



Моделирование фона от Ar39 в детекторе РЭД-100

Группа: М25-112
Студент: Бугрей Павел

Аннотация

В ходе научно-исследовательской работы студента была обновлена GEANT4-модель RED100, написаны bash-скрипты и макросы для упрощения моделирования и анализа результатов, а также выполнен расчёт фона от Ar39 с использованием GEANT4-модели RED100.

Работа проводилась на базе Лаборатории экспериментальной ядерной физики, НИЯУ МИФИ.

Содержание

1. Введение
2. РЭД-100
3. β -распад ^{39}Ar
4. Пакеты Geant4 и NEST
5. Модернизация модели
6. Моделирование и анализ фоновых сигналов от распада ^{39}Ar
7. Заключение

Введение

- Современная физика высоких энергий не мыслима без Монте-Карло моделей.
- Широко используются инструменты детального моделирования взаимодействия частиц с веществом (GEANT4) и генерации сигналов в детекторах, использующих благородные газы (NEST).
- В данной работе будет описана модель двухфазного детектора RED100 на жидких благородных газах и проведённое на ней моделирование фона от ^{39}Ar в детекторе РЭД-100.

Детектор РЭД-100

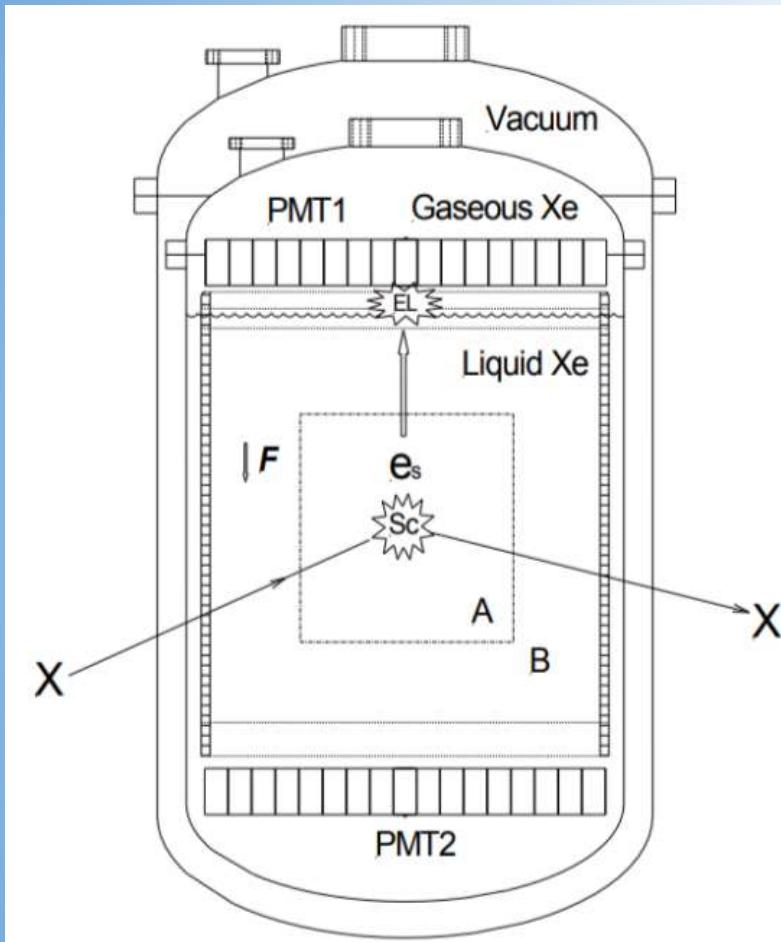
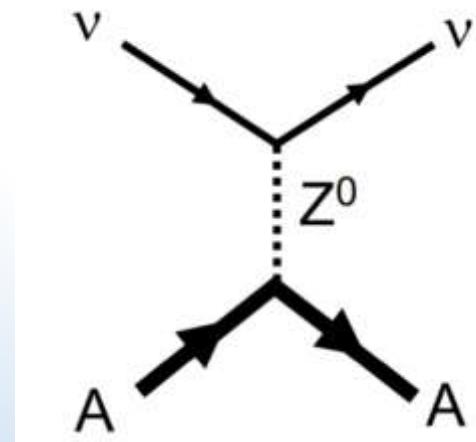
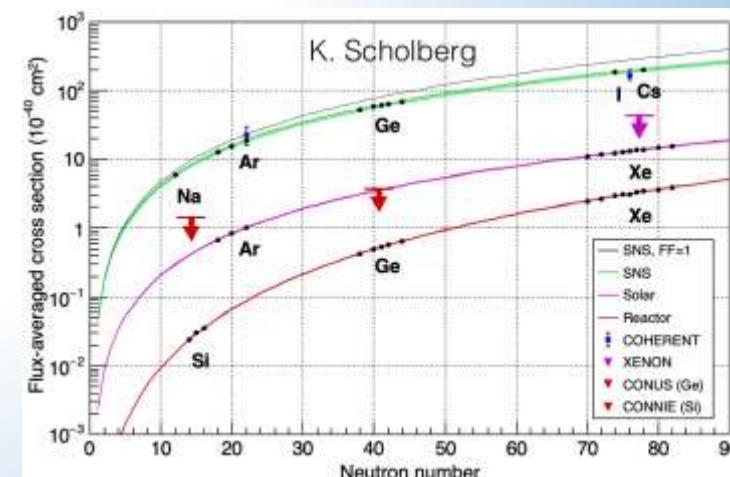


