

36-я Всероссийская конференция по космическим лучам



УНИКАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ УСТАНОВКА
Экспериментальный комплекс



Исследование характеристик ШАЛ по данным установки УРАН

Богданов Ф.А., Богданов А.Г., Громушкин Д.М., Ижбулякова З.Т., Стенькин Ю.В., Юрин К.О.

Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, НОЦ НЕВОД

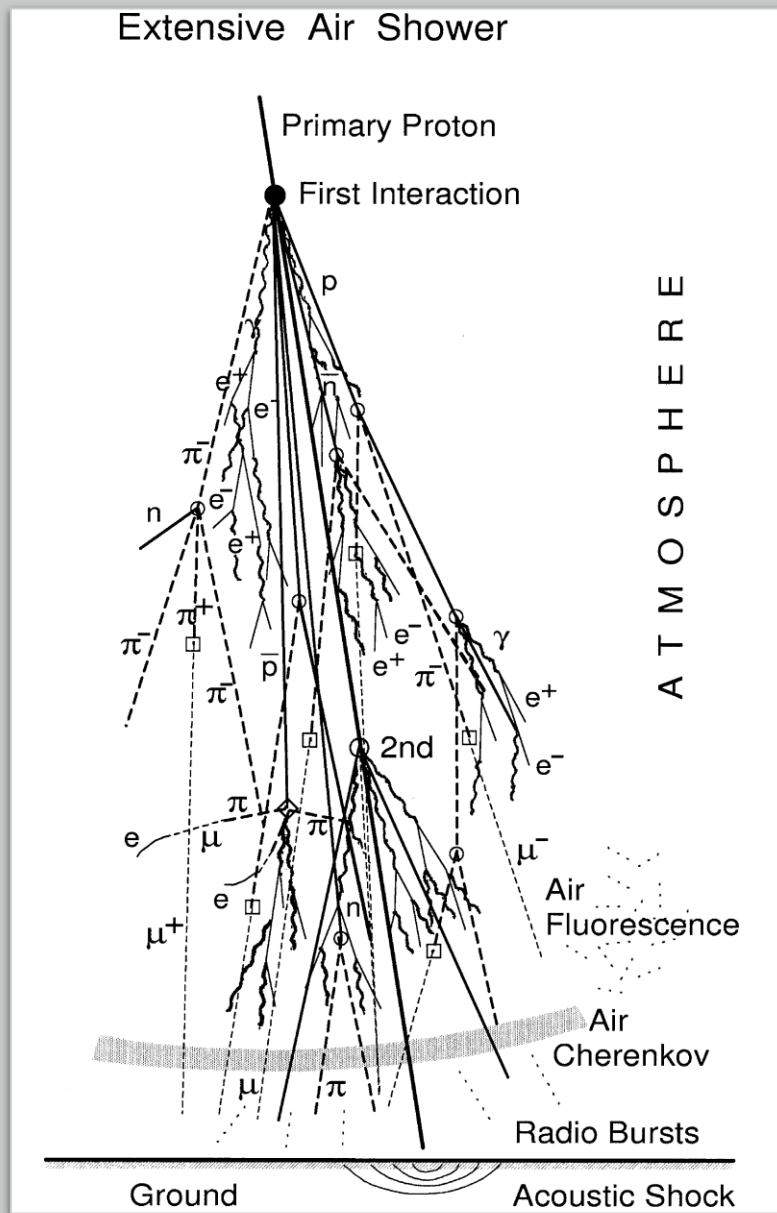
Москва, 28 сентября 2020 г.

Введение

В 2001 году Ю.В. Стенькиным и J.F. Valdes-Galicia был предложен новый метод изучения адронной компоненты ШАЛ путем регистрации создаваемых адронами вторичных тепловых нейтронов.

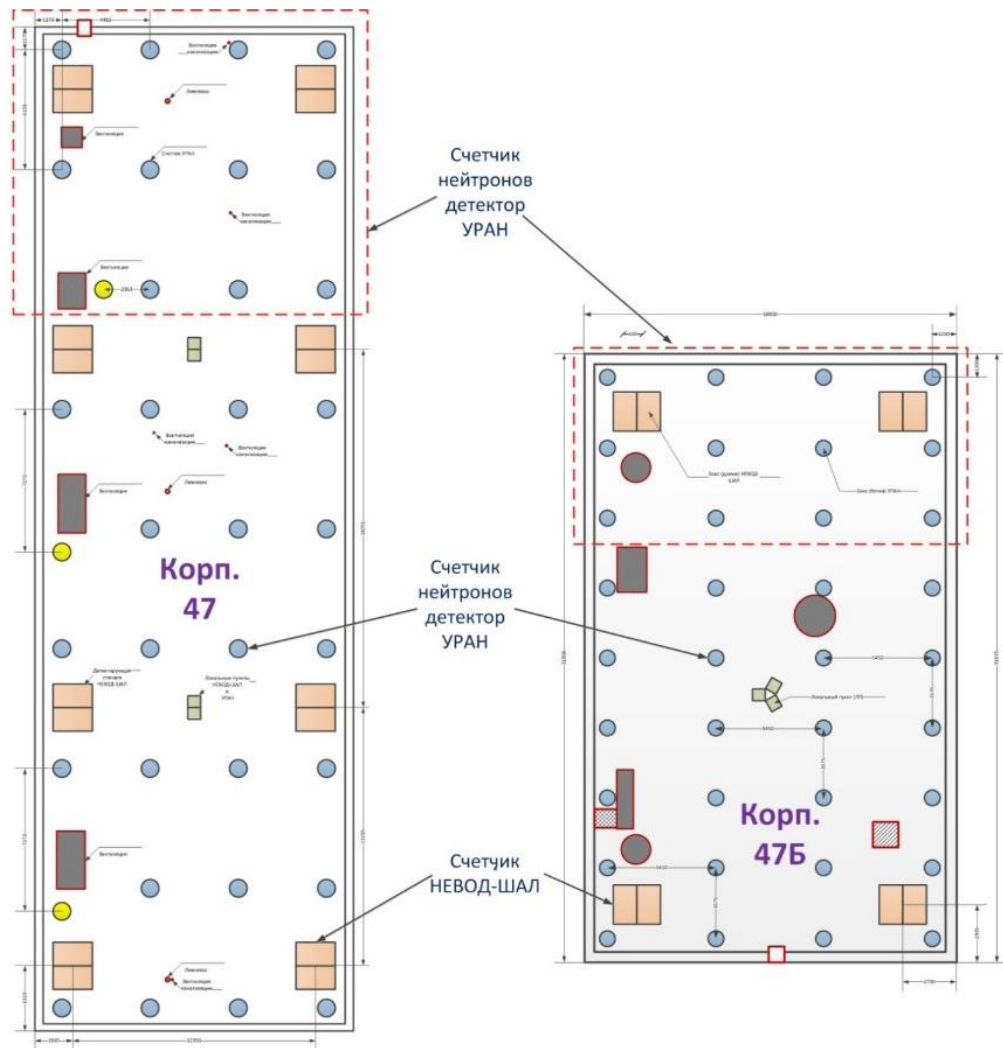
При взаимодействии адронов ШАЛ с окружающей средой рождаются испарительные нейтроны с энергией \sim МэВ, которые впоследствии замедляются и регистрируются детектором.

