

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА  
ПО НАПРАВЛЕНИЮ 03.03.02 ФИЗИКА  
НАПРАВЛЕННОСТЬ (ПРОФИЛЬ)  
«СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА»**

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ МАКСИМУМА ШАЛ  
ПО ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСА ЧЕРЕНКОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Выполнил: студент 4 курса, группы 01411-ДБ  
Устинов Кирилл Александрович

Руководитель: д.ф.-м.н., Паперный В.Л.

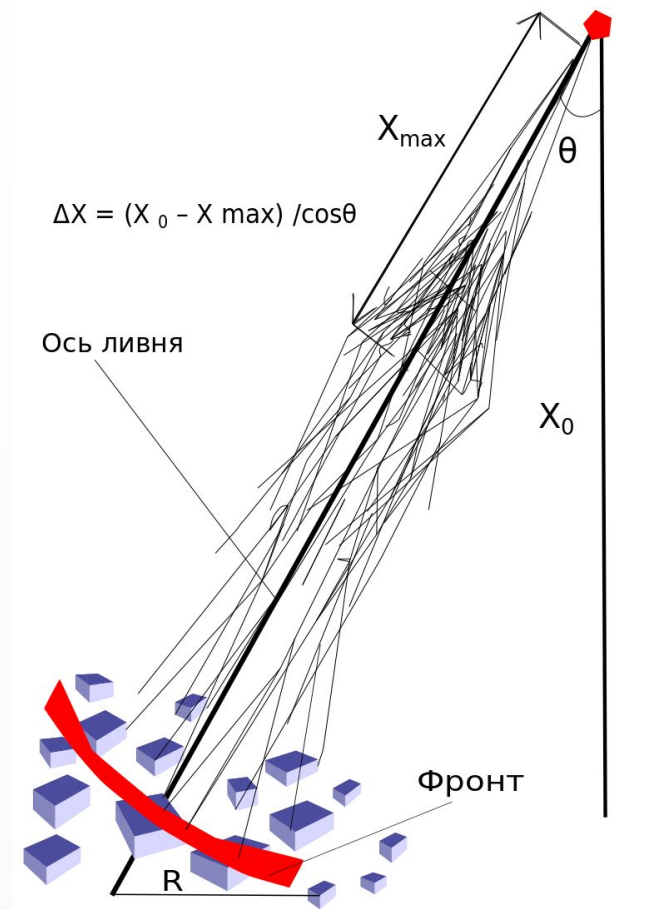
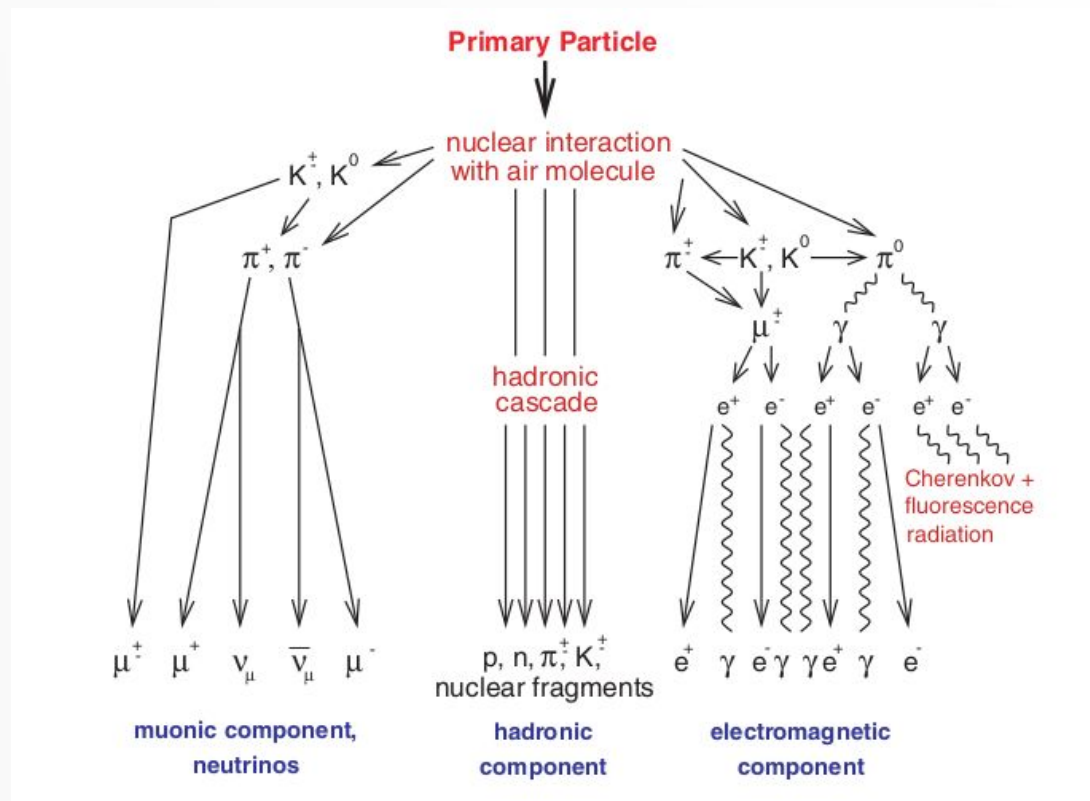
Консультант: д.ф.-м.н., Просин В.В.

# Космические лучи

- - это непрерывно бомбардирующие нашу планету потоки ядер химических элементов
- Индивидуальные частицы имеют высокую энергию вплоть до  $10^{20}$  эВ.
- Имеют скорость близкую к скорости света.
- Состав сходен с химическим составом вещества Вселенной: водород — преобладающий элемент (~ 90%); гелий (~ 8%); ядра более тяжелых элементов (~ 2%).

