

Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ»

Кафедра физики элементарных частиц №40

Научная исследовательская работа студента на тему:

Экспериментальное исследование характеристик
комбинированного трекового детектора на основе
полупроводниковой матрицы из GaAs.

Работа студента 2-го курса магистратуры
Попова Владимир Сергеевича

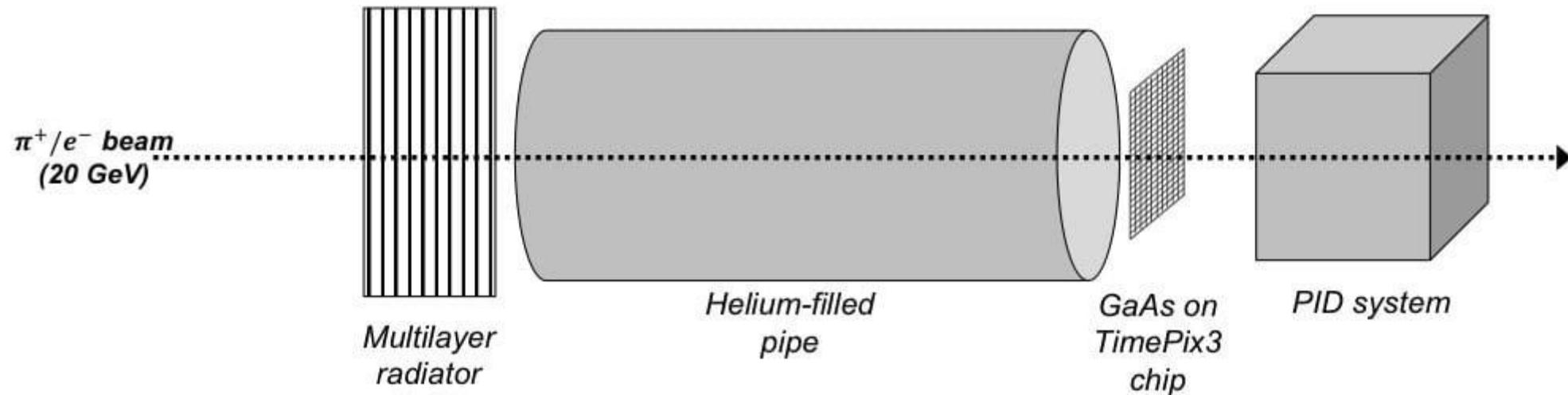
Научный руководитель
Смирнов Сергей Юрьевич

г. Москва 2025

Цель работы

Калибровка прототипа детектора переходного излучения, по данным полученным на ускорителе SPS в ЦЕРНе в 2024 году, для последующей возможности анализа экспериментальных данных.