В работе было предложено использовать для регистрации таких нейтронов сцинтилляционный детектор на основе неорганического сцинтиллятора $\text{ZnS}(\text{Ag})$ с добавками изотопа ${}^6\text{Li}$, а позднее - соединений натурального бора.

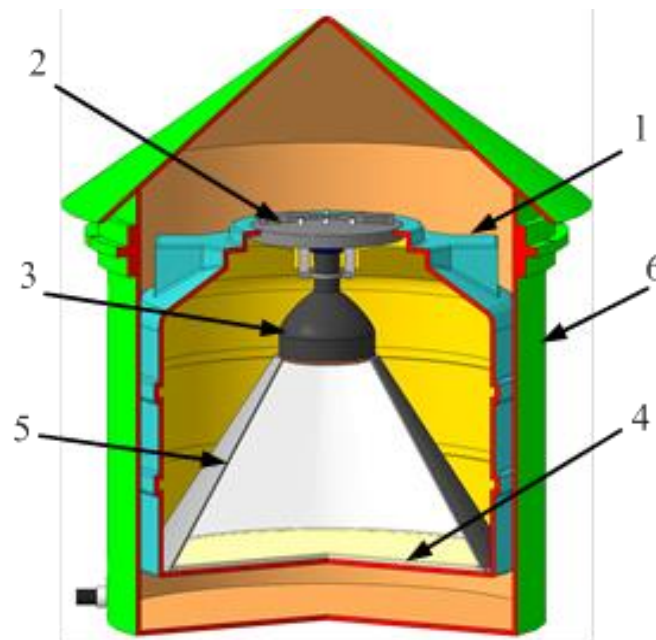


Установка УРАН

Установка кластерного типа: 6 кластеров, 72 детектора, $\sim 10^3 \text{ м}^2$

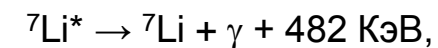
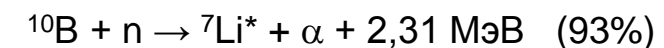
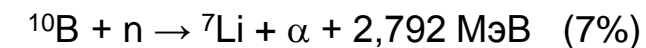


Конструкция электронно-нейтронного детектора установки УРАН:



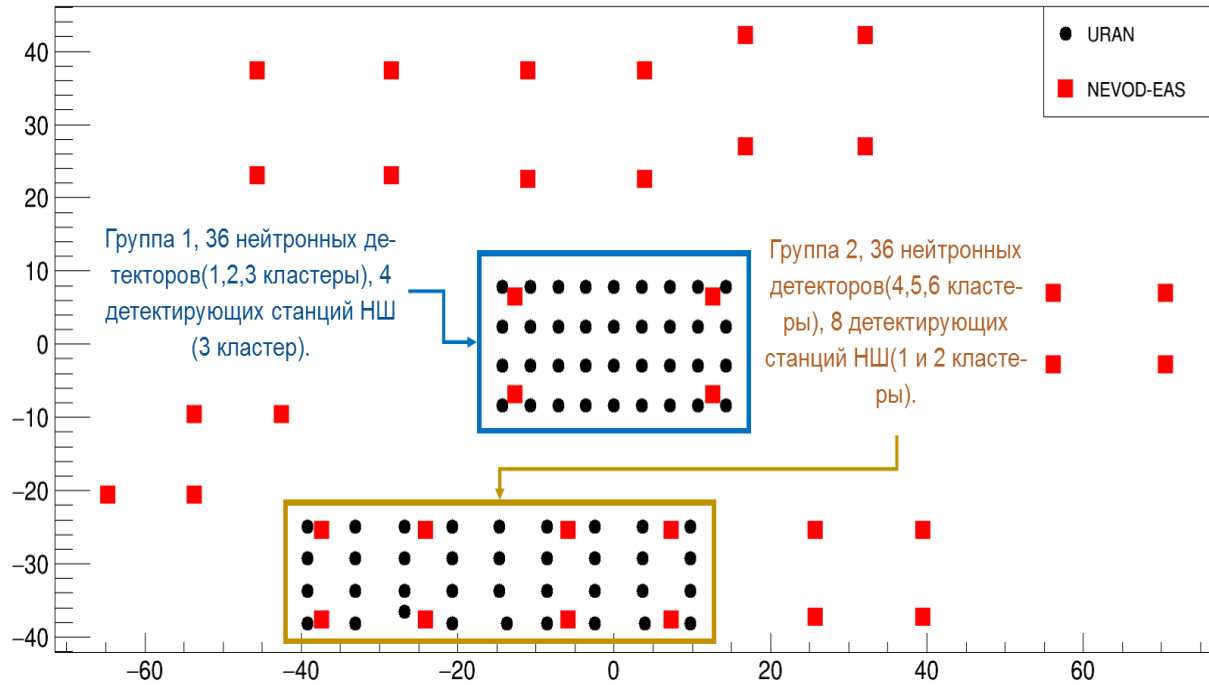
1 - светозащитный корпус;
2 - крышка с подвеской;
3 - ФЭУ-200;
4 - сцинтиллятор ZnS(Ag)+ B₂O₃;
5 - светоотражающий конус,
6 - внешний корпус.