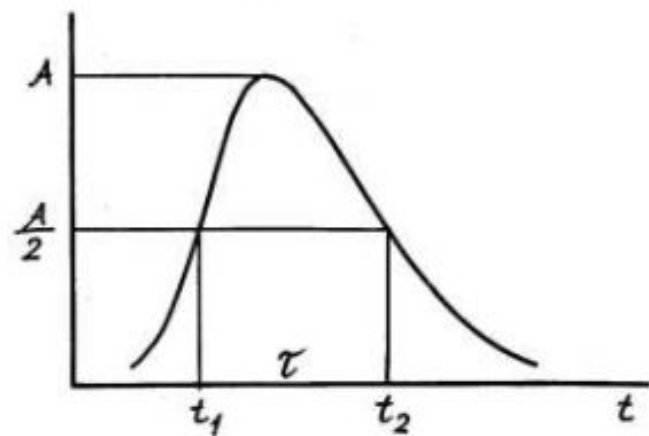
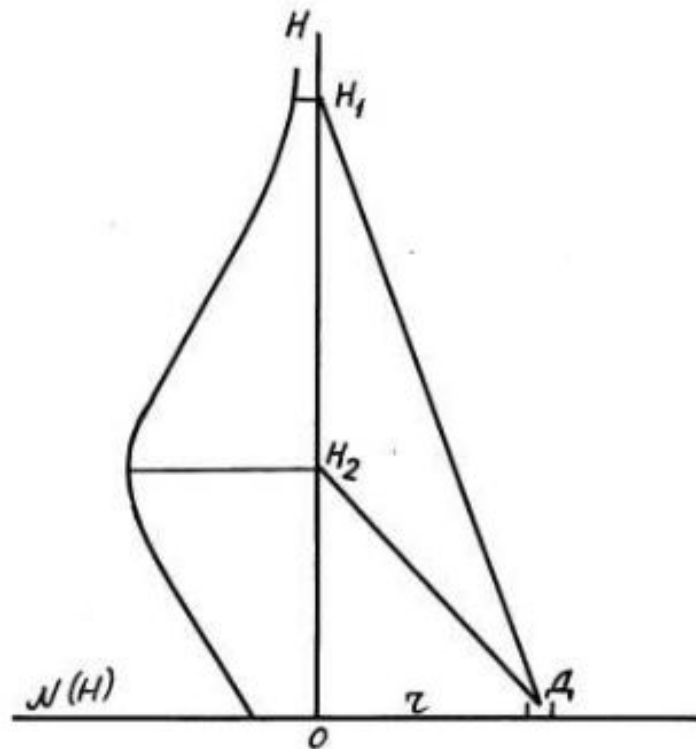
# Широкие атмосферные ливни

## Схема развития ливня



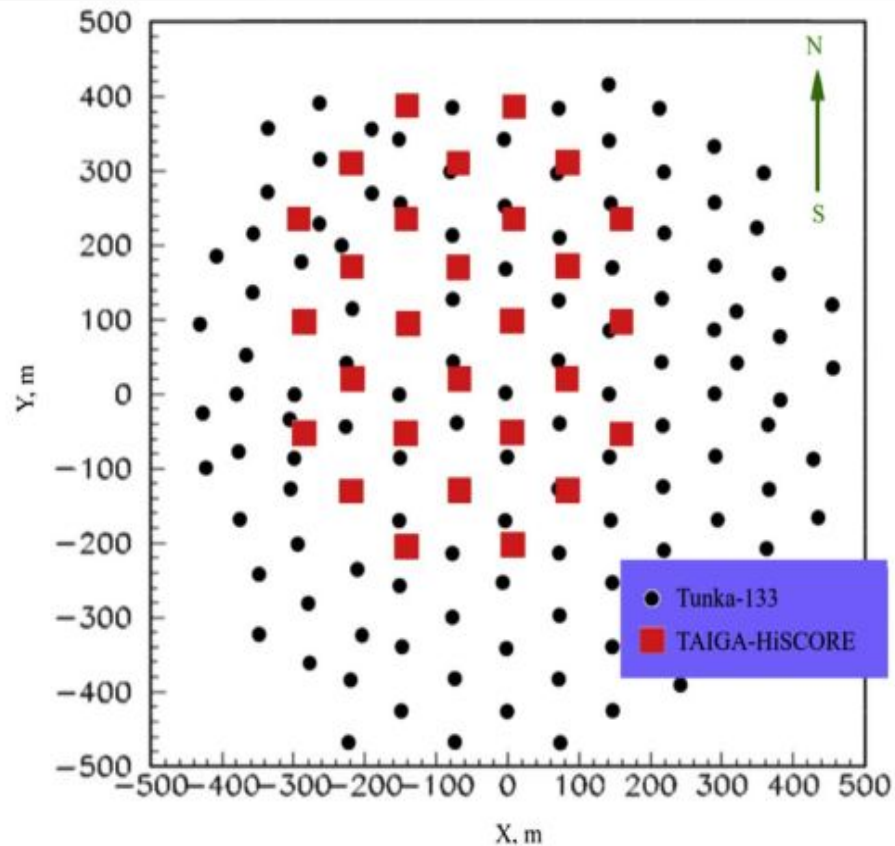
$X_{max}$  - глубина на которой число заряженных частиц максимально

