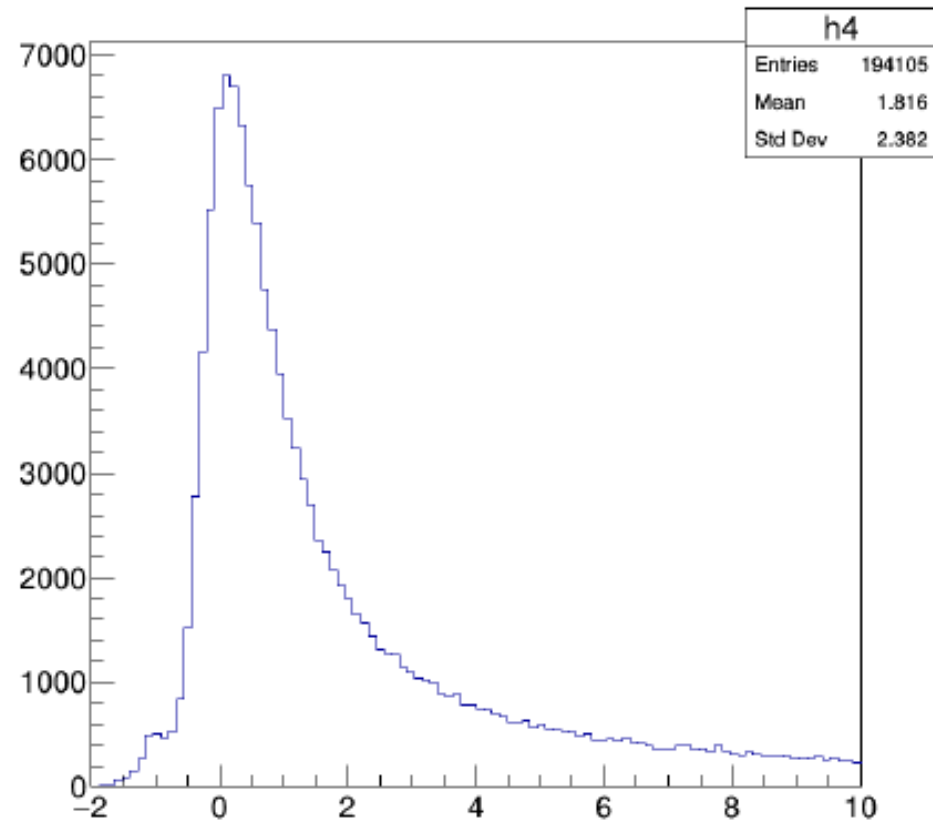
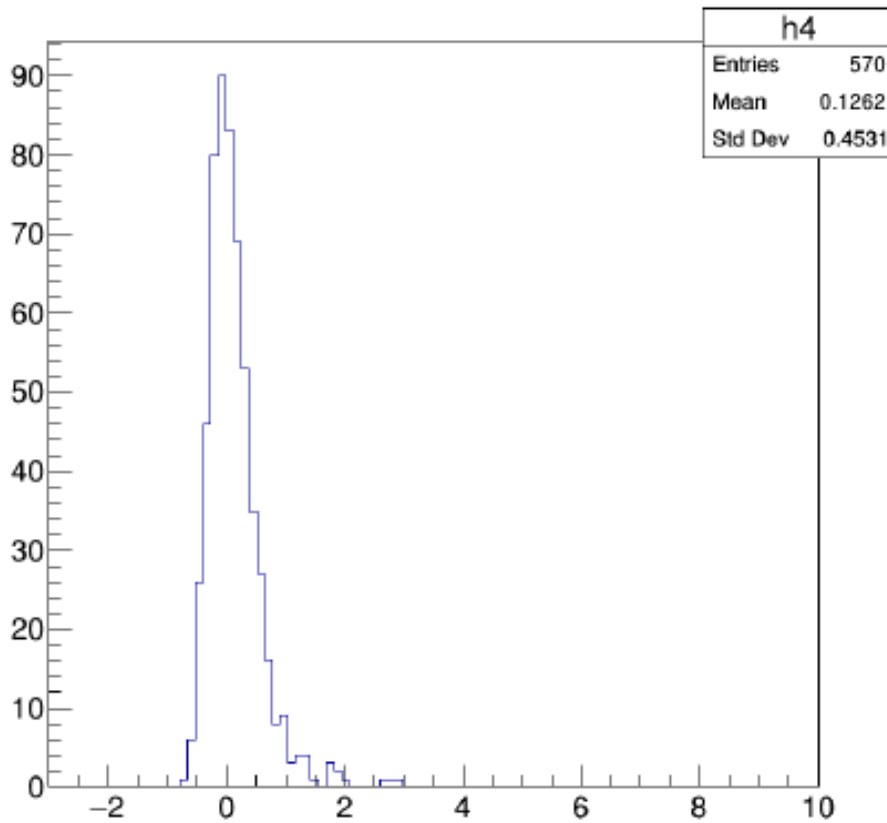
Распределения коэффициентов усиления ФЭУ.