Сцинтиллятор

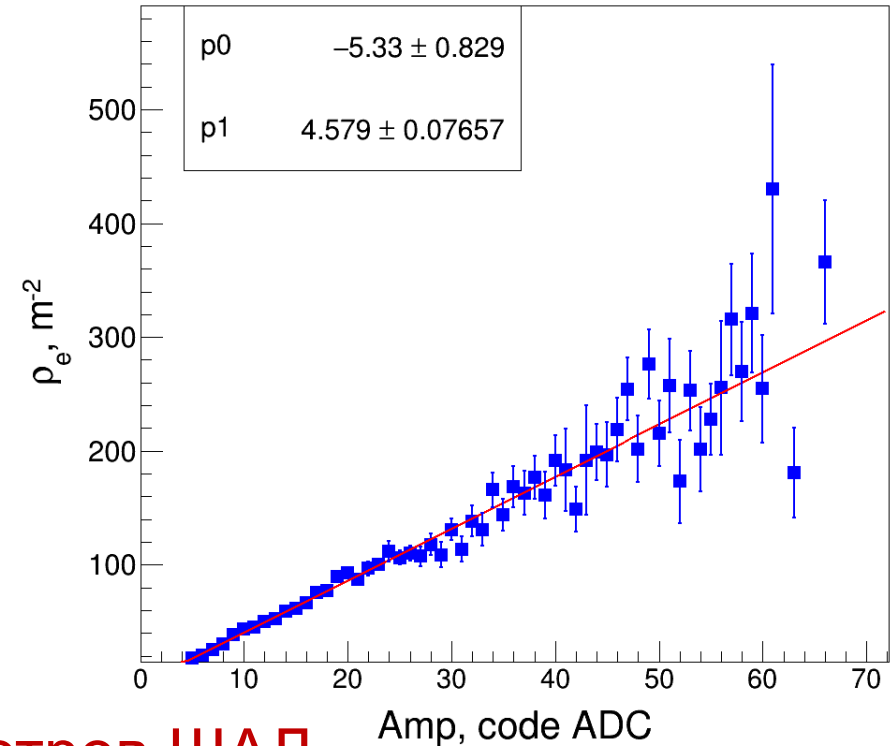


Калибровка эн-детекторов по заряженной компоненте

Схема размещения детекторов установок УРАН и НЕВОД-ШАЛ



Зависимость средней плотности частиц от средней амплитуды в эн-детекторе



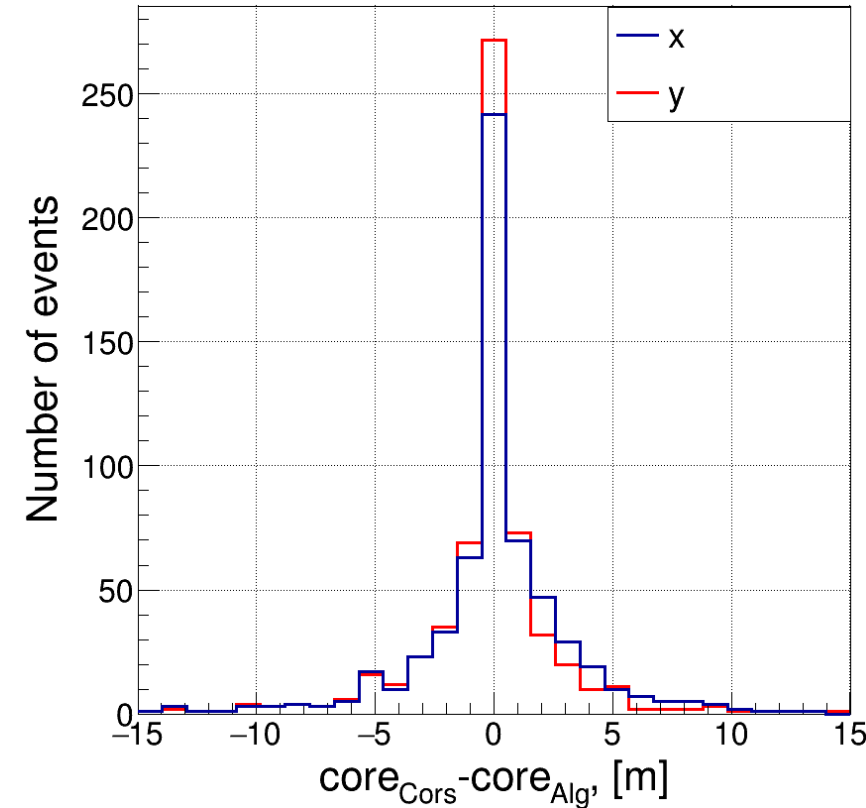
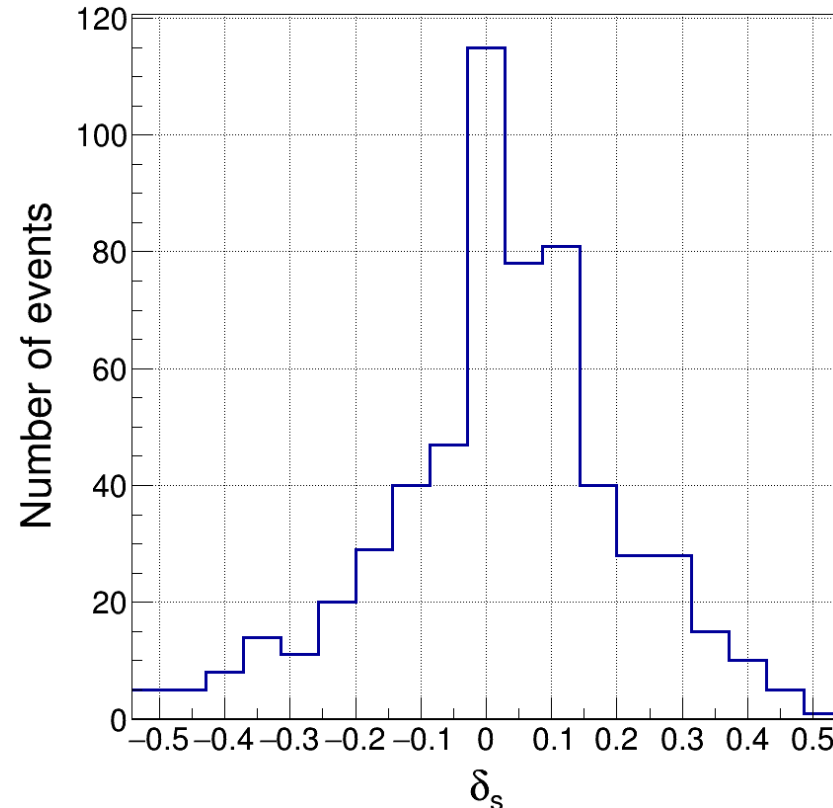
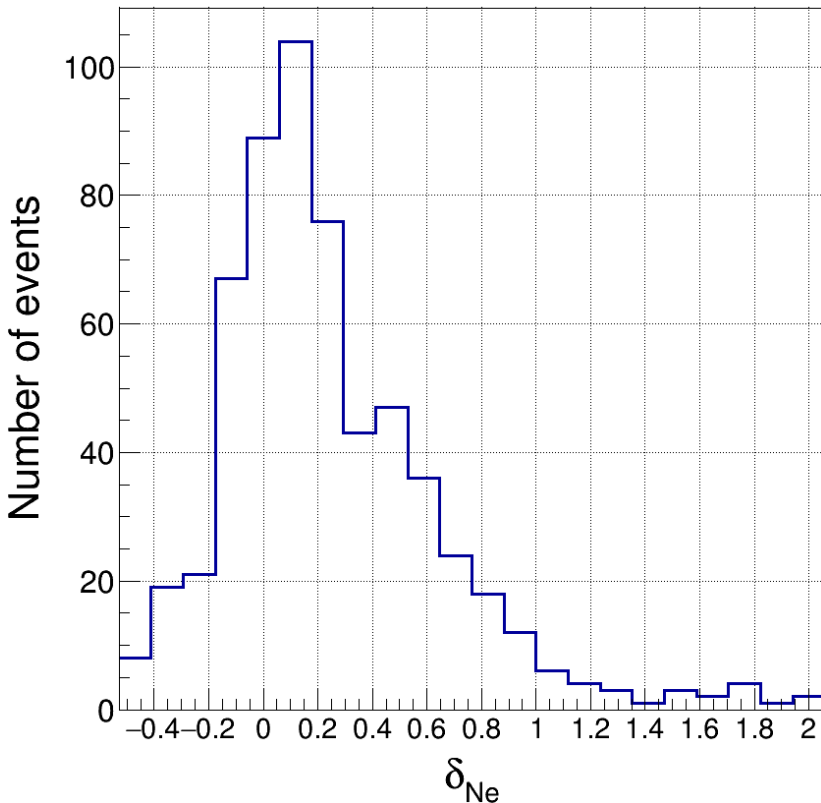
Определение параметров ШАЛ