# Связь $X_{\max}$ с черенковским импульсом



$n(H)$  — усредненный  
показатель преломления  
воздуха вдоль пути света

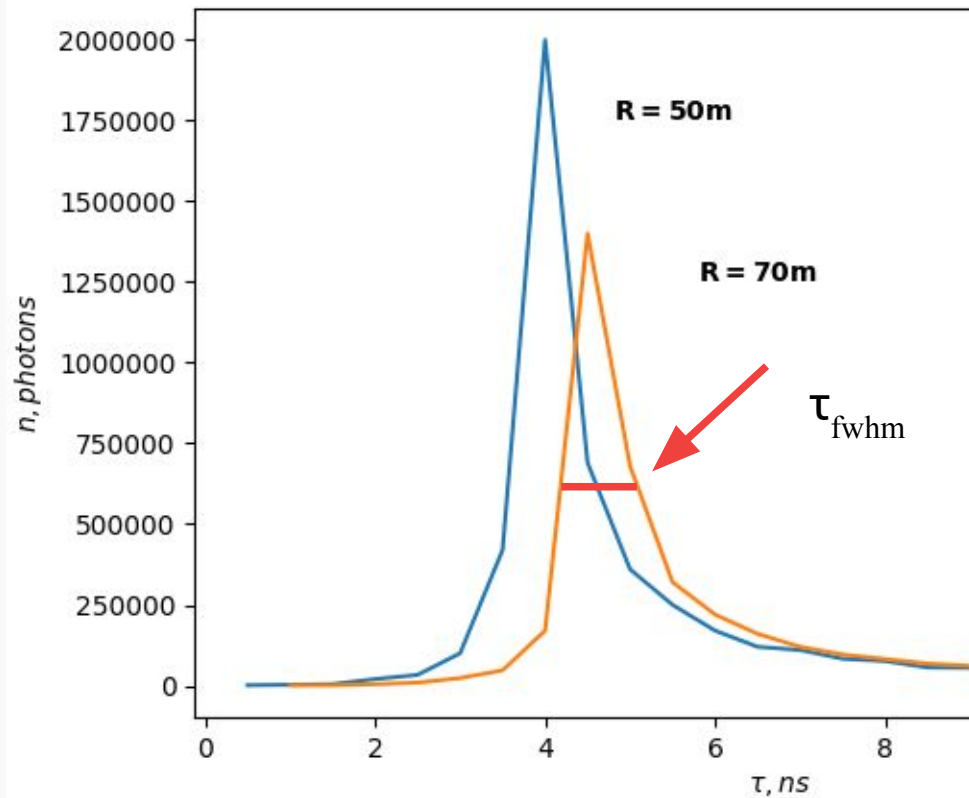
# Установка Tunka-HiSCORE



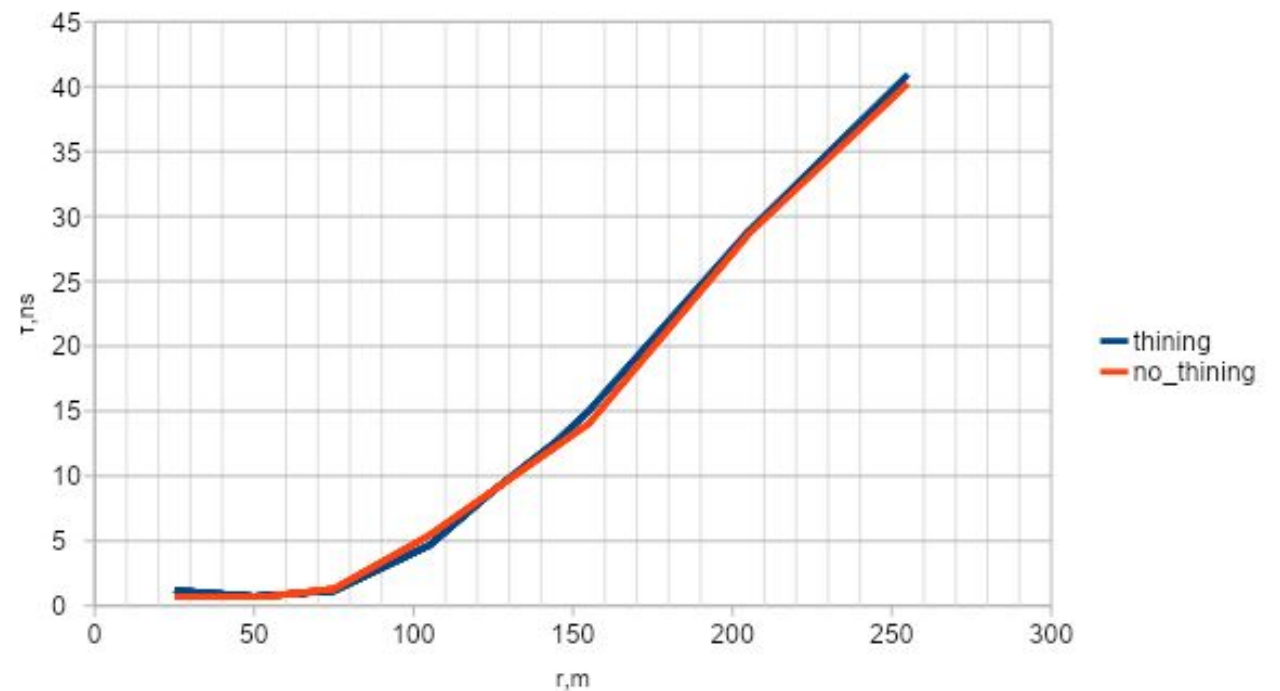
- Часть эксперимента TAIGA
- 29 детекторов размещенных на территории около 0,4 км<sup>2</sup>
- 4 фотоумножителя на каждую оптическую станцию
- Регистрирует вспышки черенковского света