Схема образования сигнала в РЭД-100

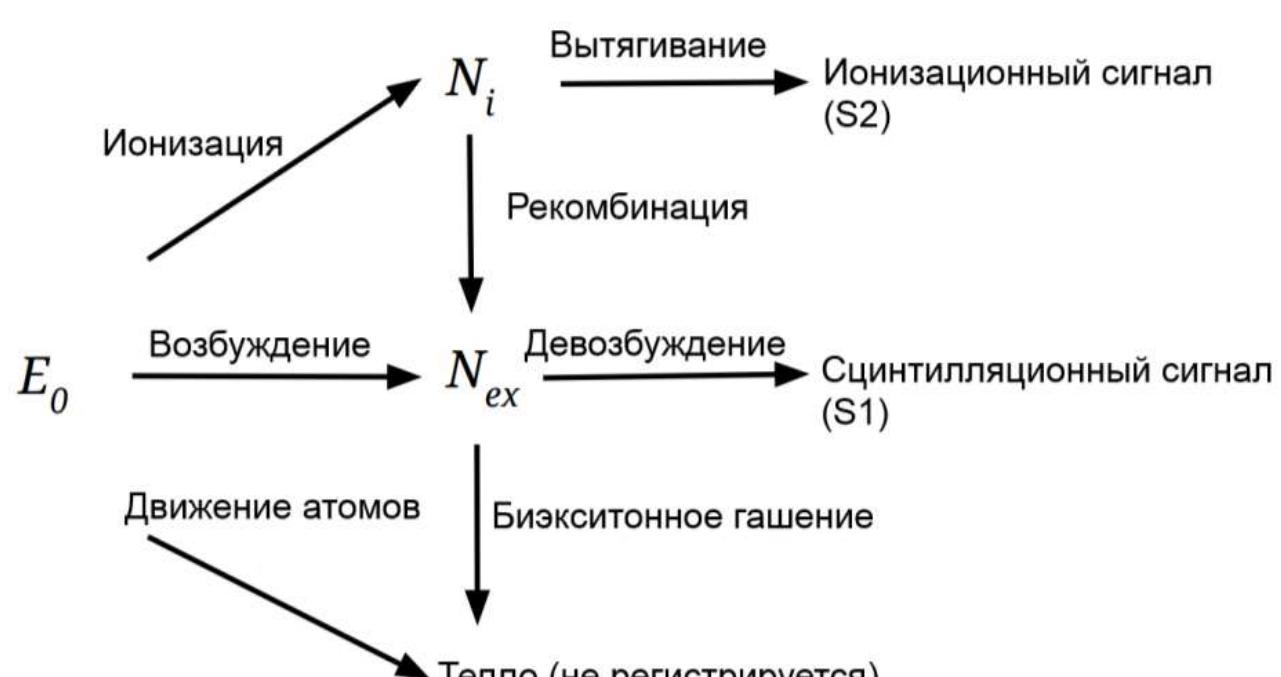


РЭД-100 – это двухфазный эмиссионный детектор, работающий на поверхности Земли, который использует порядка 100 кг жидкого благородного газа.

- Основным применением данного детектора является изучение Упругого когерентного рассеяния нейтрино (УКРН) на атомных ядрах.
- Главным преимуществом этого детектора является возможность совместить использование большой массы мишени и усиление сигнала при помощи электролюминесценции.

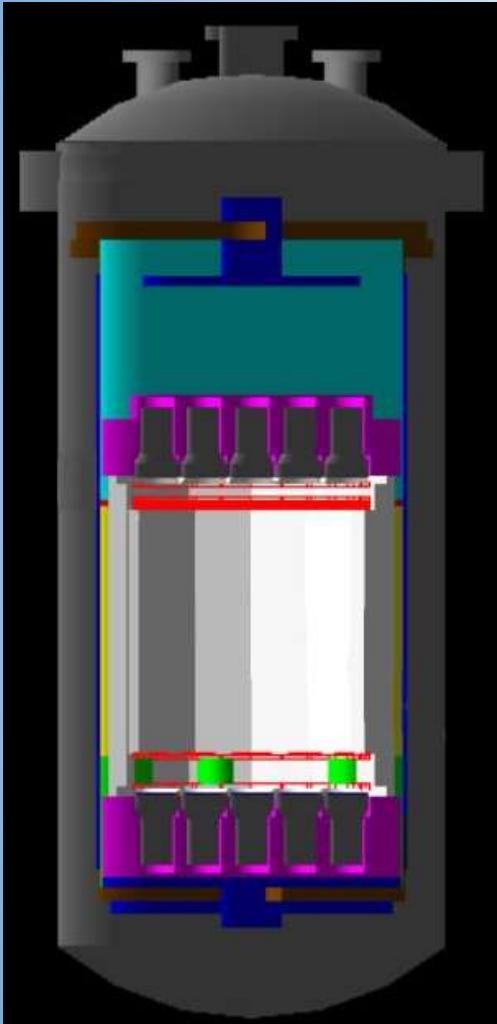


Принцип работы двухфазного детектора



- Частица возбуждает и ионизирует среду, в результате чего появляется сцинтилляционный сигнал ($S1$) – он является триггером для начала регистрации события.
- Электроны ионизации под действием приложенного электрического поля дрейфуют к поверхности и переходят в газовую фазу, где они создают мощный электролюминесцентный сигнал ($S2$).