Распределения (a), (b) – статистически независимые оценки относительных коэффициентов усиления по фоновым событиям,

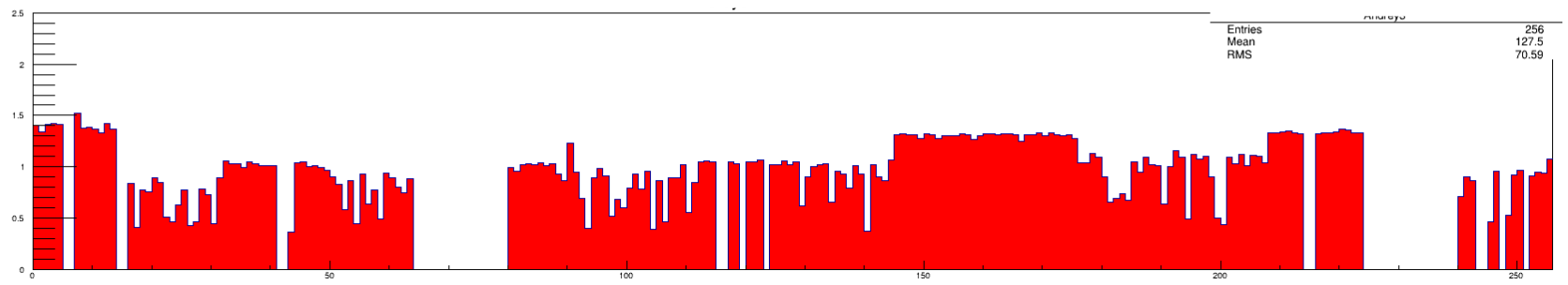
