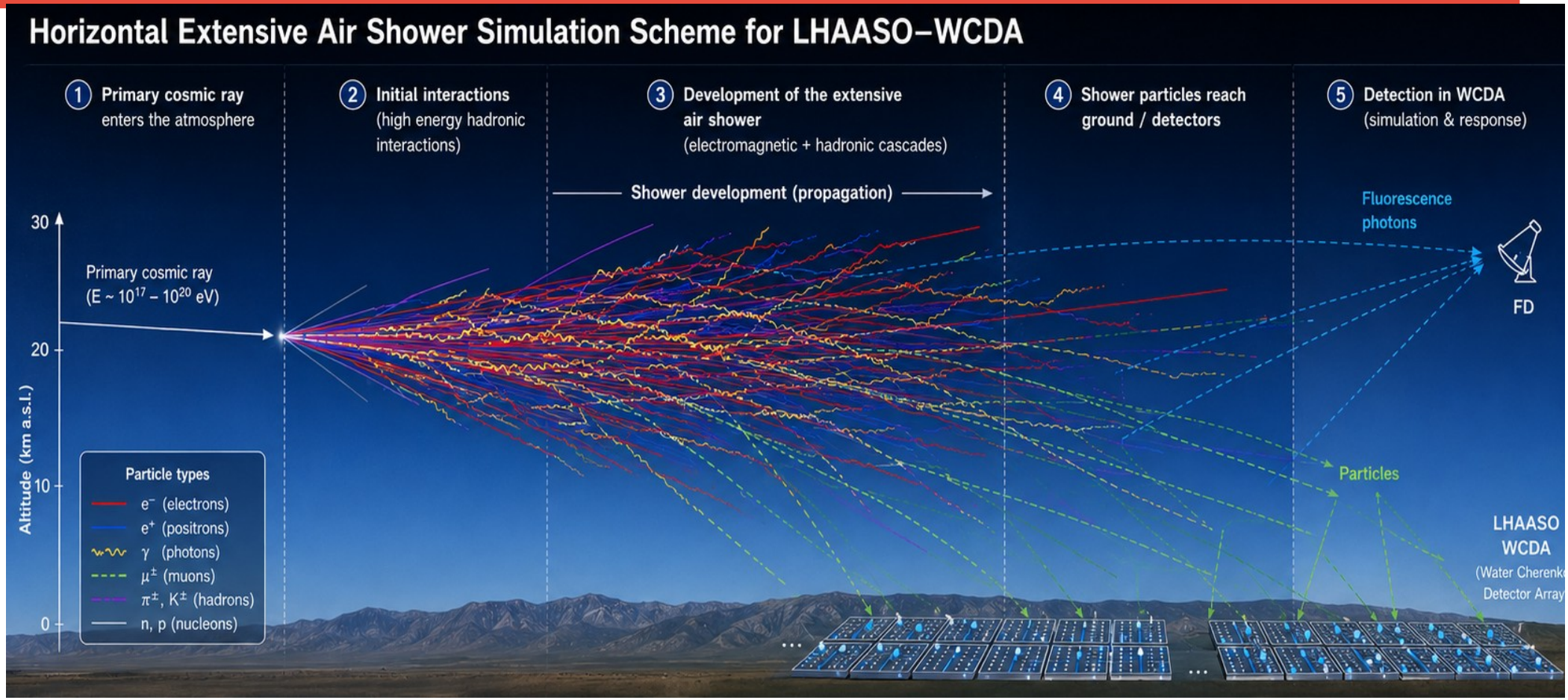
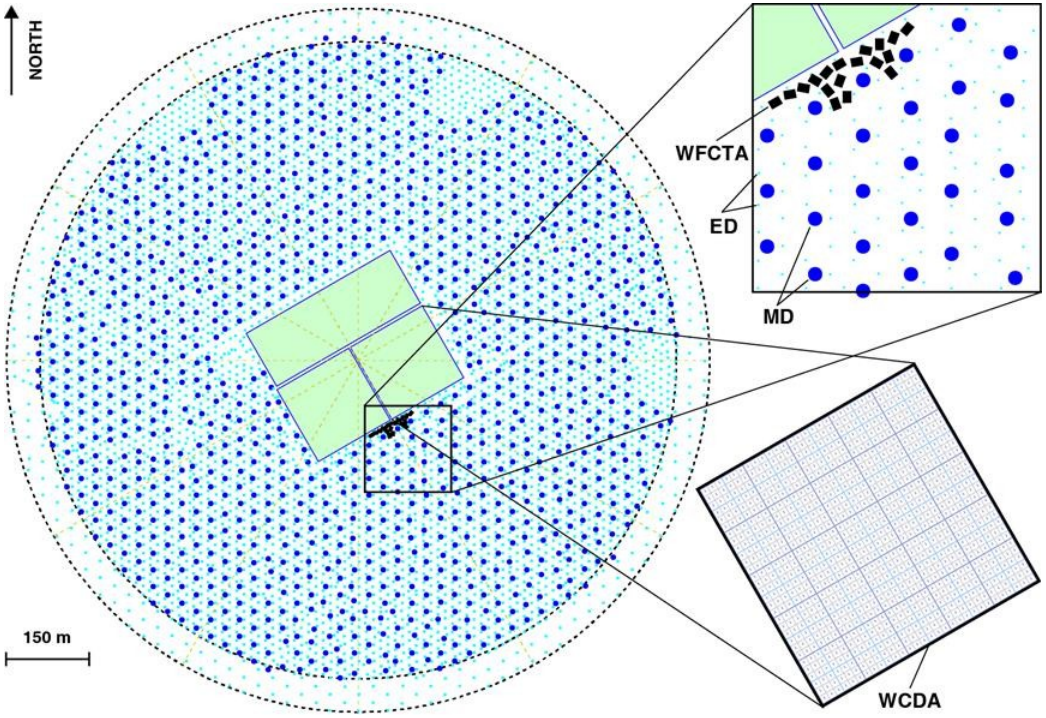
Моделирование горизонтальных атмосферных ливней для детектора WCDA эксперимента LHAASO.