Классические алгоритмы для определения параметров ШАЛ, как правило, основаны на методах поиска экстремума нелинейных функционалов, где с нулевого приближения ведется вычисление оценок сразу всех параметров ШАЛ, поэтому ошибка в одном параметре приводит к ошибке в другом и т. д. В использованном алгоритме «расцеплены» параметры ШАЛ, насколько это возможно, ошибка в оценке N_e не влияет на точность вычисления X , Y , а влияние ошибки в оценке z достаточно мало.

Проверка точности восстановления параметров ШАЛ

Проверка точности восстановления параметров ШАЛ проводилась с использованием результатов моделирования отклика (Geant4) установки на прохождение ШАЛ (CORSIKA). В качестве первичных частиц КЛ были выбраны протоны, энергии которых разыгрывались в диапазоне 10^{15} - 10^{17} эВ по степенному спектру КЛ с показателем 2.7, а зенитные углы θ варьировались в диапазоне от 0° до 50° .

Относительные ошибки в определении N_e , s , X и Y



Обработка ШАЛ

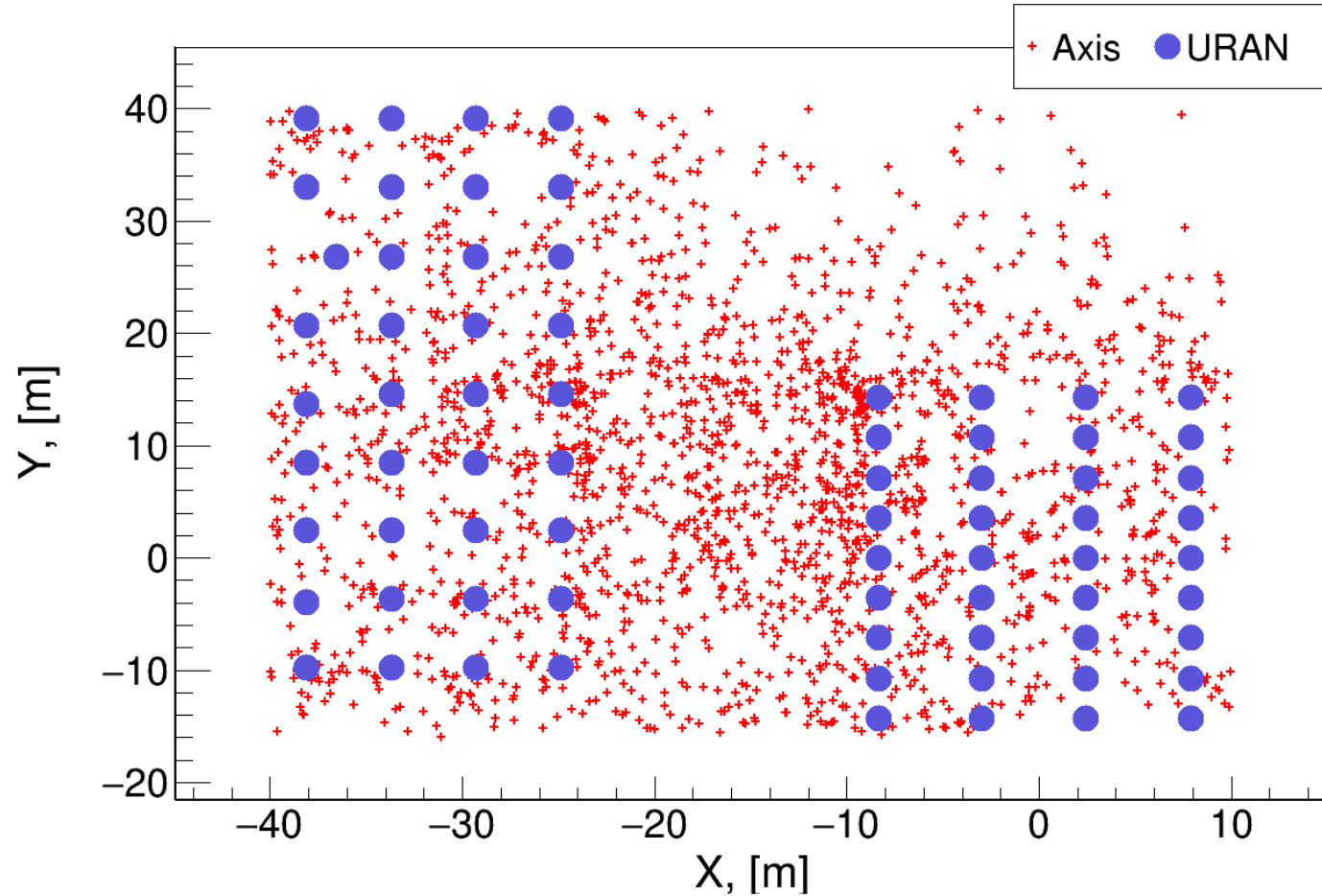
Триггерные условия каждого кластера:

Отклик как минимум двух детекторов в каждом кластере с амплитудой по заряженной компоненте не менее 10 кодов АЦП ~ **17** заряженных частиц.

Для реконструкции параметров (N_e , s , X и Y) и анализа ливней использовалась выборка, состоящая из **2948** событий с кратностью срабатывания кластеров = **6**, период проведения измерений **01.01.2019 - 31.12.2019**.

Для определения направления прихода ливней использовались данные установки НЕВОД-ШАЛ.