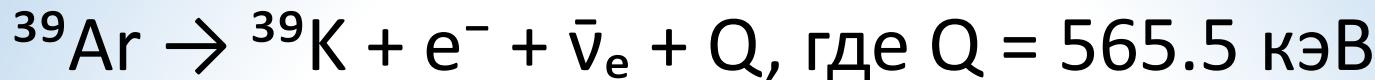
Модель РЭД-100



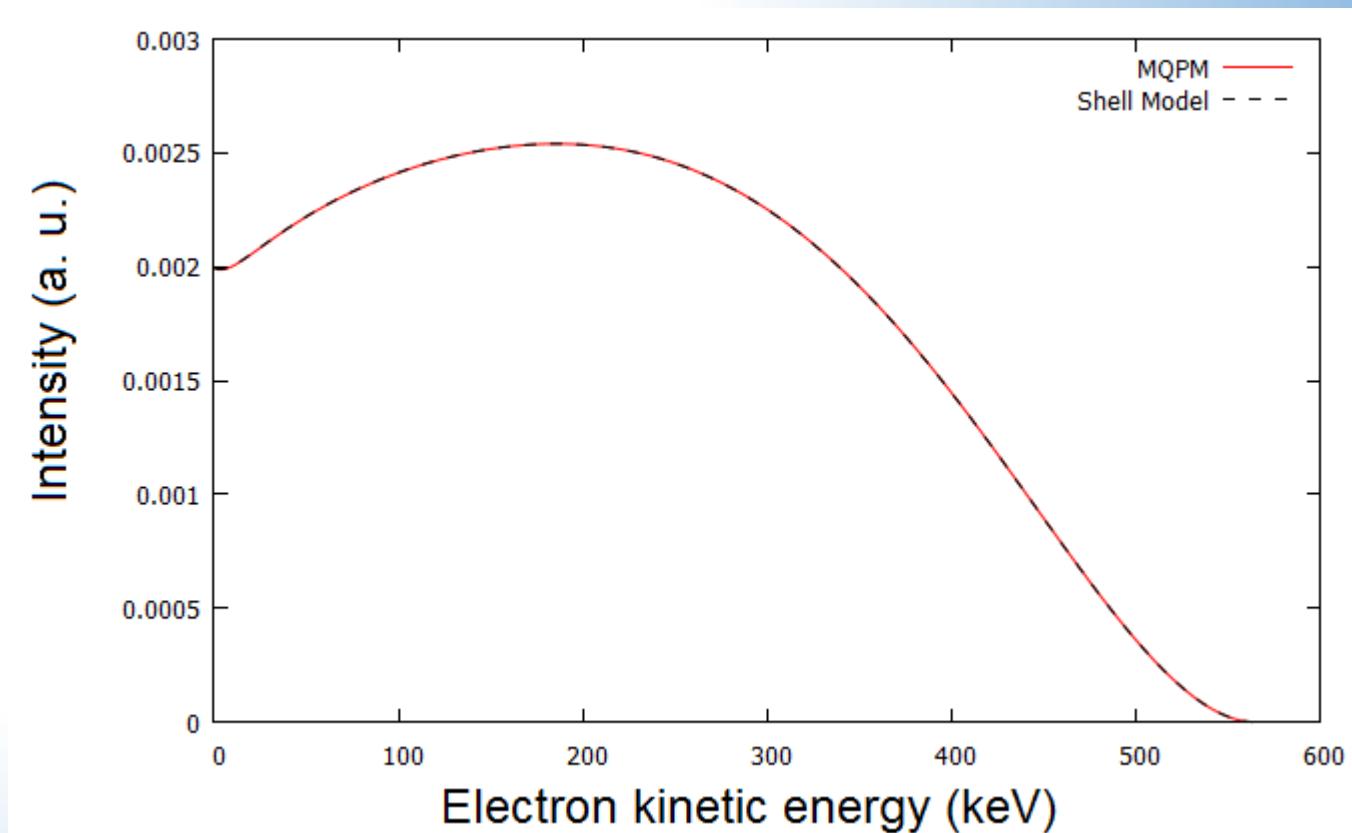
Модель РЭД-100 состоит из множества элементов, описывающих различные её аспекты, такие как:

1. Полная геометрия детектора
2. Все материалы детектора
3. Запись информации о каждом шаге, событии и процессе внутри модели
4. Процесс рождения и распространения сцинтилляционных фотонов и электронов ионизации, взятый из NEST.
5. Процесс регистрации фотонов внутри ФЭУ

β -распад ^{39}Ar



^{39}Ar — это β^- -радиоактивный изотоп аргона с периодом полураспада 269 лет. Этот изотоп встречается в природе в следовых количествах, образуясь в атмосфере в результате взаимодействия космических лучей с стабильным изотопом ^{40}Ar .