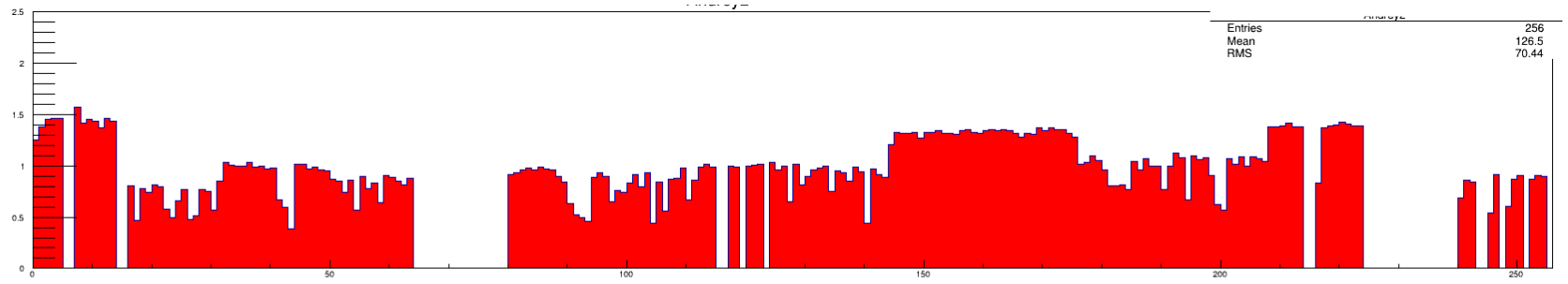
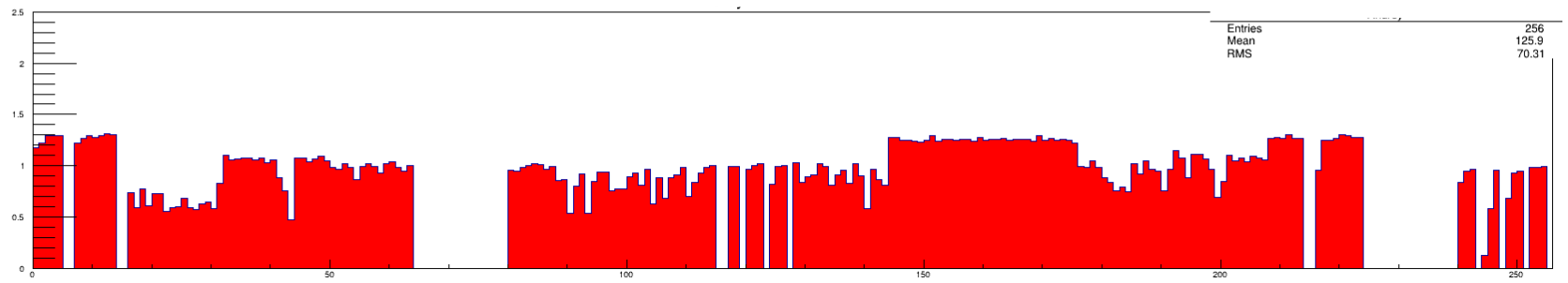
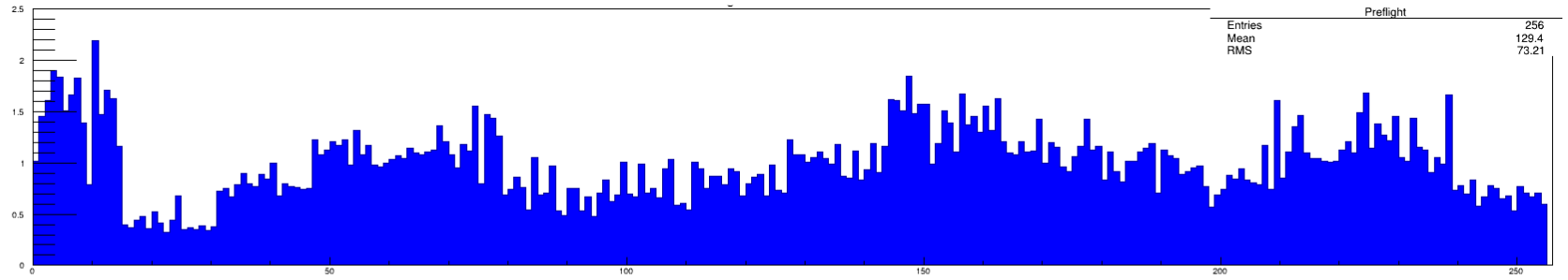
(c) – предполетные измерения