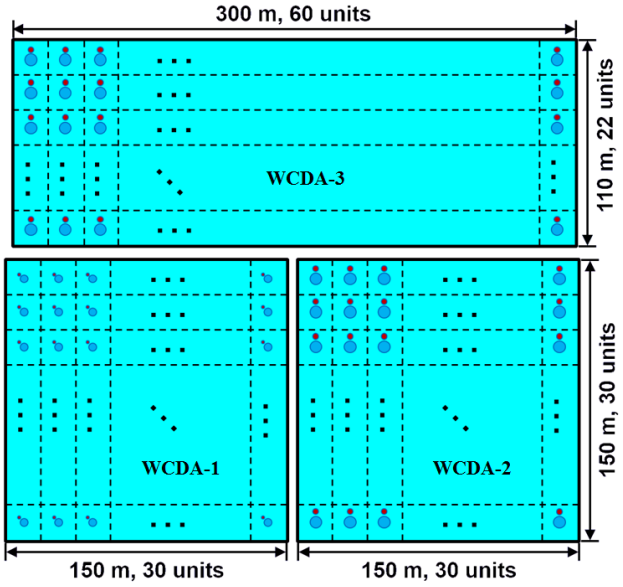
39 Всероссийская конференция по космическим лучам

Карпиков И.С, Буткевич А.В., Кулешов Д. А., Куринов К. О., Малий И. О., Стенькин Ю. В., Щеголев О. Б.


Horizontal Extensive Air Shower Simulation Scheme for LHAASO–WCDA
1 Primary cosmic ray enters the atmosphere
2 Initial interactions (high energy hadronic interactions)
3 Development of the extensive air shower (electromagnetic + hadronic cascades)
4 Shower particles reach ground / detectors
5 Detection in WCDA (simulation & response)
Shower development (propagation)
Fluorescence photons
FD
Primary cosmic ray
(E ~ 10^17 – 10^20 eV)
Altitude (km a.s.l.)
30
20
10
0
Particle types
e⁻ (electrons)
e⁺ (positrons)
γ (photons)
μ± (muons)
π±, K± (hadrons)
n, p (nucleons)
Particles
LHAASO
WCDA
(Water Cherenk
Detector Array

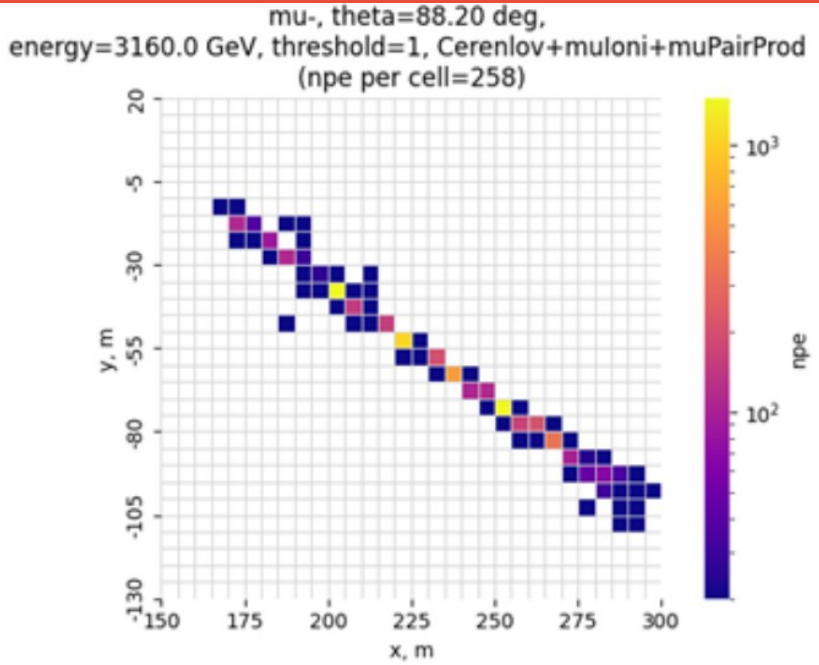
Общая схема установки LHAASO и детектора WCDA

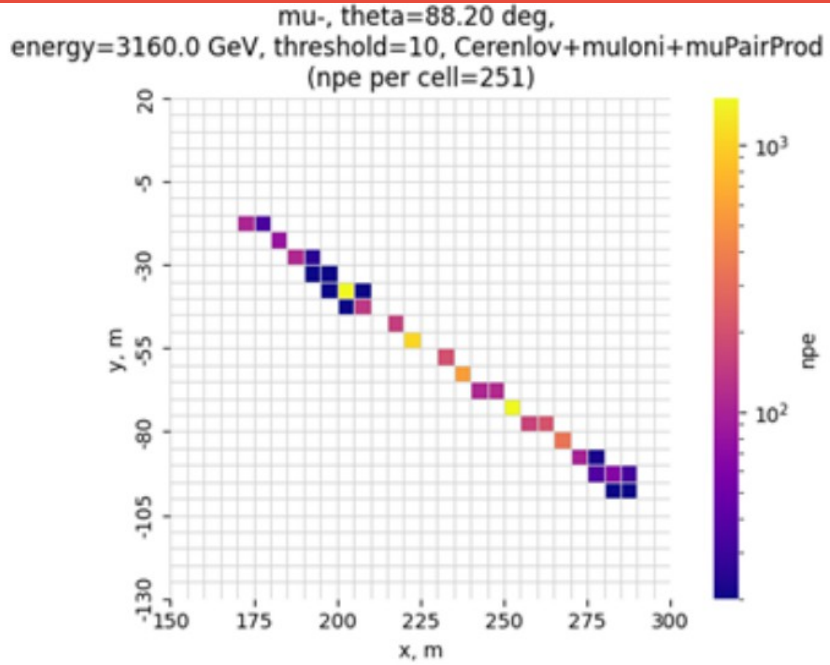




- 5242 EDs – 1 m^2 each – 15 m spacing
- 1188 MDs – 36 m^2 each – 30 m spacing
- 3120 WCDs – 25 m^2 each
- 18 WFCTs