# Моделирование импульсов

- 50 ливней в программе CORSIKA

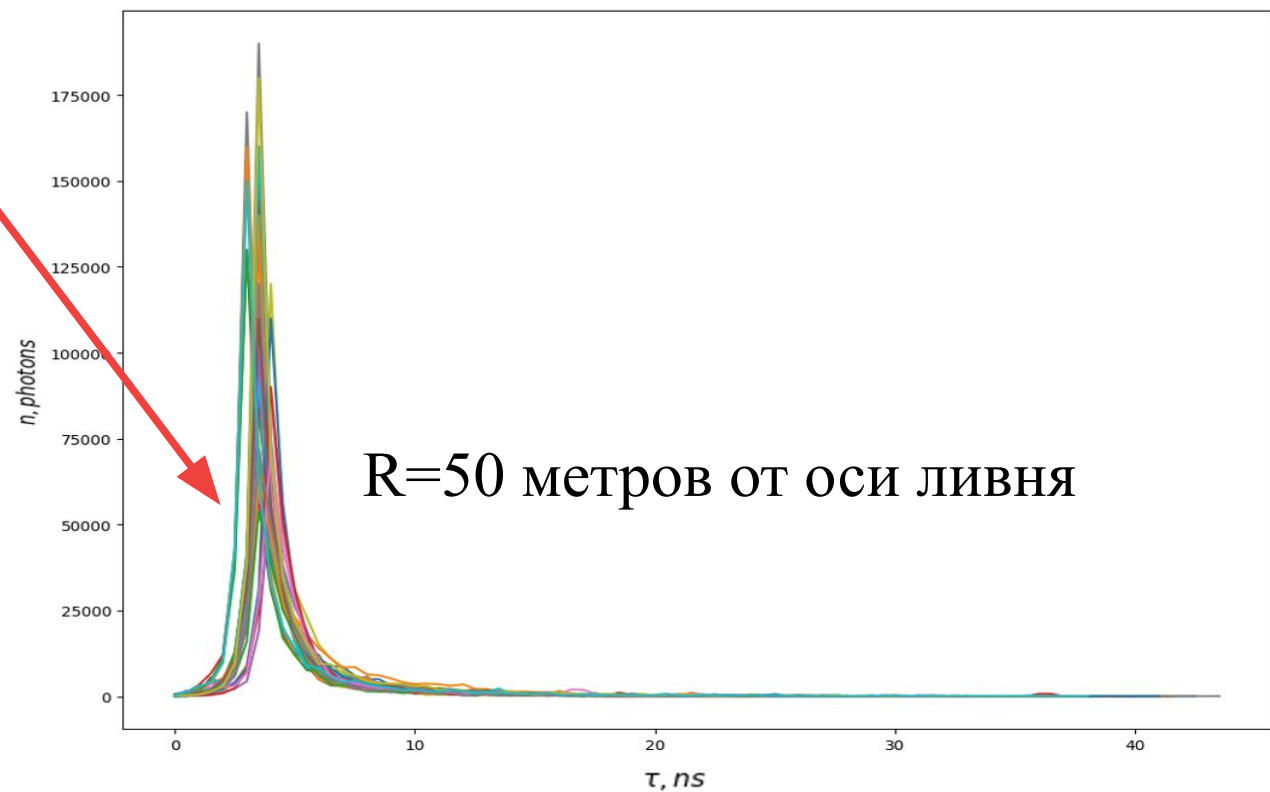
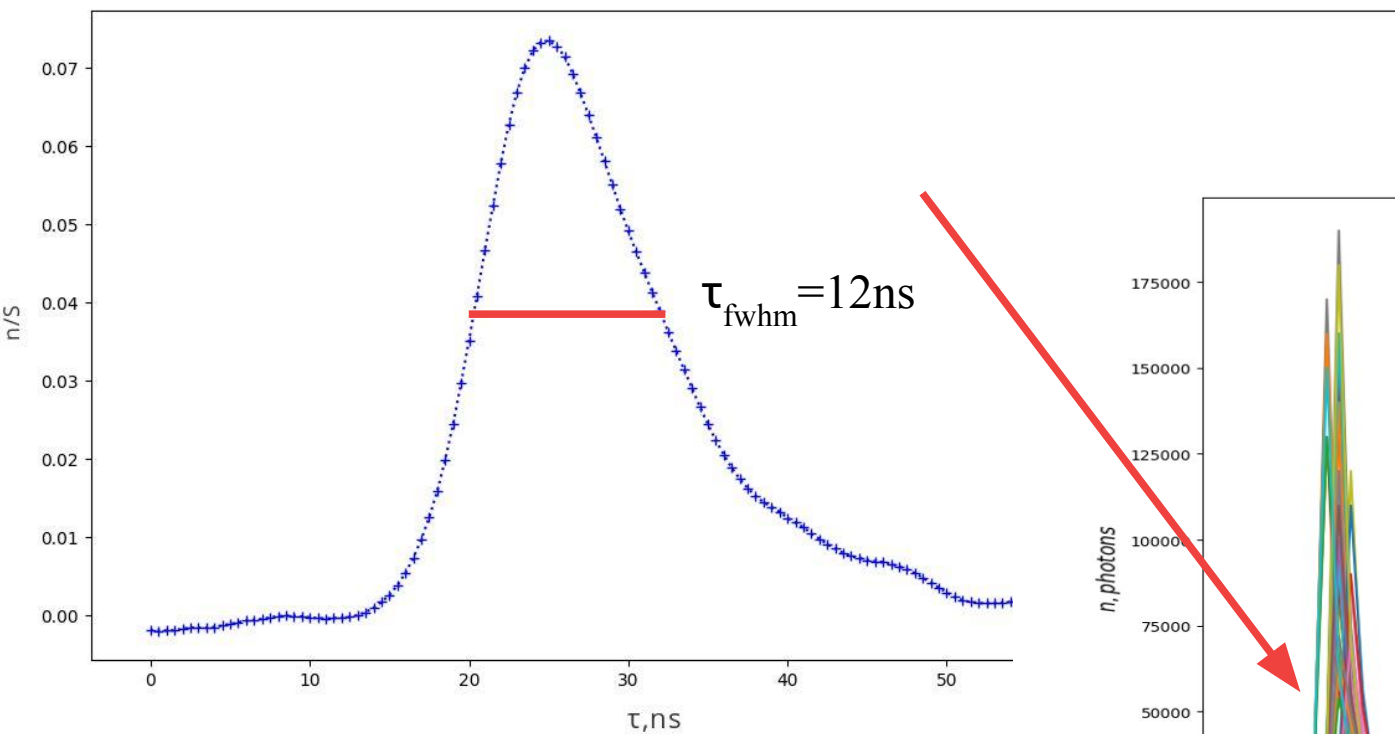