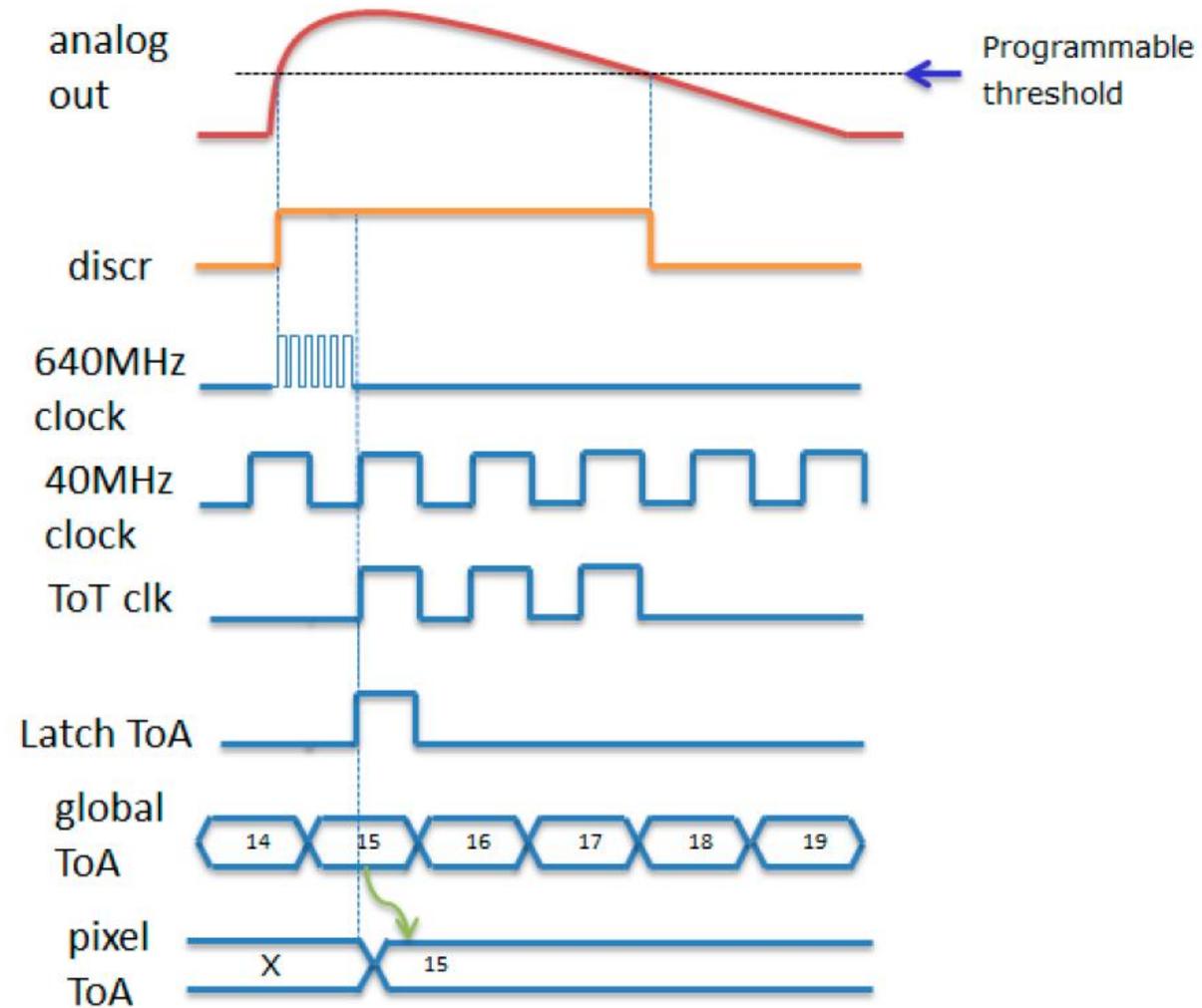
Схема установки на ускорителе SPS



Точки по энергии для калибровки детектора

Материал	Энергия кэВ
Fe55(источник)	5.95
Fe	6.4
Ni	7.46
Cu	8.04
Ge	9.9
Se	11.22
Sr	14.17
Zr	15.77
Mo	17.4
Ag	22.2
In	24.1
Sn	25.3
Am241(источник)	59.5

Принцип работы пикселя Timerix3

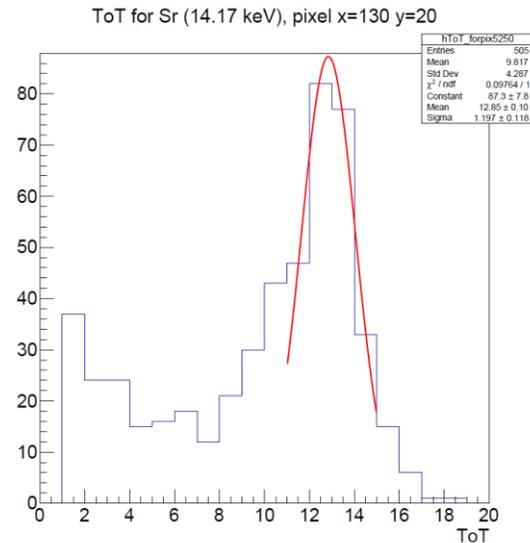


Алгоритм калибровки

Подготовка данных.
Сортировка по времени,
отбор однопиксельных
событий.