Измерение атмосферных мюонов в WCDA с помощью метода pair- meter

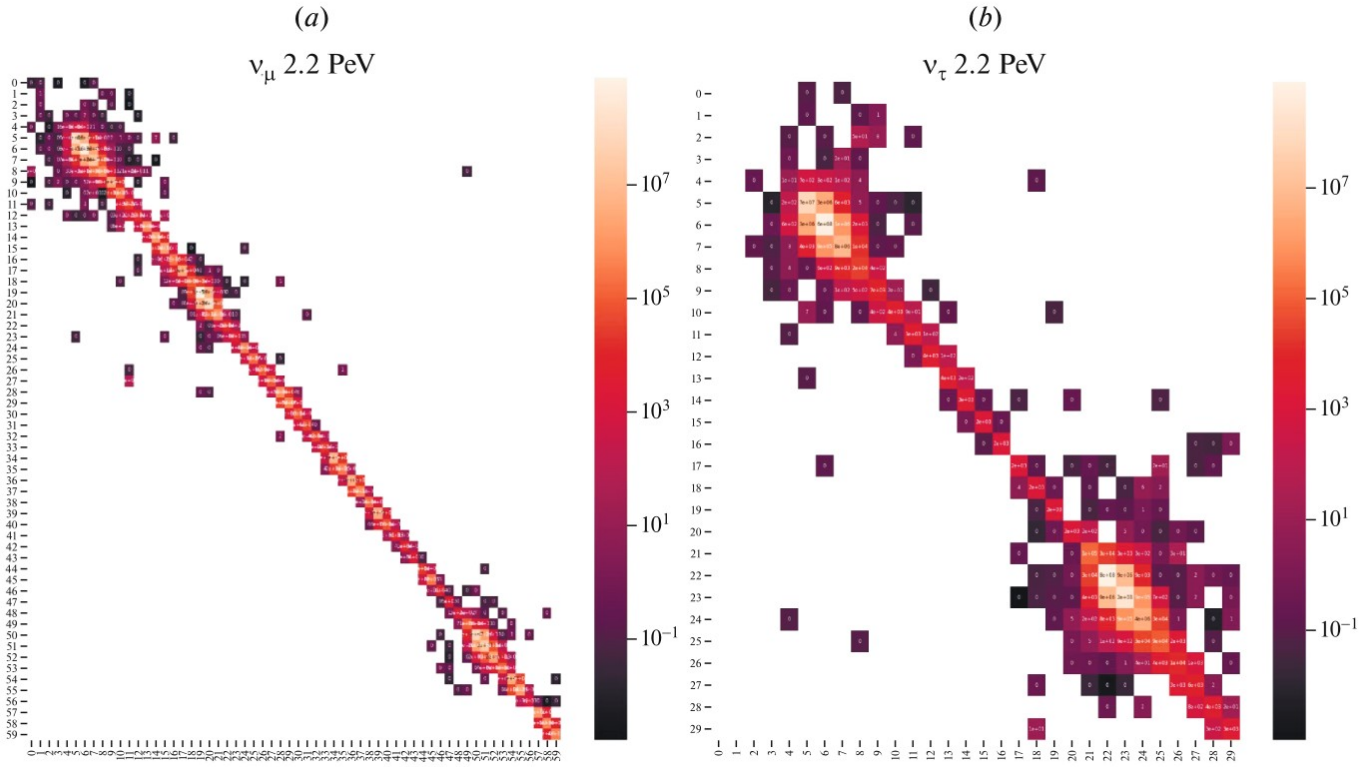




Моделирование трека мюона в интенсивности света (npe), возникающего в пересекающихся ячейках без порогового значения (левая панель) и с пороговым значением 10 npe на ячейку (правая панель).

WCDA Detector of the Lhaaso Experiment as a Pair-Meter to Measure Atmospheric Muon Spectrum
DOI:10.21203/rs.3.rs-6998918/v1

Возможности регистрации астрофизических нейтрино с помощью детектора WCDA



Примеры взаимодействий нейтрино ν_μ (a) и ν_τ (b) с энергией 2,2 ПэВ в WCDA.

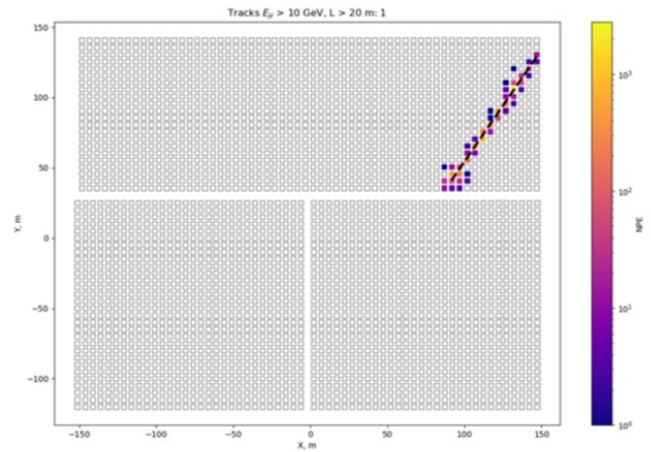
On a Possibility to Record Astrophysical Neutrino with LHAASO Detectors