Относительная калибровка: Выделение чистых фоновых событий

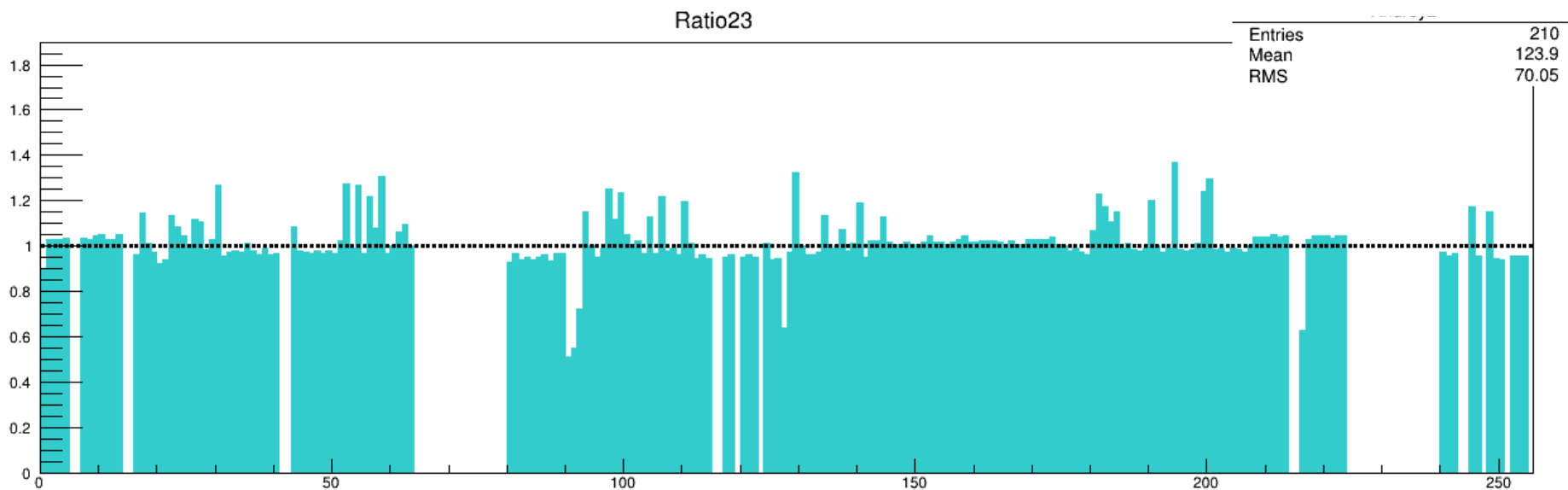
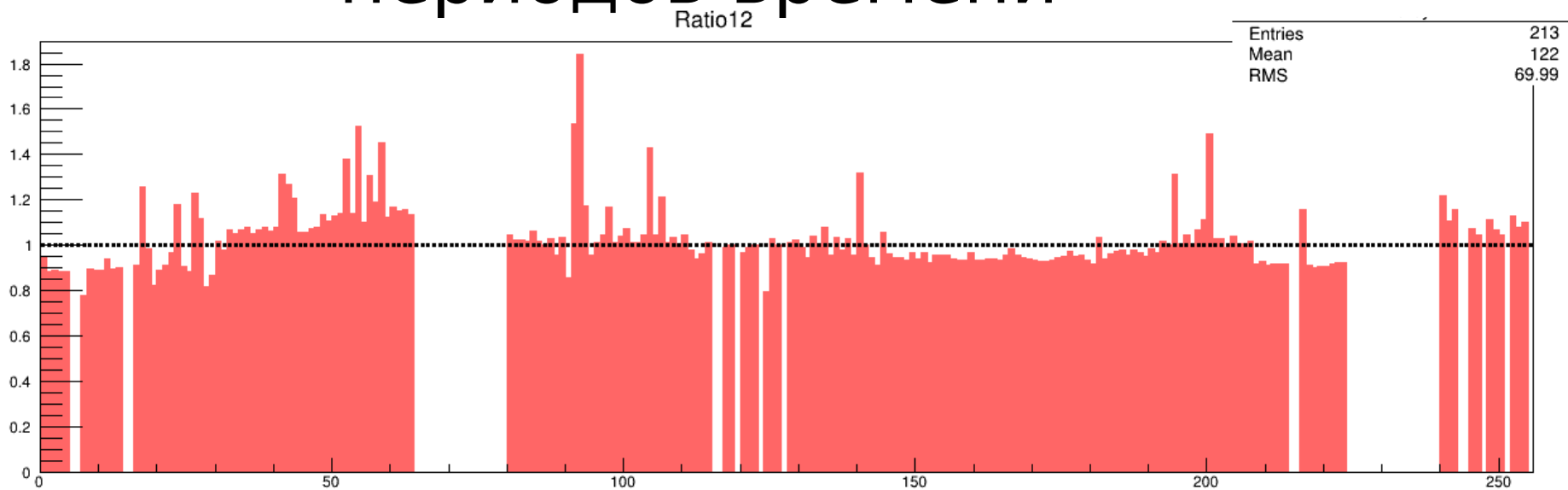
$$Kurt(A_{ij}) = \left[\sum_{t=0}^{t=255} \left((A_{ij}(t) - \overline{A_{ij}}) / RMS(A_{ij}) \right)^4 \right] - 3$$