Первичная частица протон с энергией  $10^{16}\text{эВ}$



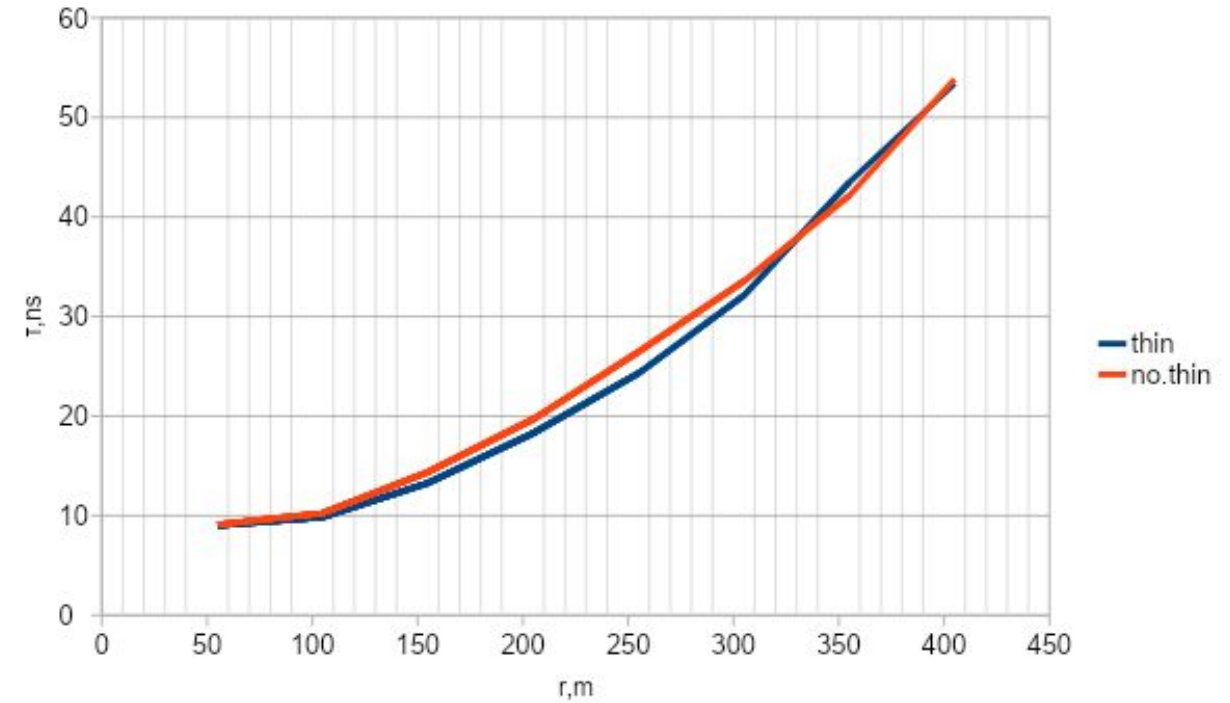