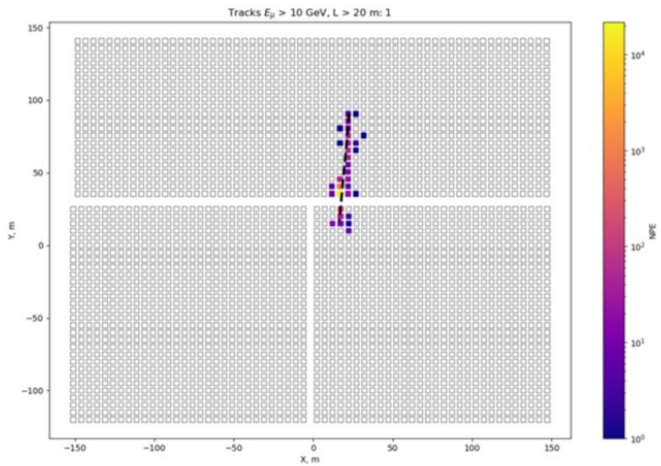
https://doi.org/10.1134/S1063778824700947

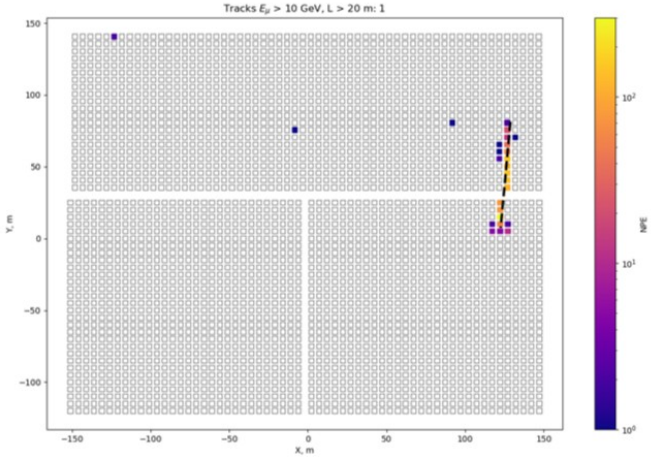
Параметры моделирования горизонтальных ливний

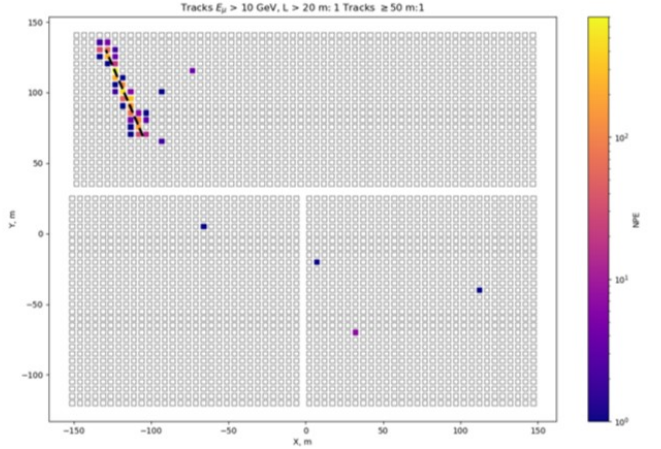
Используемый пакет:	**CORSIKA 7.7420** (EGS4, QGSJET-II-04)
Первичная энергия:	$E_p = 10^{15} - 10^{18}$ eV (protons) ,
Зенитный угол:	$\Theta > 75^o$
Эл. маг. Частицы и pi0:	E_{gamma} , E_{e+e-} , $E_{\pi 0} > 5$ GeV
Адроны и мюоны:	E_{hadron} , $E_{mu} > 100$ GeV
Магнитное поле:	$B_x = 23.2$ μT, $B_z = 43.9$ μT
Уровень регистрации:	4410 м
Модель атмосферы:	MODATM = 1