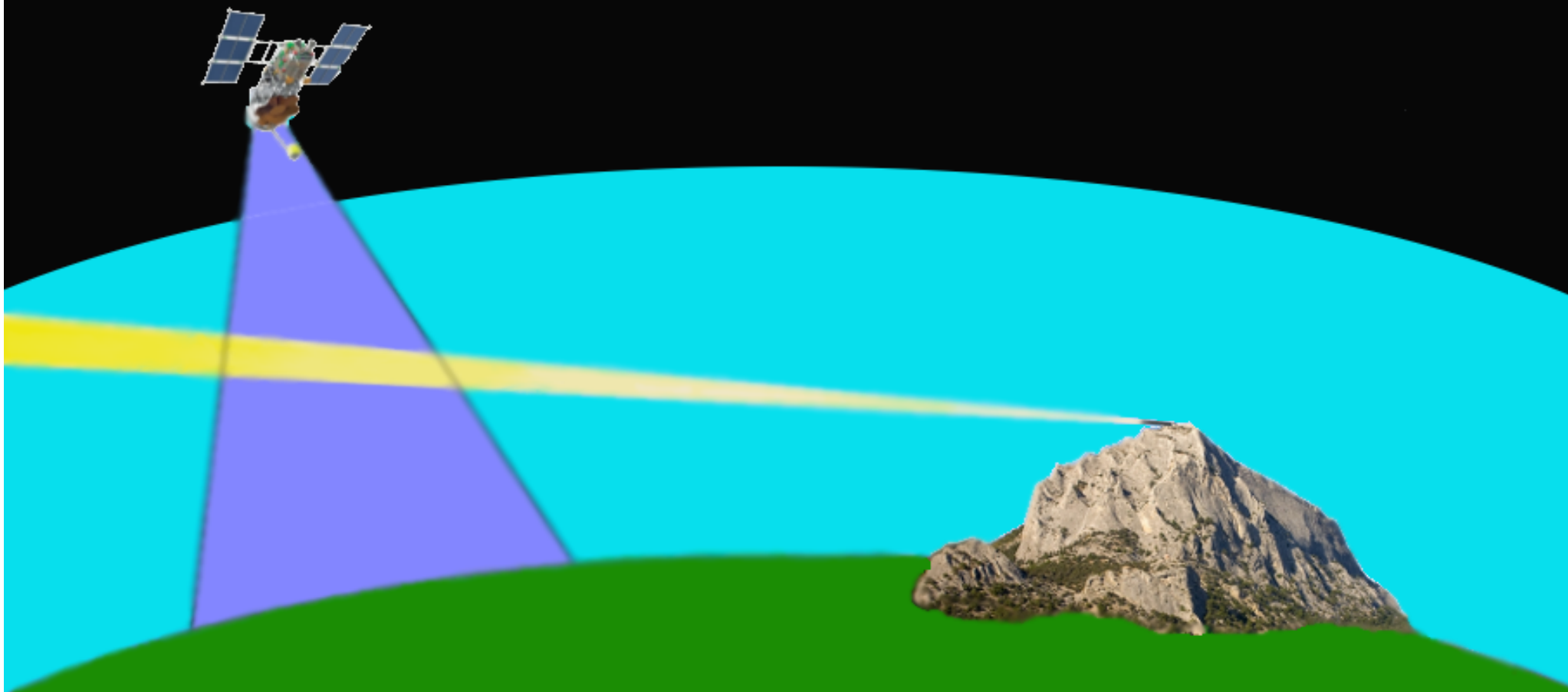


Распределение по Kurt(A_{ij}). Слева: на фоновых MC событиях, справа: на реальных данных.