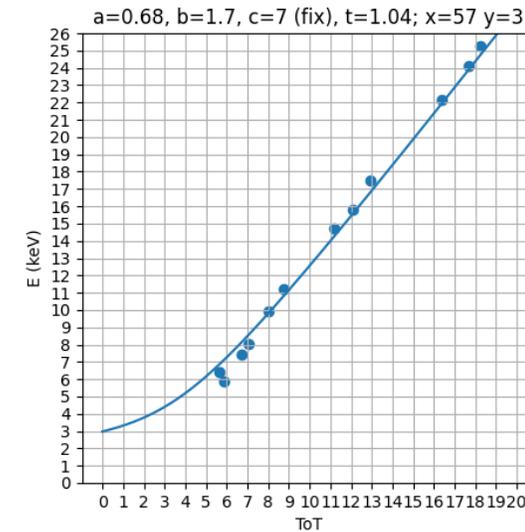
Определение среднего
значения ToT в каждом
пикселе для каждой
точки по энергии

Фитирование
калибровочной
функции в каждом
пикселе с учетом
порогового значения.



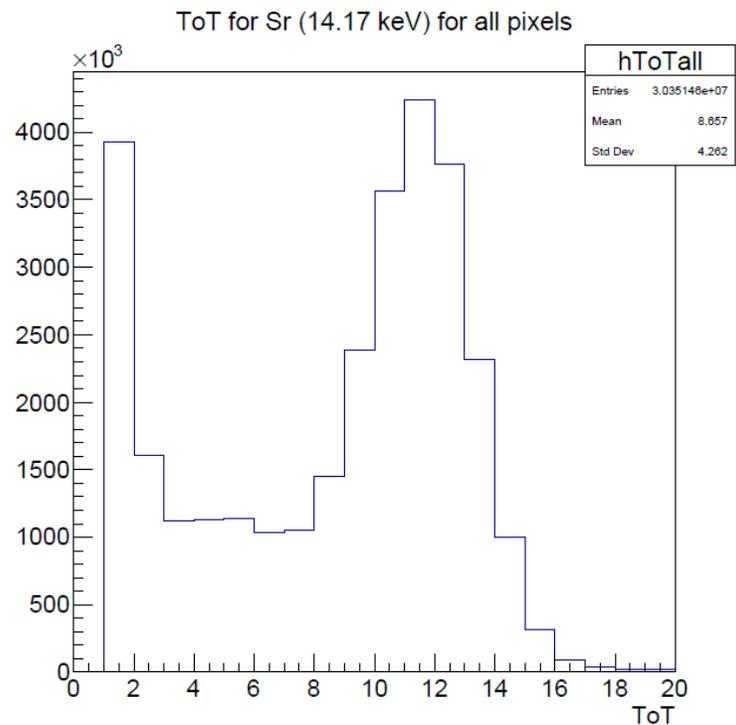
·256 · 256 · 13

$$E = \frac{1}{2a} \left(ToT + a \cdot t - b + \sqrt{(b + a \cdot t - ToT)^2 + 4a \cdot c} \right)$$