Однотрековые мюонные события в WCDA имитирующие нейтрино

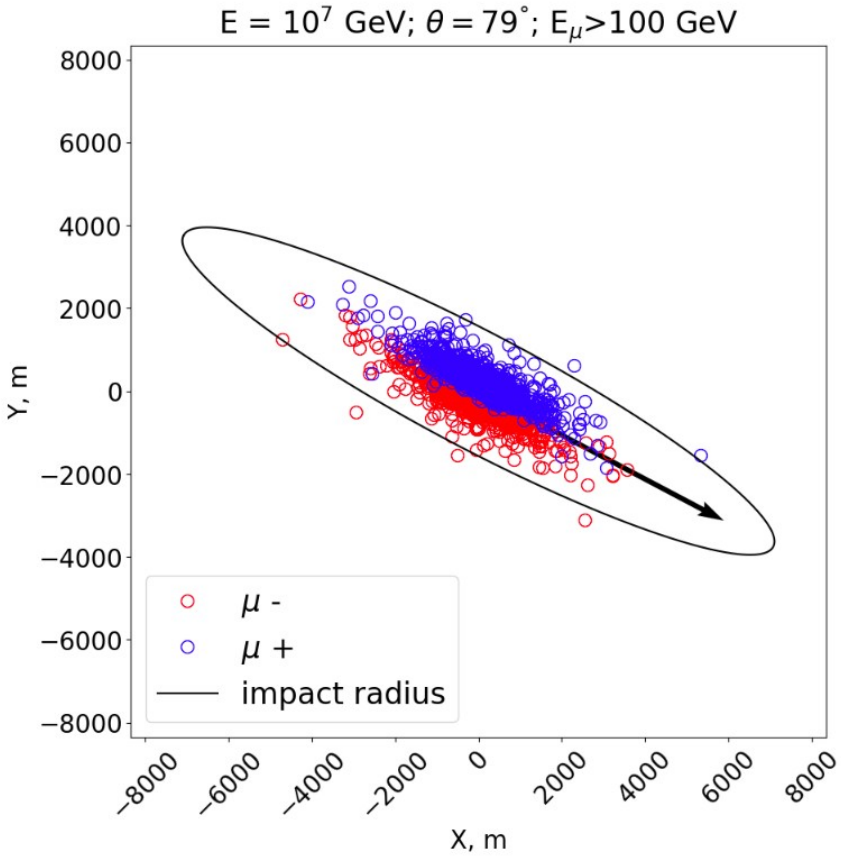




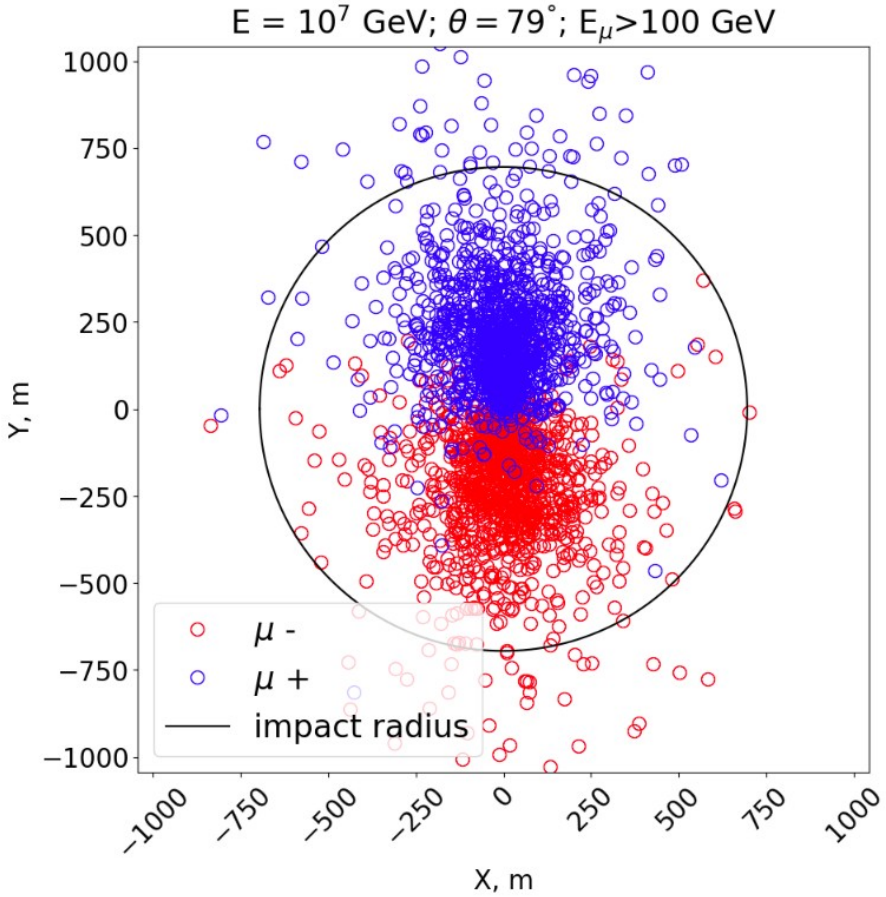




Влияния магнитного поля, энергия мюонов > 100 ГэВ

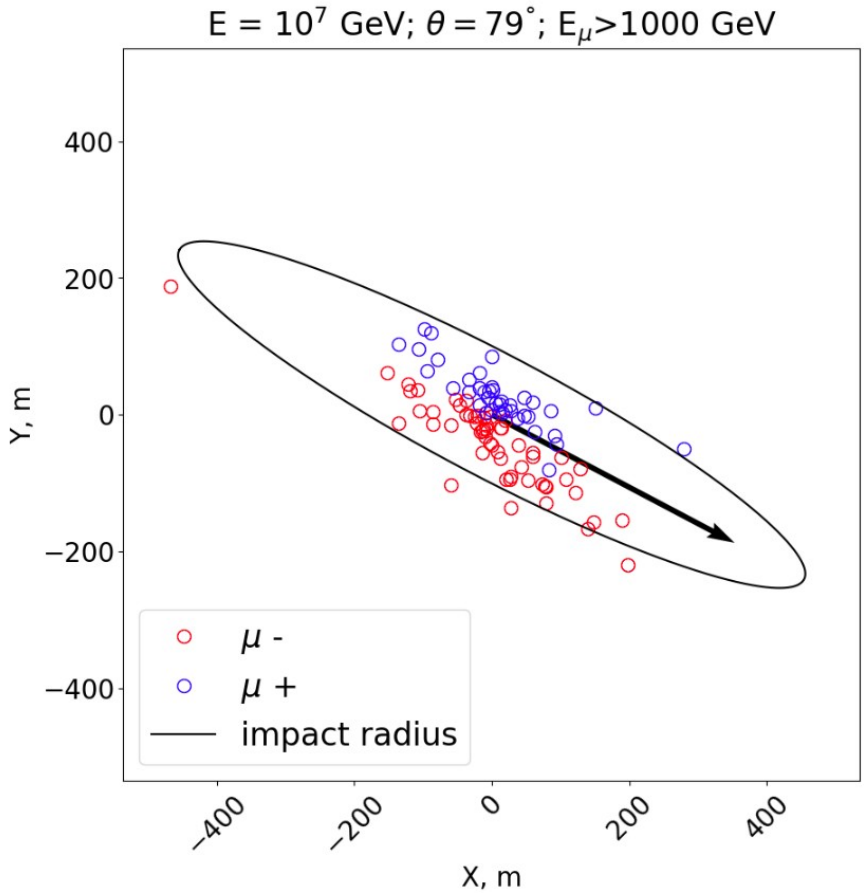


Плоскость установки

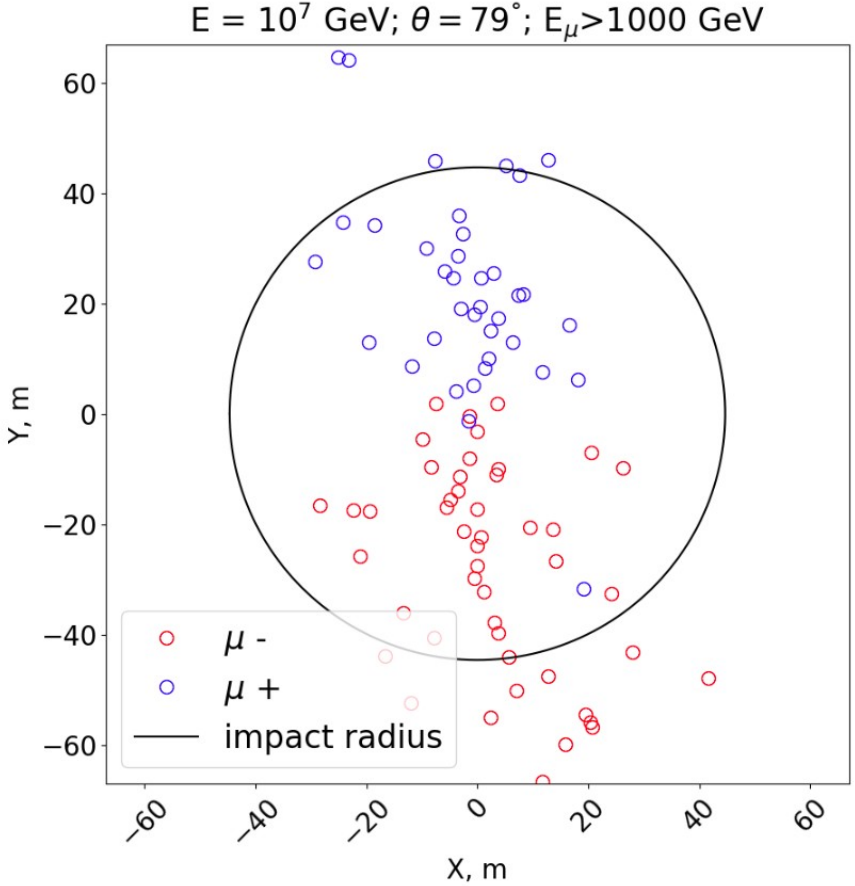


Плоскость перпендикулярная оси ливня