Распределение осей зарегистрированных ливней в пределах установки УРАН

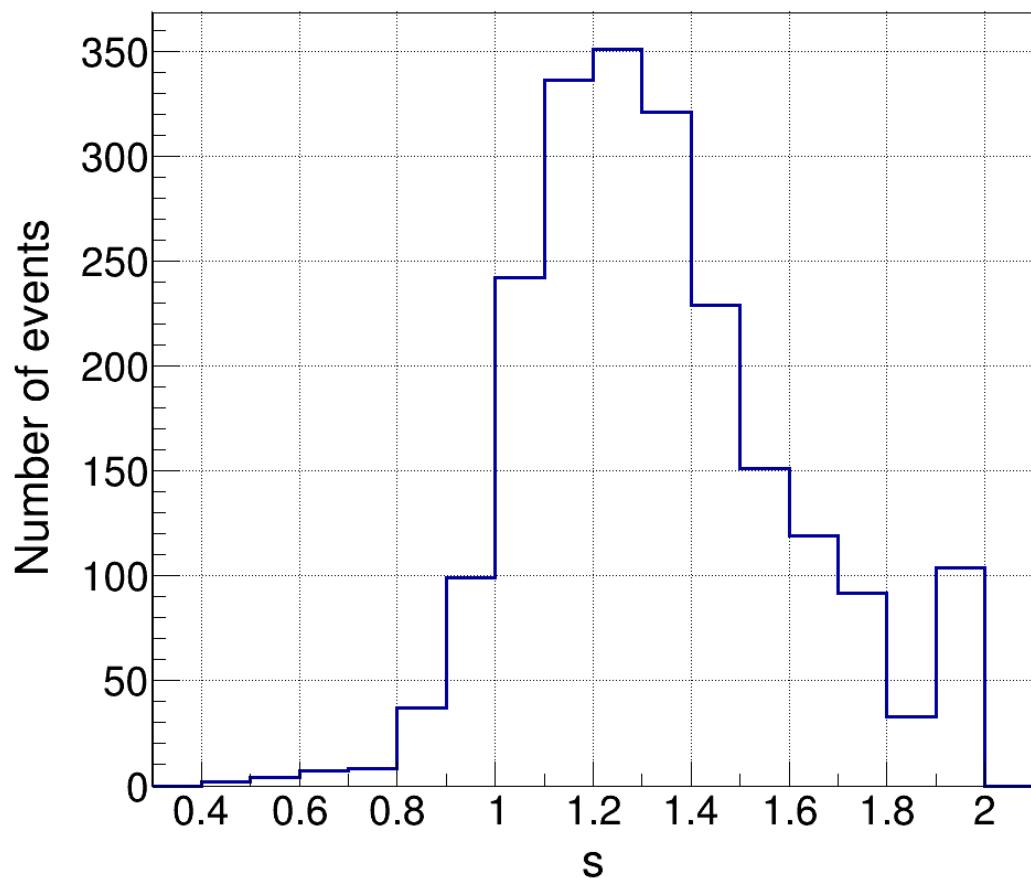


Восстановление параметров ШАЛ

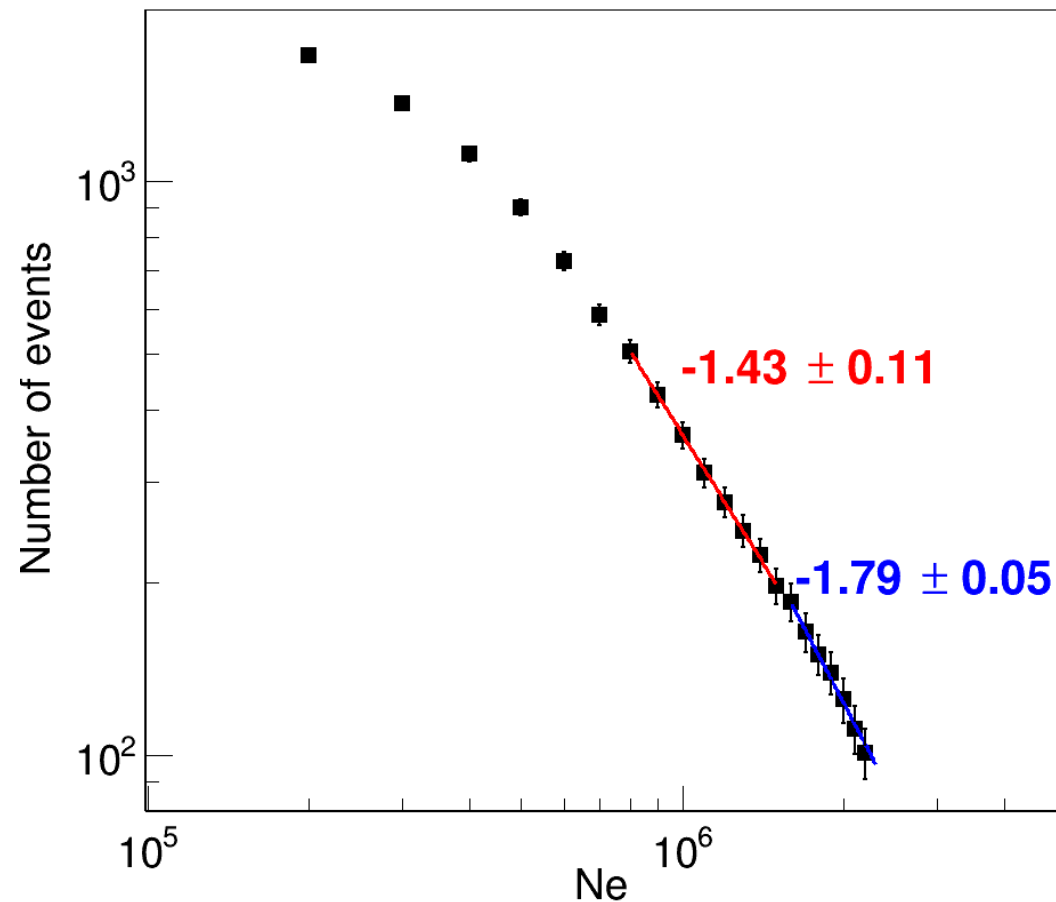
Среднее значение возраста зарегистрированных ливней составляет 1.3 ± 0.3 .