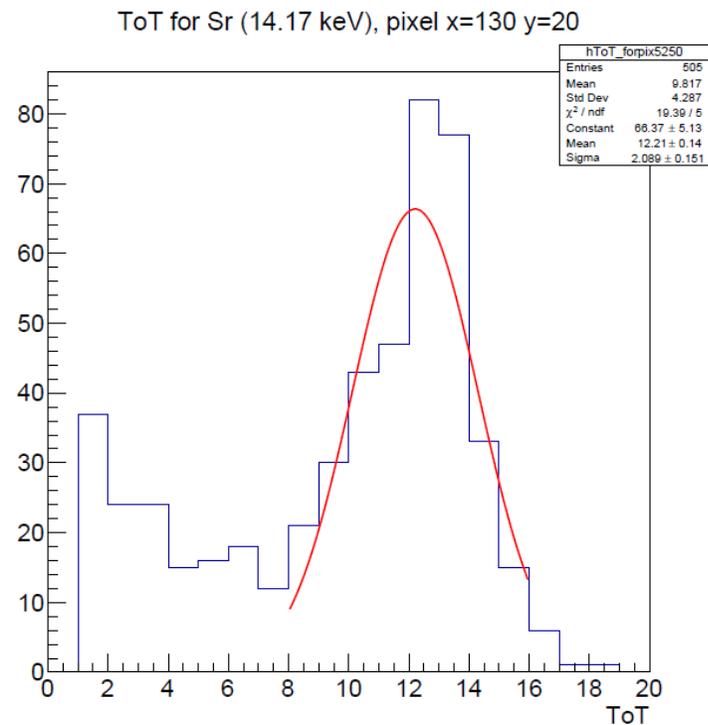


·256 · 256

Проблема с выбором границ фитирования для определения среднего значения ToT