Влияния магнитного поля, энергия мюонов > 1000 ГэВ

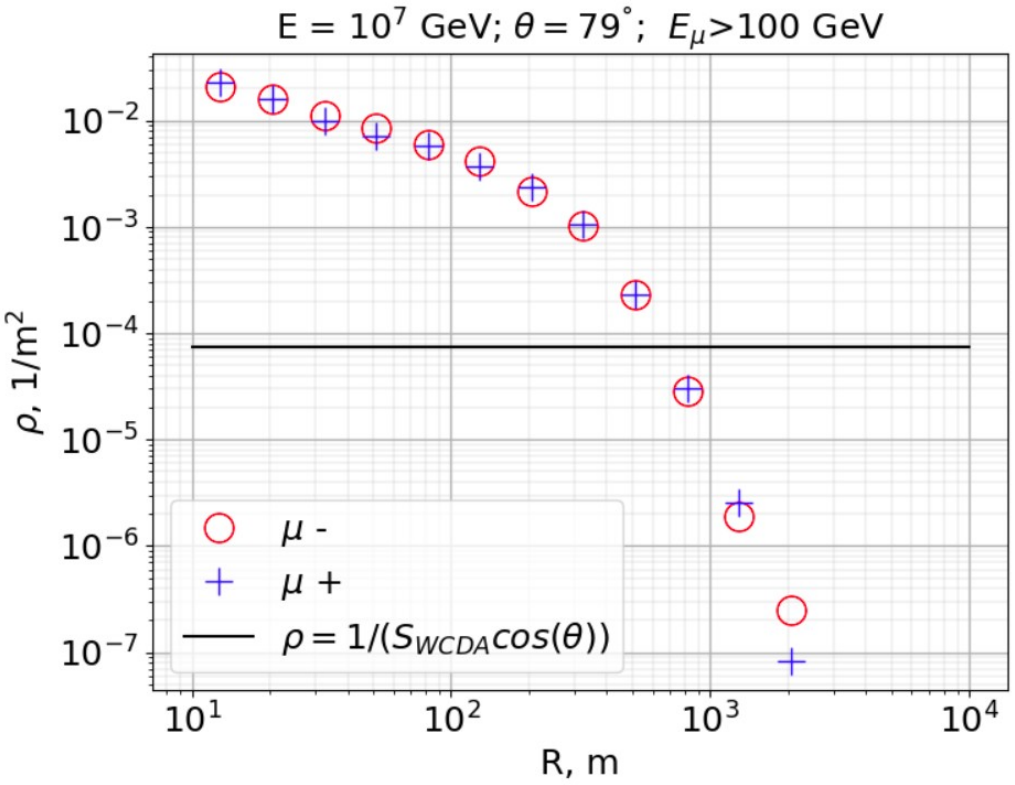


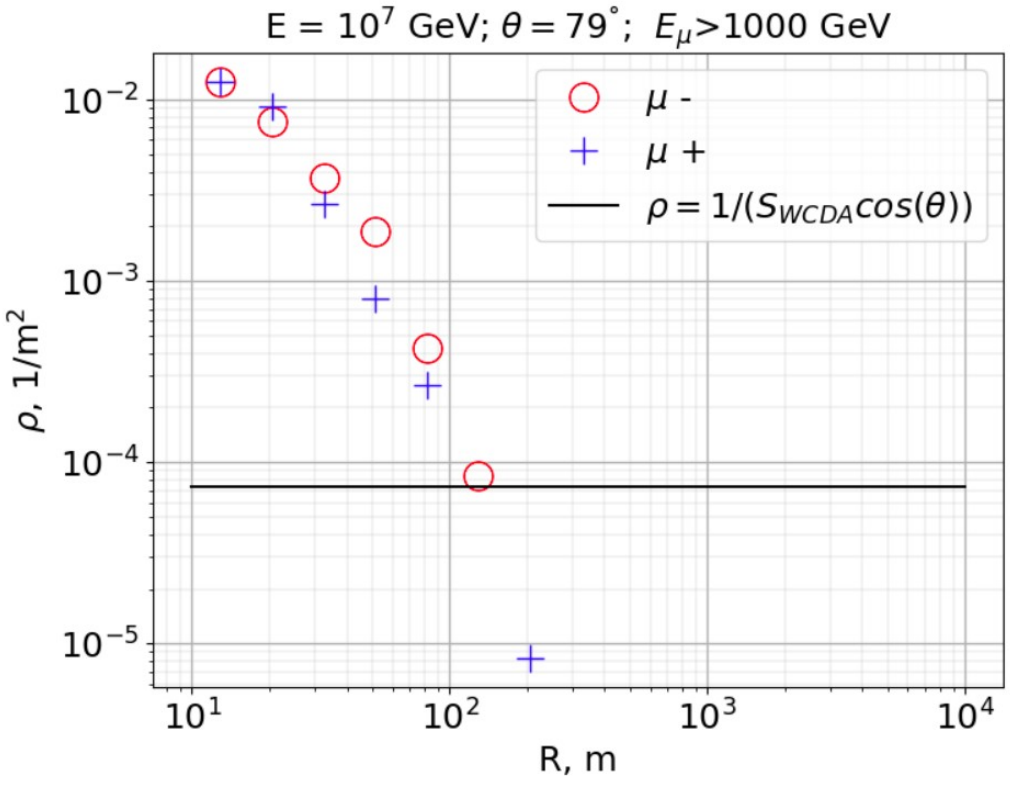
Плоскость установки



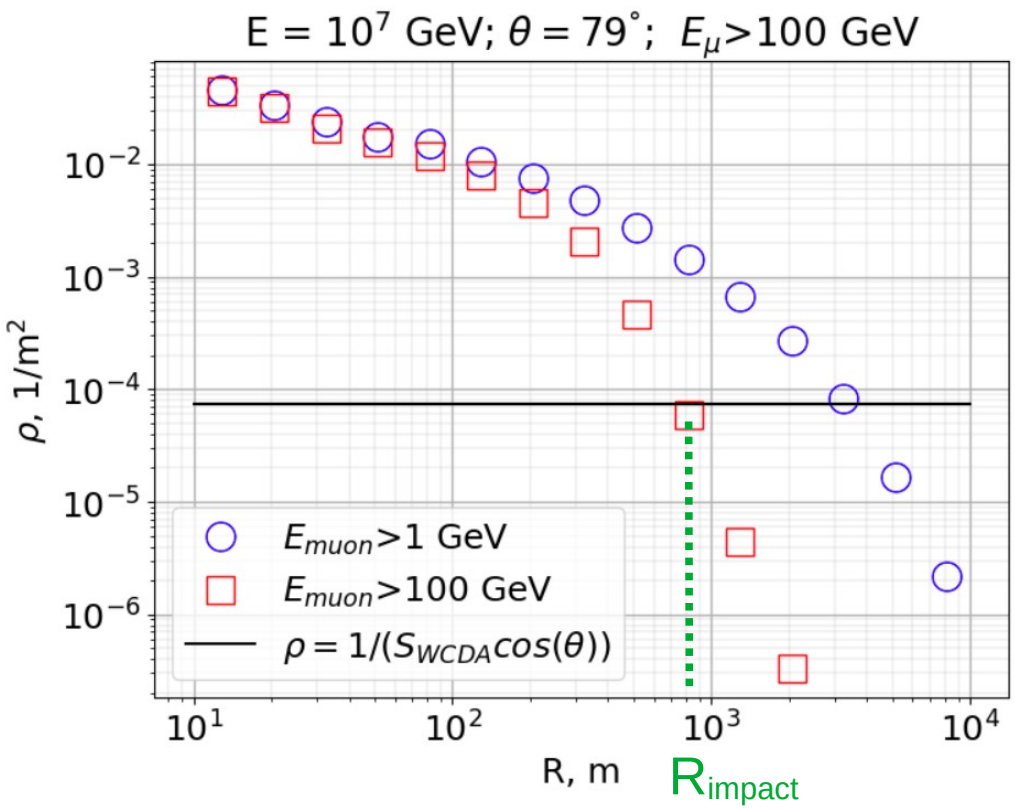
Плоскость перпендикулярная оси ливня

Функция пространственного распределения для μ^- и μ^+

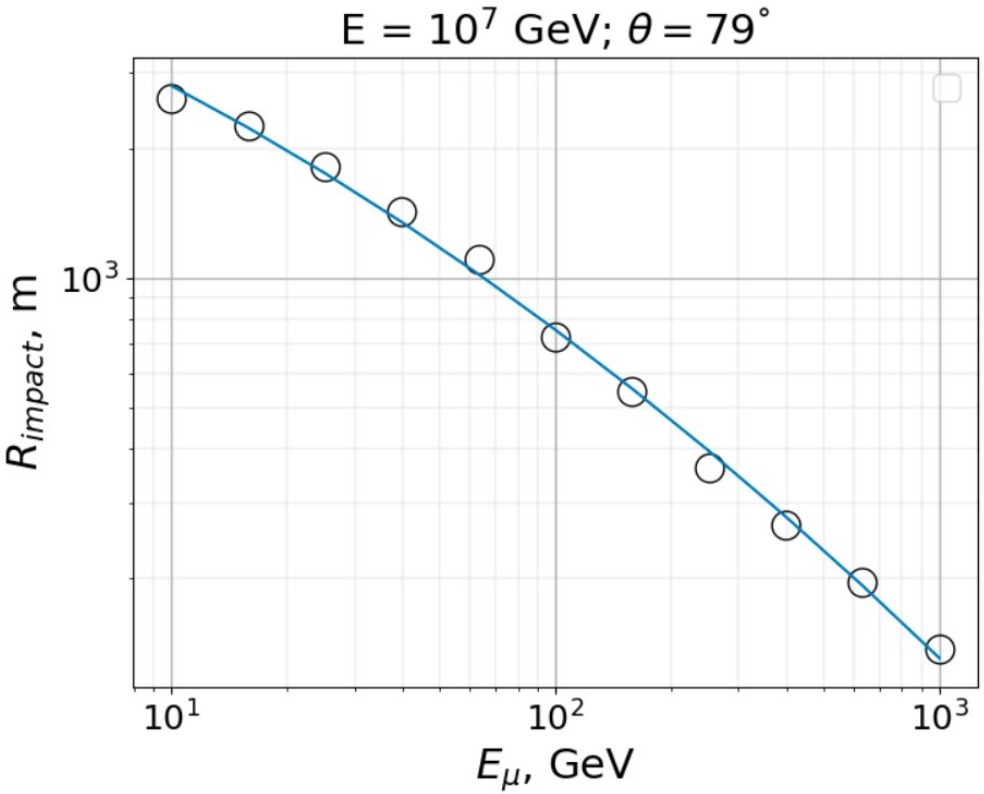




Определение эффективного радиуса R_{impact} для одноотрековых событий