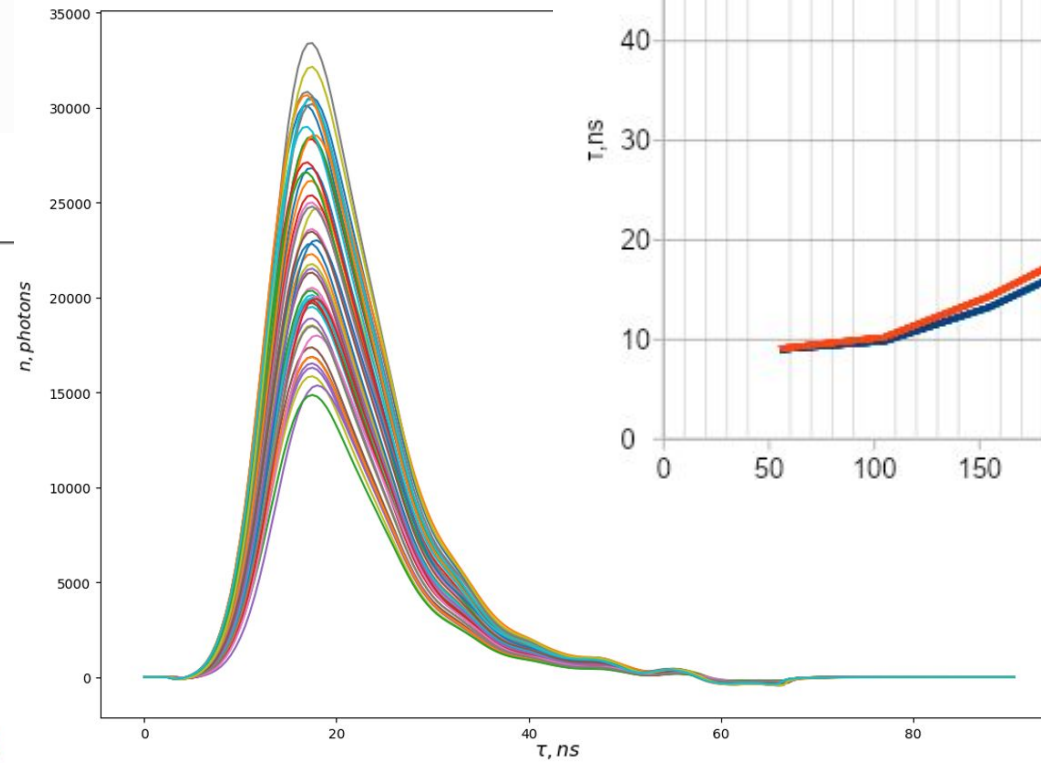
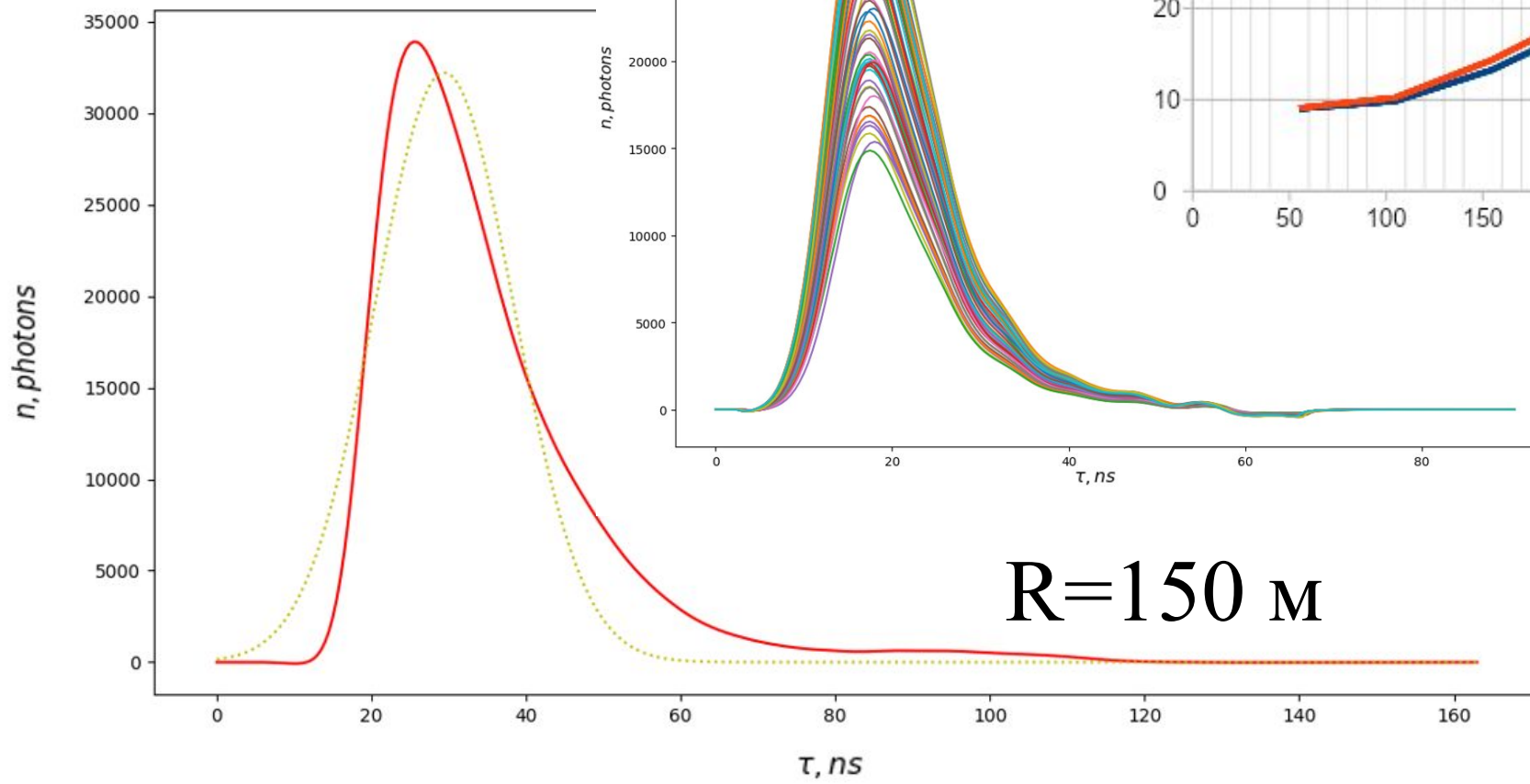
# Преобразование импульсов