Интегральное распределение по мощности описывается степенной функцией

Распределение зарегистрированных ливней по возрасту



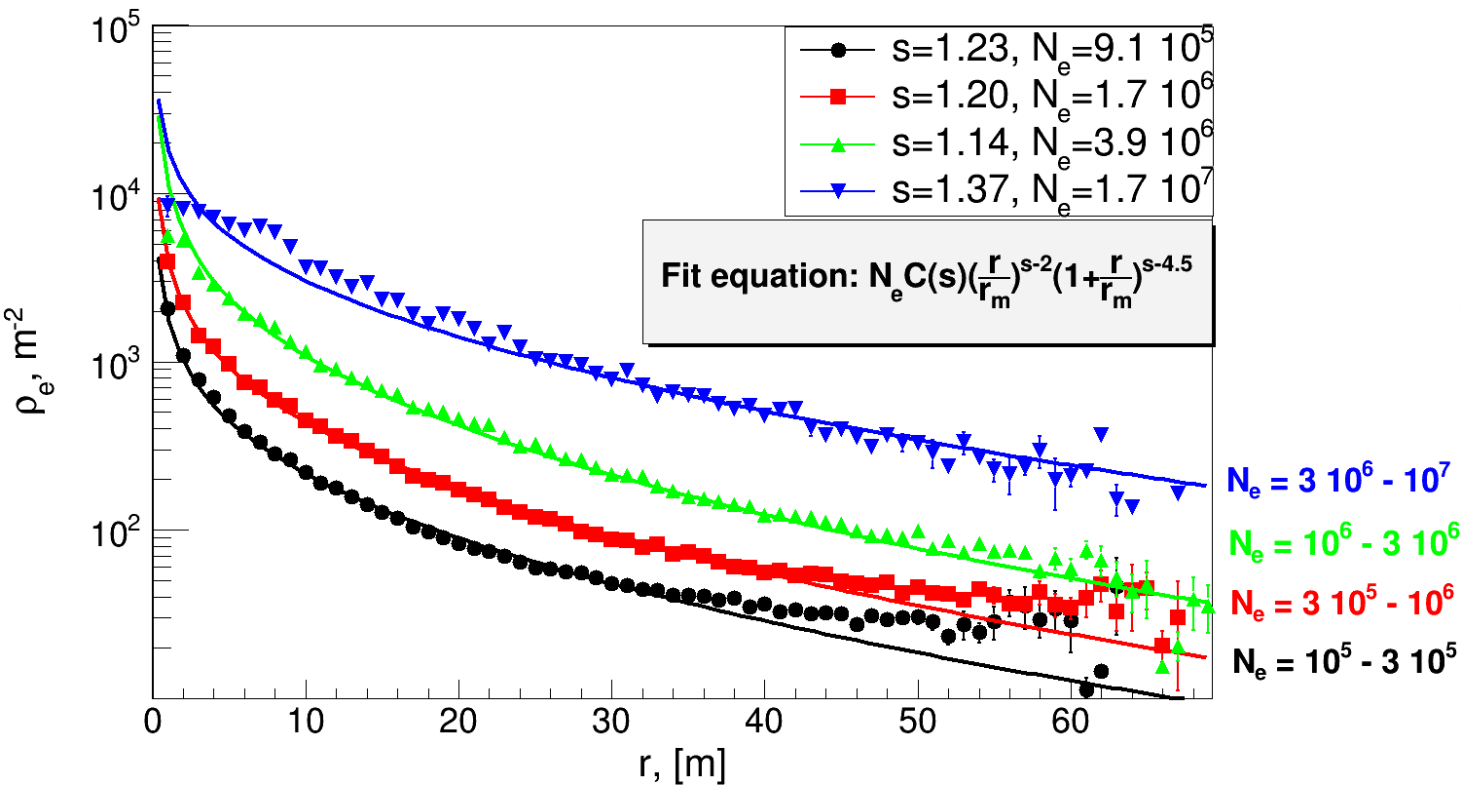
Распределение зарегистрированных ливней по мощности