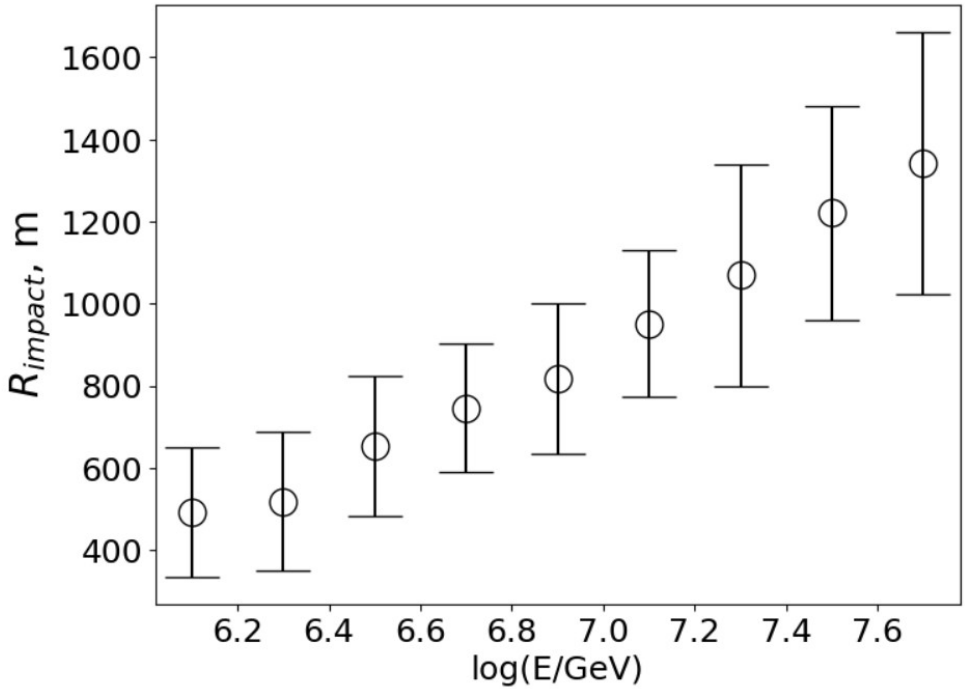


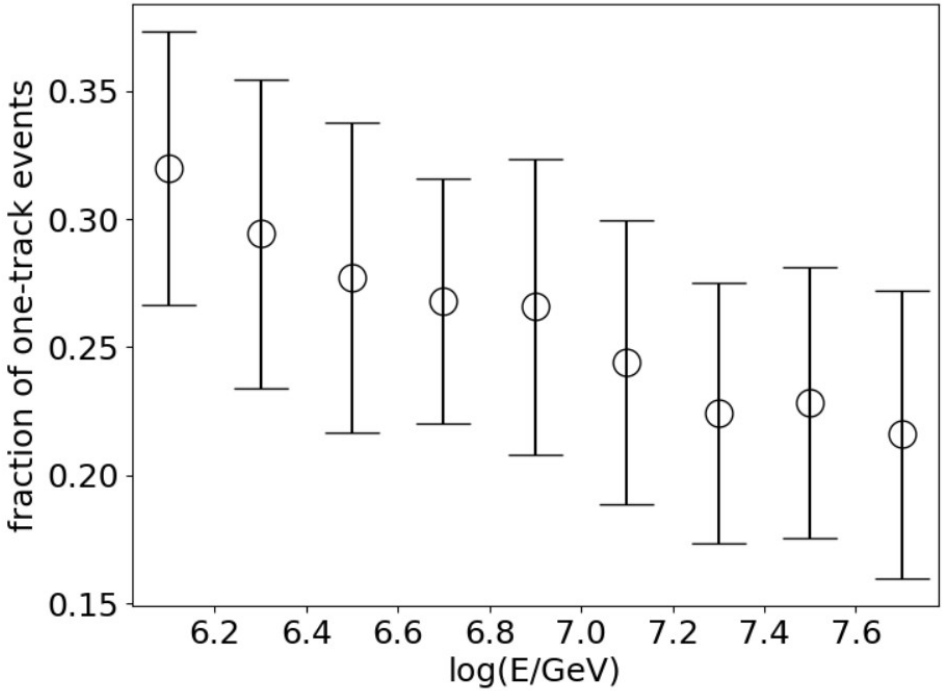
ФПР мюонов для порога 1 ГэВ и 100 ГэВ



Зависимость R_{impact} от порога мюонов

Зависимость от первичной энергии R_{impact} и доли однотрековых событий





Заключение

- Моделирование ГАЛов с помощью пакета CORSIKA для дальнейшего измерения спектра мюонов с помощью метода pair-metet и для оценки фона при измерении нейтрино
- μ^- и μ^+ в горизонтальных ливнях значительно разделяются магнитным полем Земли
- Определили долю однотрековых мюонных событий и эффективное расстояние
- Моделирование горизонтальных ливней используется в работе «Реконструкция треков от одиночных окологоризонтальных мюонов высоких энергий в установке WCDA»