- Аппаратная функция



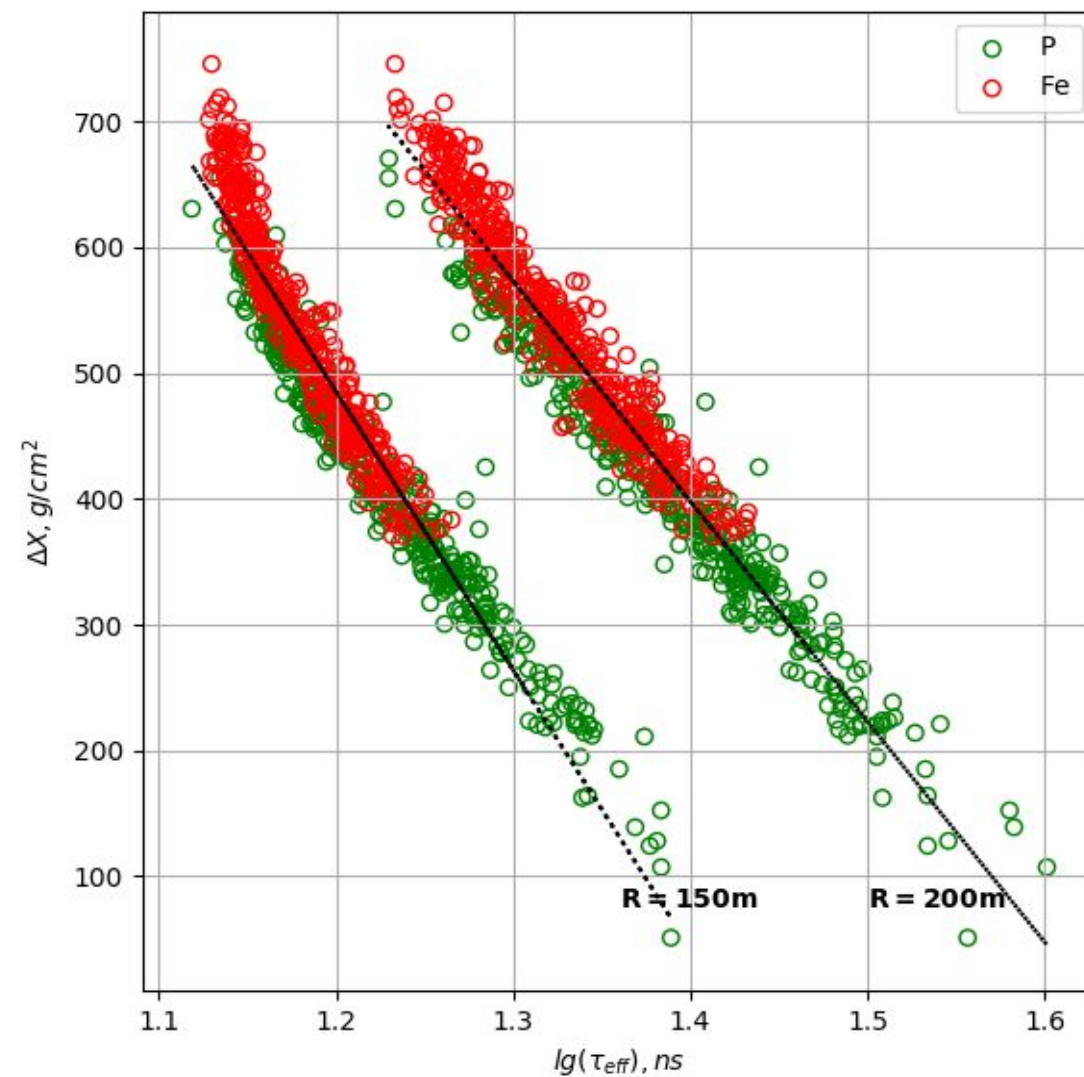
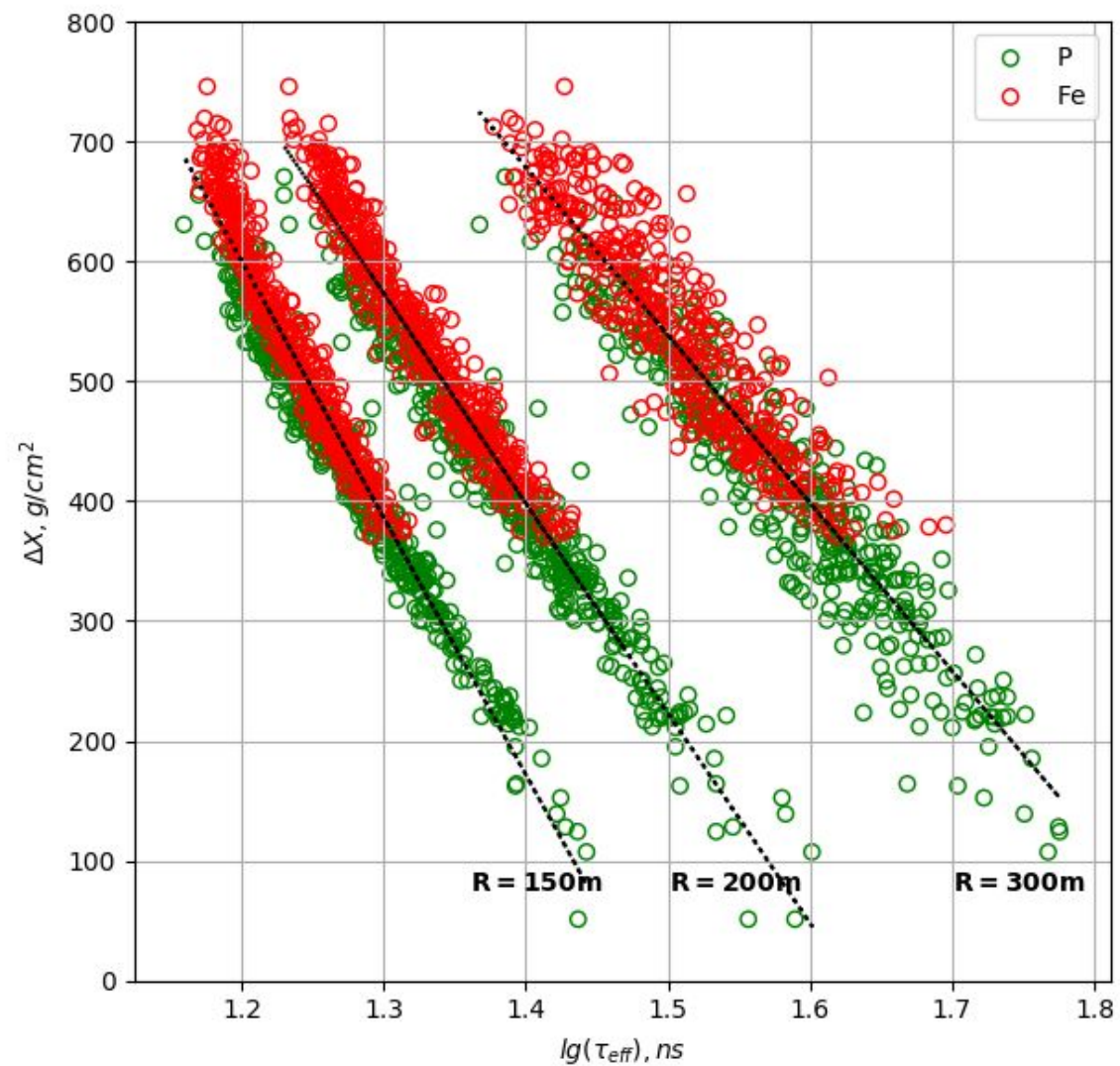
# „Прошедшие через аппаратуру“