Пакеты Geant4 и NEST

Geant4

- Написан на C++
- Содержит набор инструментов для моделирования прохождения частиц через вещество
- Имеет набор функций для описания характеристик модели
- Позволяет отслеживать характеристики частиц и среды во время моделирования
- Его модели охватывают большой спектр физических процессов

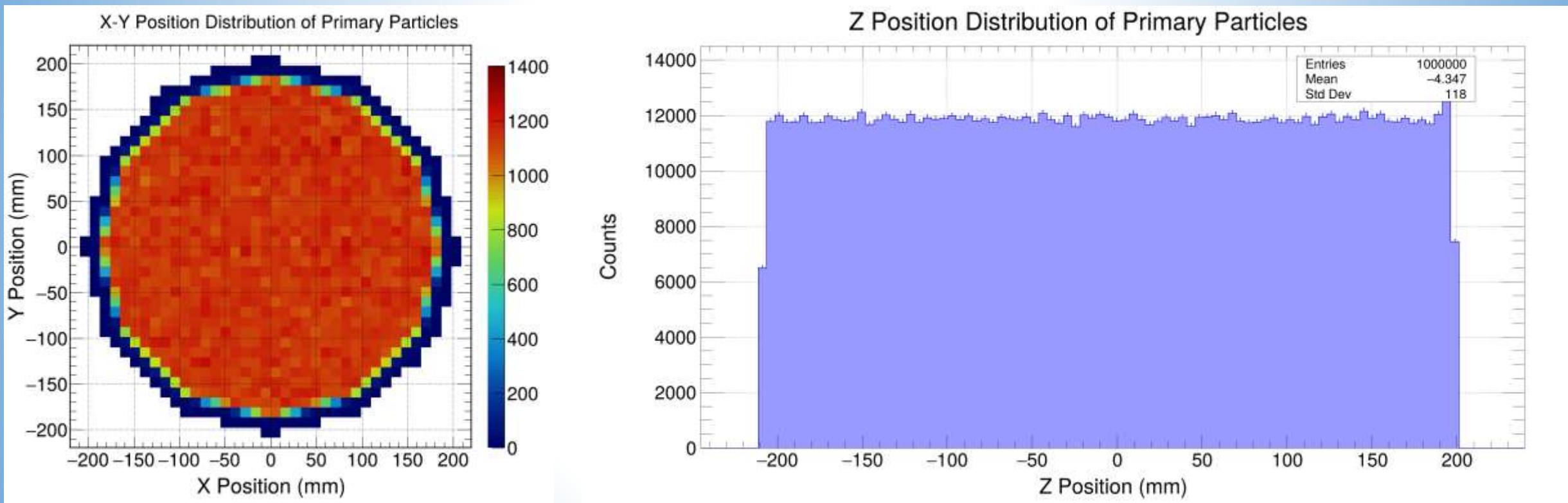
NEST

- Написан на C++
- Содержит набор сложных, полуэмпирических схем взаимодействия частиц с благородными газами
- Может использоваться как отдельно, так и вместе с Geant4
- Специально предназначен для описания процессов с низким энерговыделением

Модернизация модели

1. В класс OneStep для каждого поля типа std::string было добавлено соответствующее поле с хэшом вычисленным при помощи алгоритма Пирсона
2. В класс REDMCEventCollection было добавлено поле fRunSeed