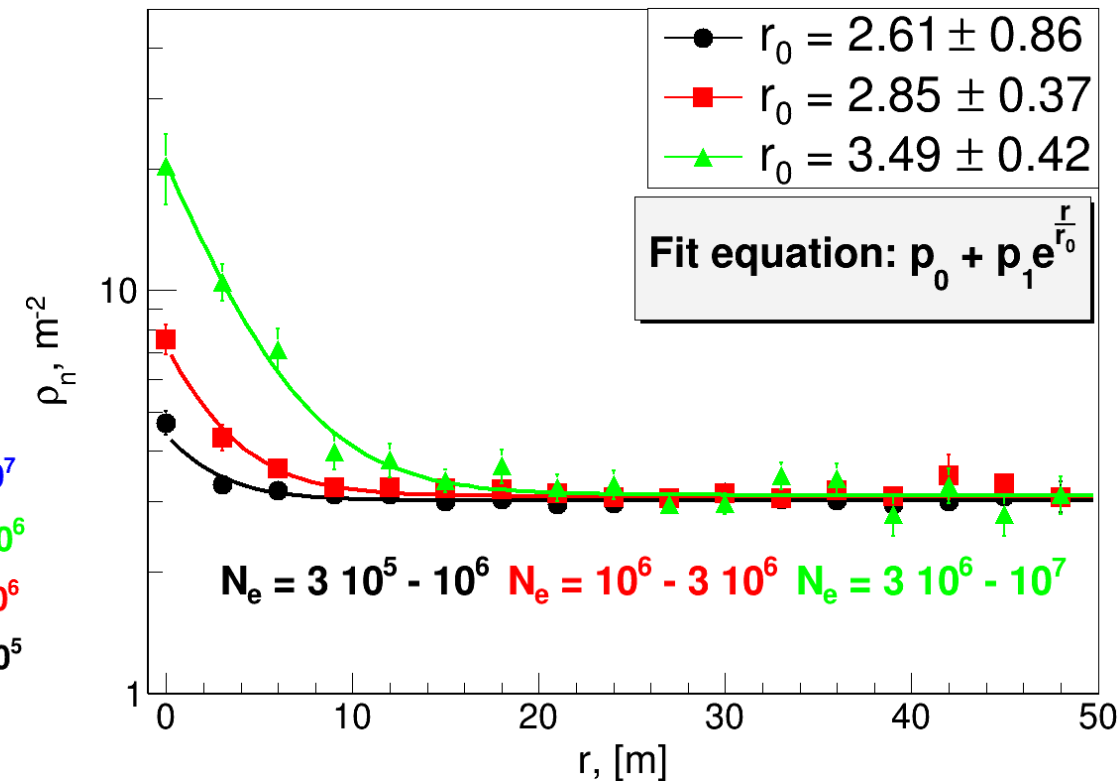
ФПР заряженной и нейтронной компонент ШАЛ

ФПР построены для различных интервалов N_e : $10^5 - 3 \cdot 10^5$; $3 \cdot 10^5 - 10^6$; $10^6 - 3 \cdot 10^6$; $3 \cdot 10^6 - 10^7$.