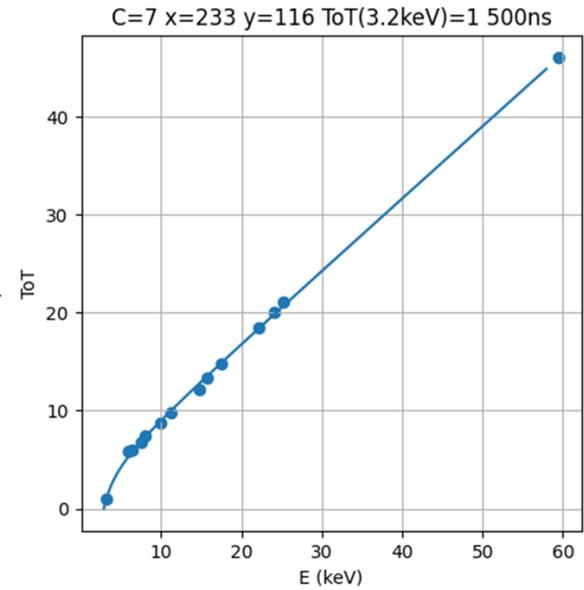
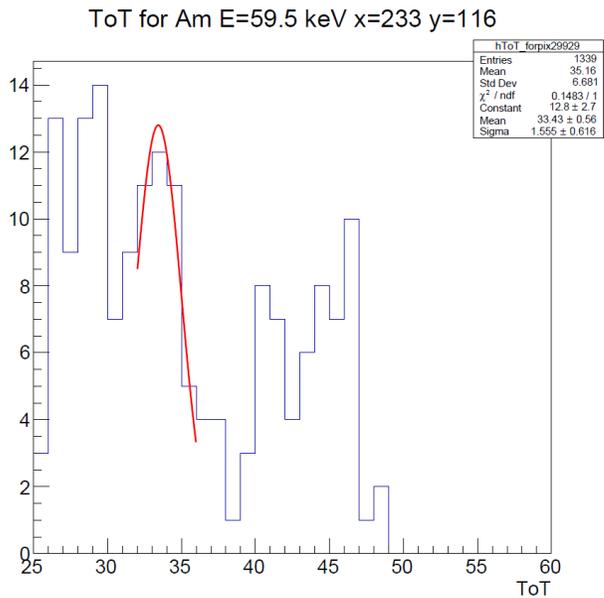
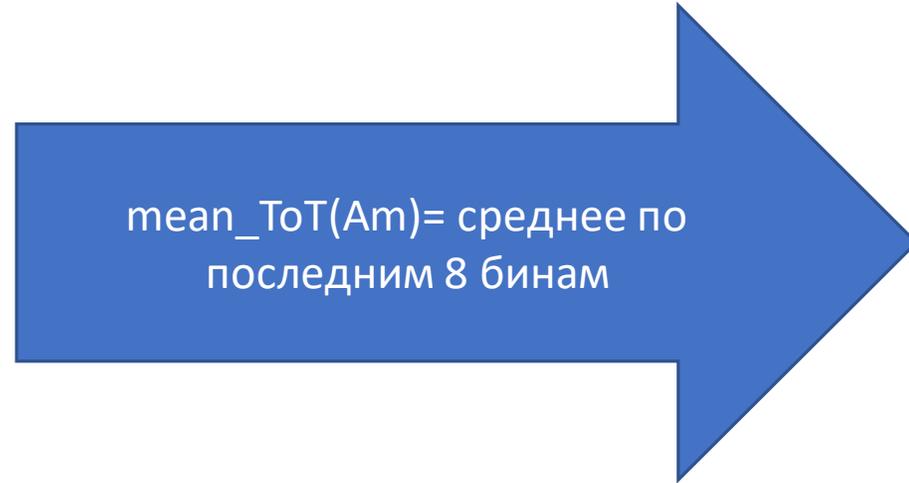
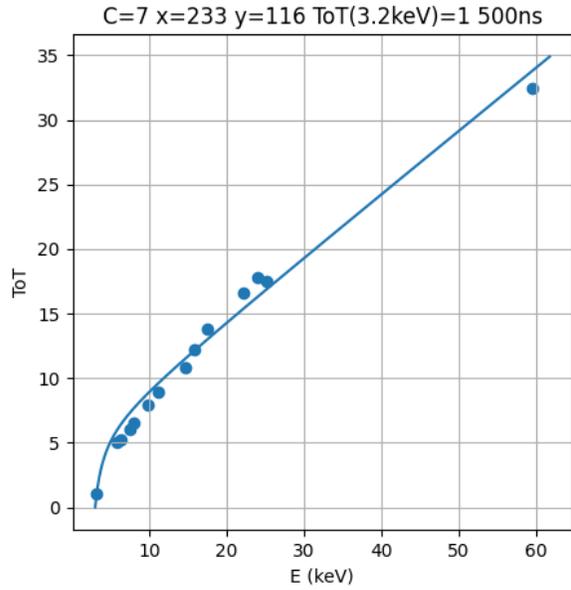