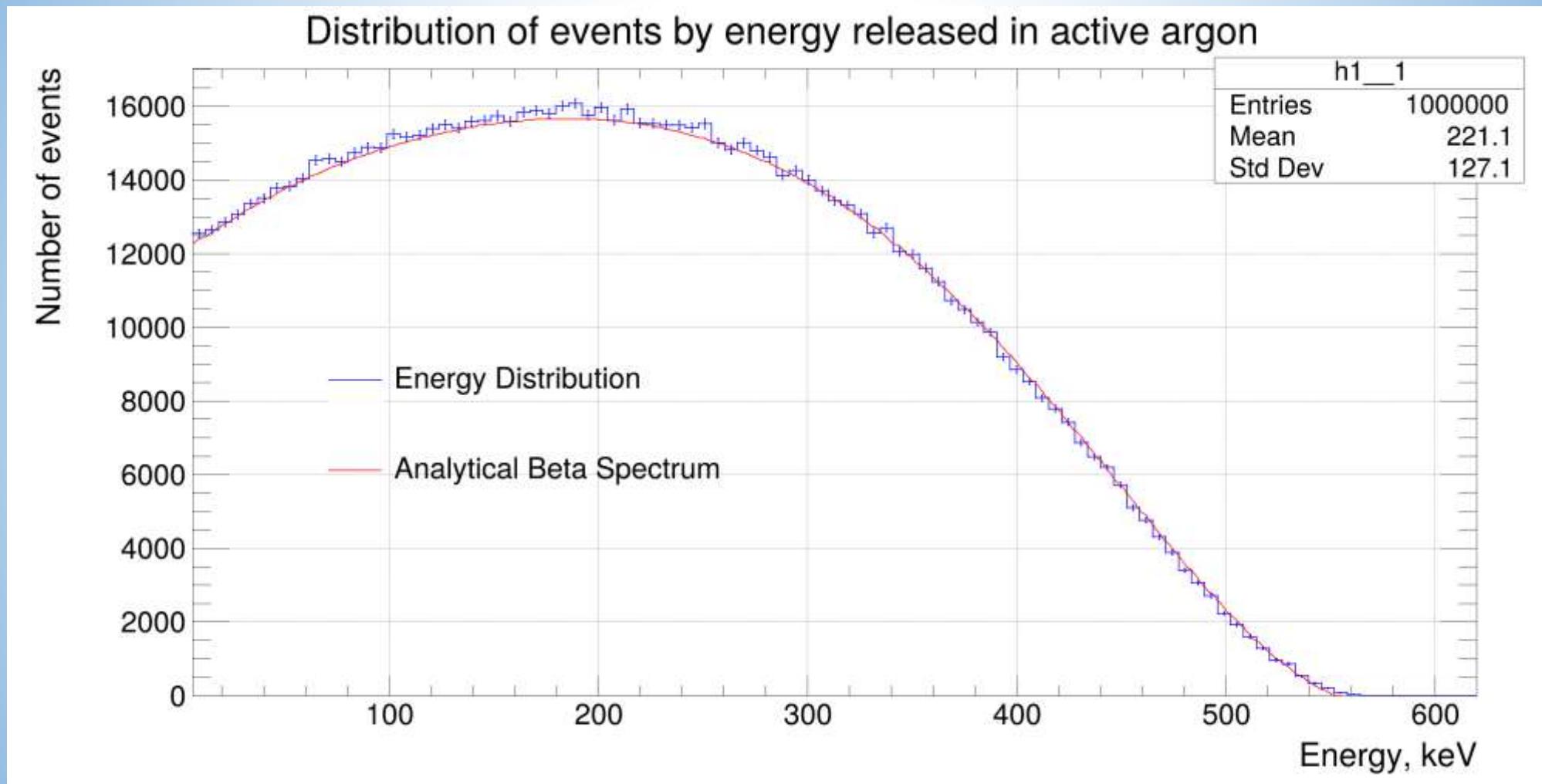
Пространственное распределение ^{39}Ar



Распределение атомов ^{39}Ar по X:Y в активной части жидкого аргона

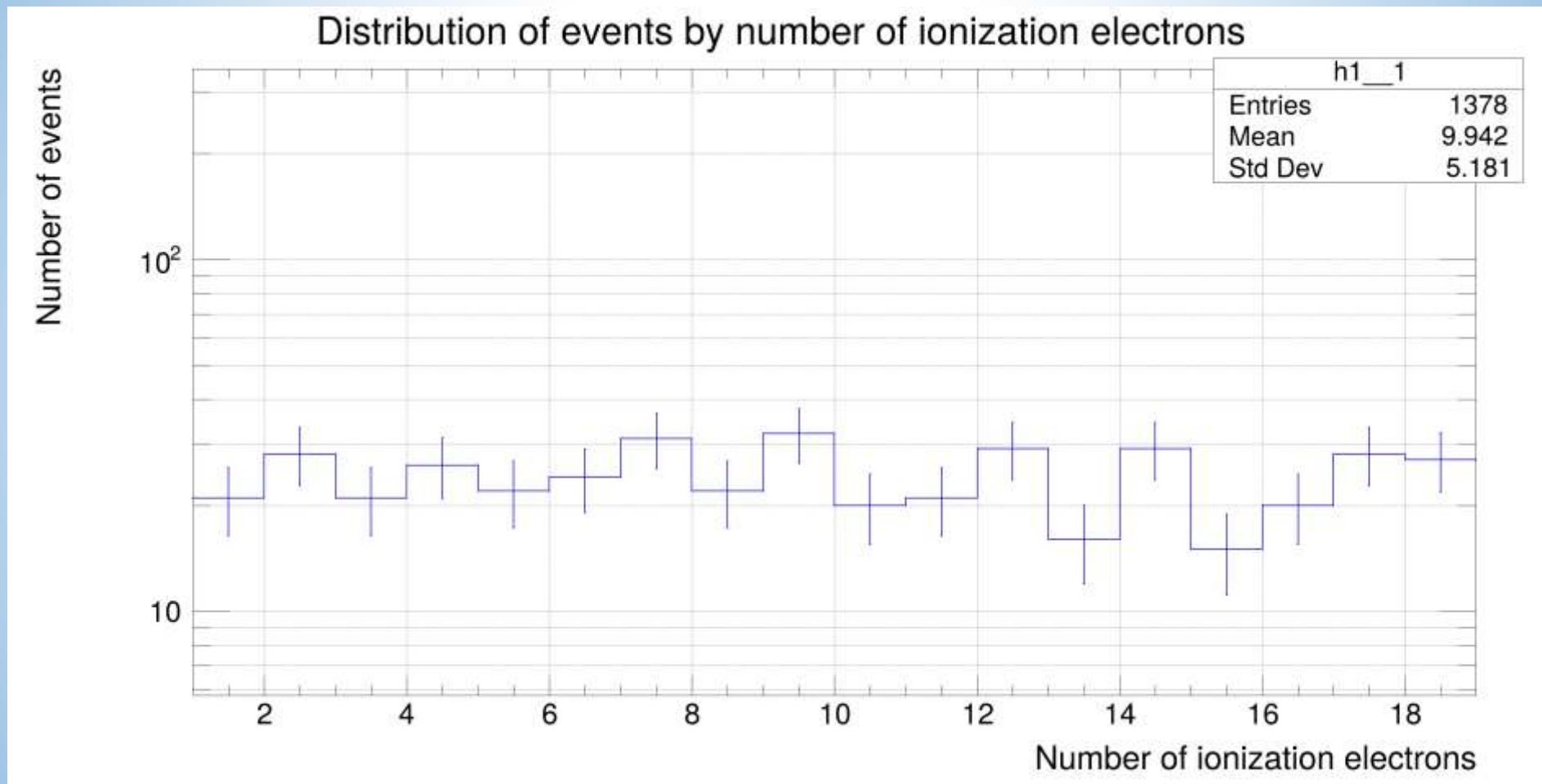
Распределение атомов ^{39}Ar по Z в активной части жидкого аргона

Энергетический спектр



Распределение событий по выделившейся энергии в активной части жидкого аргона

Распределение по электронам



Распределение событий по количеству образованных электронов ионизации

Заключение

- В данной работе была модернизирована модель детектора РЭД-100, было добавлено больше информации в выходной root-файлы
- Был смоделирован распад 10^6 атомов ^{39}Ar и получены распределения по энергии и количеству электронов ионизации
- В дальнейшем планируется сравнить полученное распределение событий по количеству образованных электронов ионизации от распадов атомов ^{39}Ar с ожидаемым сигналом от УКРН

Спасибо за внимание