Отношение коэффициентов относительной калибровки для разных периодов времени



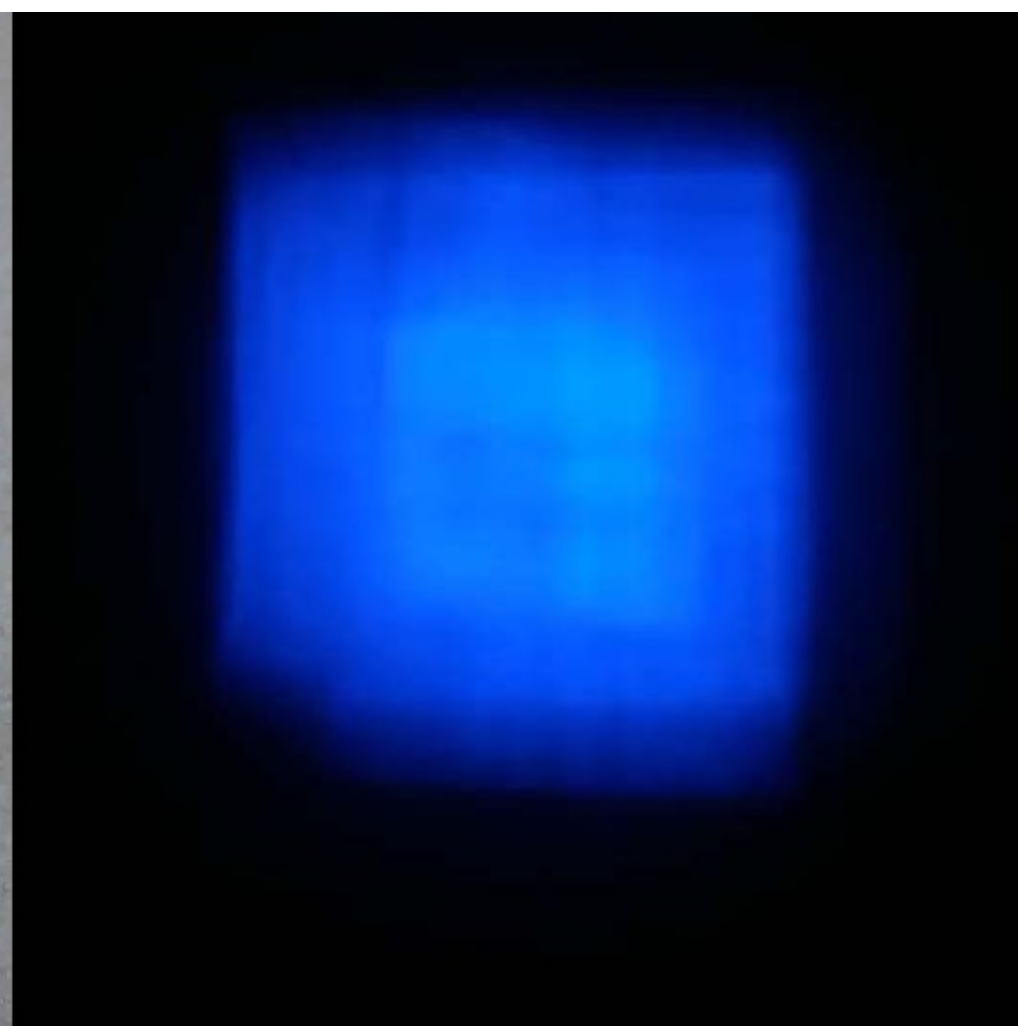


Схематическое изображение калибровки фотодетектора наклонным пучком

Попытки провести абсолютную калибровку ФЭУ



Simeiz-1873



Слева - прототип калибровочного источника с фокусирующим зеркалом и светодиодом LedEngin-LZ4-00U600 LED.

Справа – изображение светового пятна от источника с расхождением луча $\pm 4.5^\circ$.



Летающая лаборатория на базе самолета Як-42Д
«Росгидромет»

Конец первой части.