ФПР заряженной компоненты



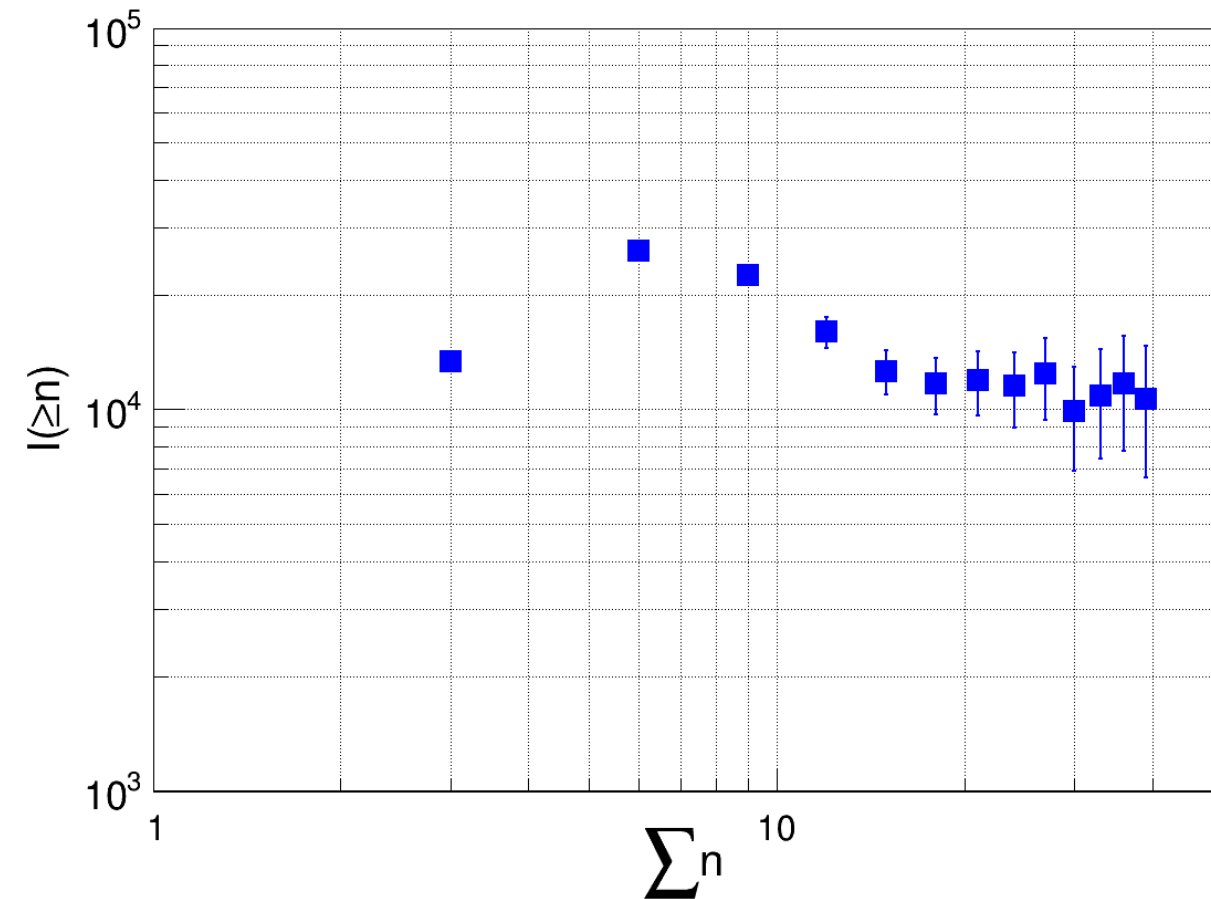
ФПР нейтронной компоненты



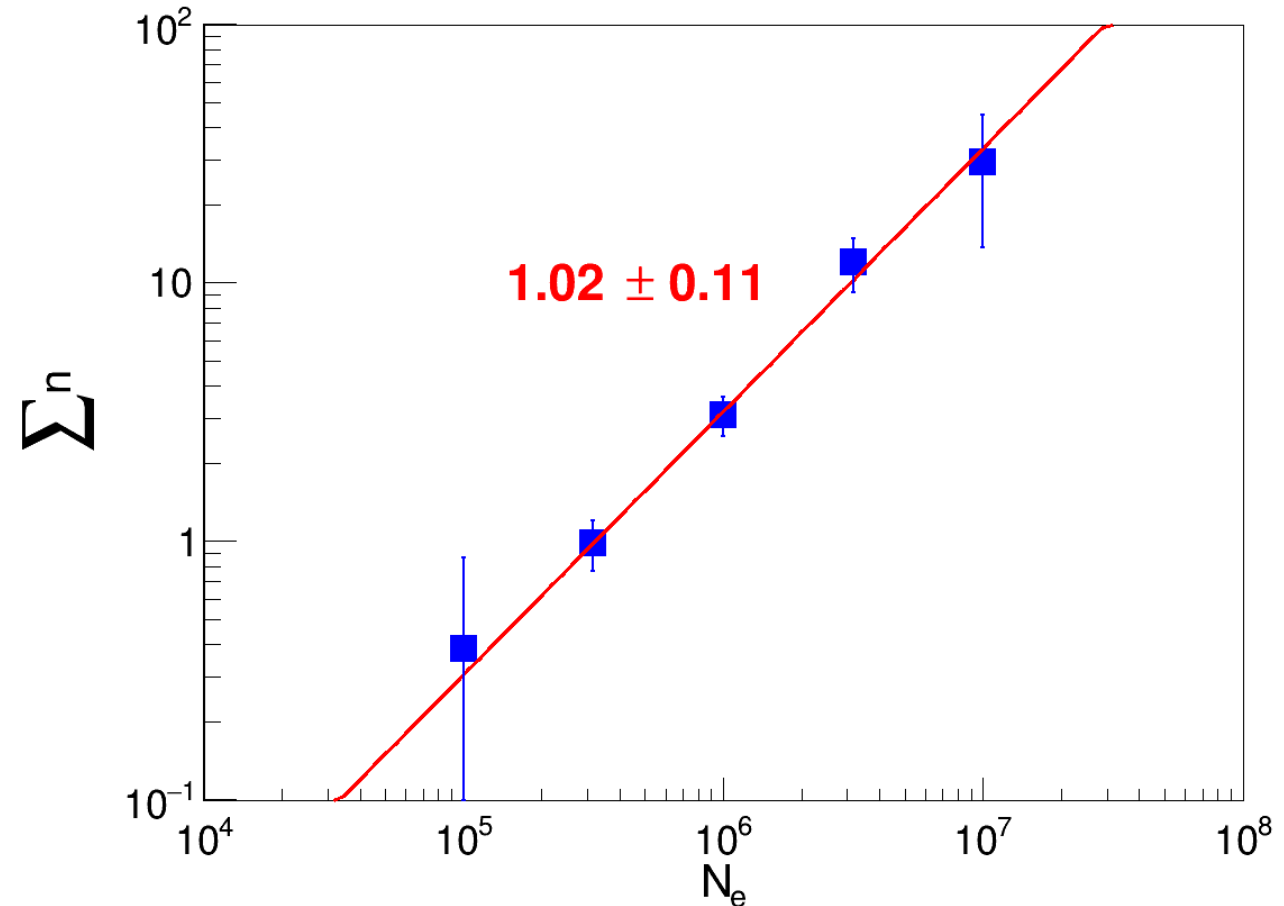
Нейтронная компонента ШАЛ

Интегральное распределение нейтронов ШАЛ описывается степенной функцией с показателем 2.0 ± 0.1

Распределение зарегистрированных ливней по числу нейтронов



Зависимость зарегистрированных нейтронов от мощности ливня



Заключение

Проведена обработка данных экспериментальной серии установки УРАН за 2019 год.

Проведен анализ ШАЛ, зарегистрированных установкой, в результате которого были получены следующие результаты:

- **ФПР нейтронной** и заряженной компоненты ШАЛ для различных интервалов мощностей ливней;
- **распределение ШАЛ** по числу зарегистрированных нейтронов, с показателем 2.0 ± 0.1 ;
- **зависимость** числа зарегистрированных **нейтронов от мощности ливня**;

Продемонстрирована принципиальная возможность регистрации заряженной компоненты ШАЛ с помощью эн-детекторов, однако лучше проводить оценку параметров ШАЛ с помощью классической установки - НЕВОД-ШАЛ.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!