$$\tau_{\text{fwhm}} > 9\text{ns}$$



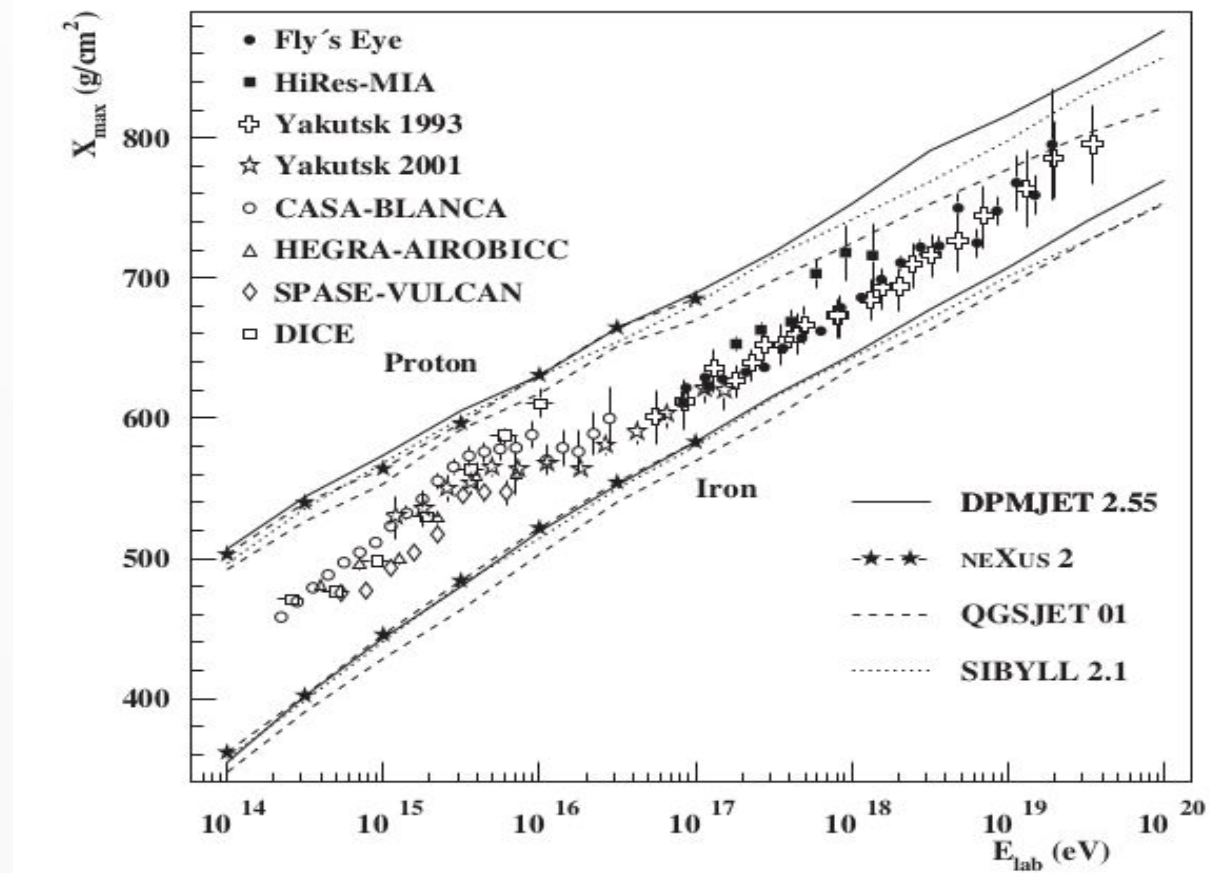


# Оценка глубины максимума



# Что дальше?

- Экспериментальные данные Tunka-HiSCORE
- Оценка массового состава КЛ



# Заключение

- В результате работы была подтверждена и получена зависимость  $X_{\max}$  от длительности импульсов черенковского свет для расстояний 150 и 200 метров от оси широкого атмосферного ливня. Разработаны программы для анализа смоделированных данных. Получена основа для для будущее оценки массового состава космических лучей с использованием установки Tunka-HiSCORE.

**Спасибо за внимание!**