(а) Все пиксели



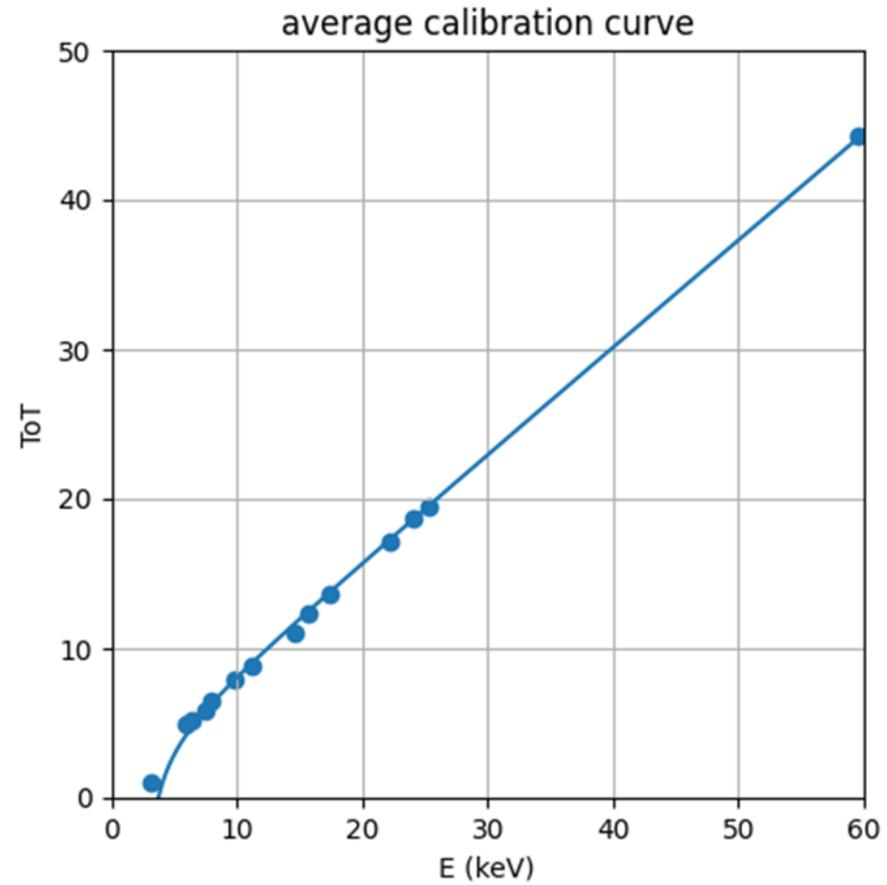
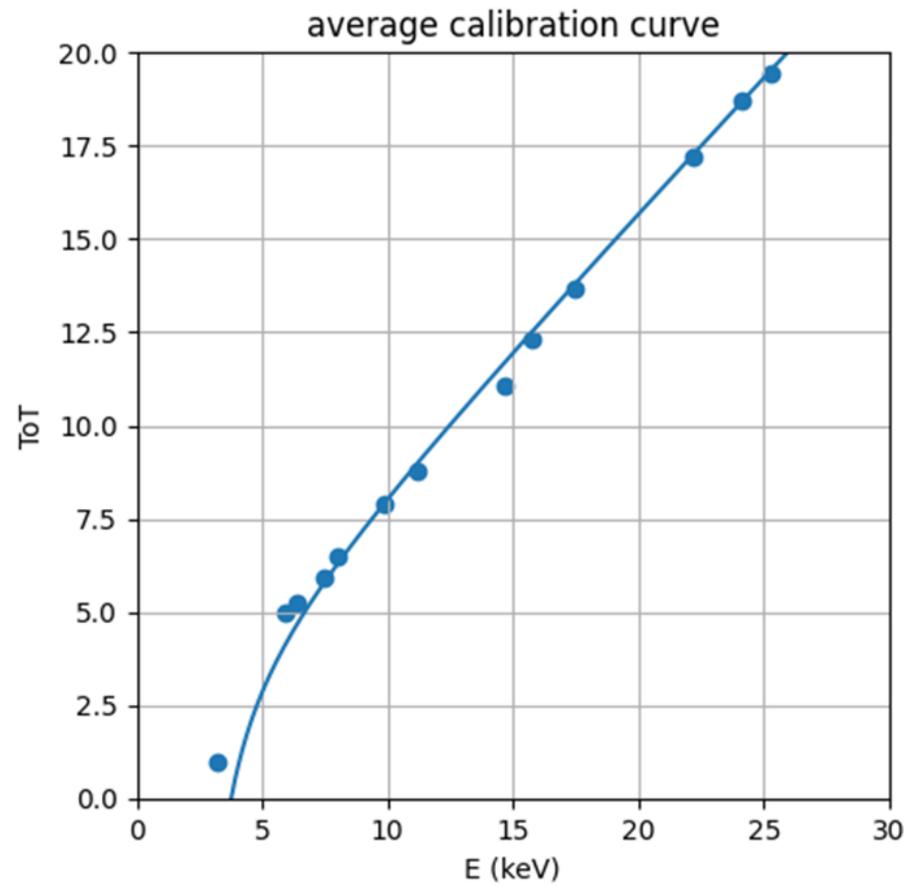
(б) Конкретный пиксель

Проблема с фитированием Am

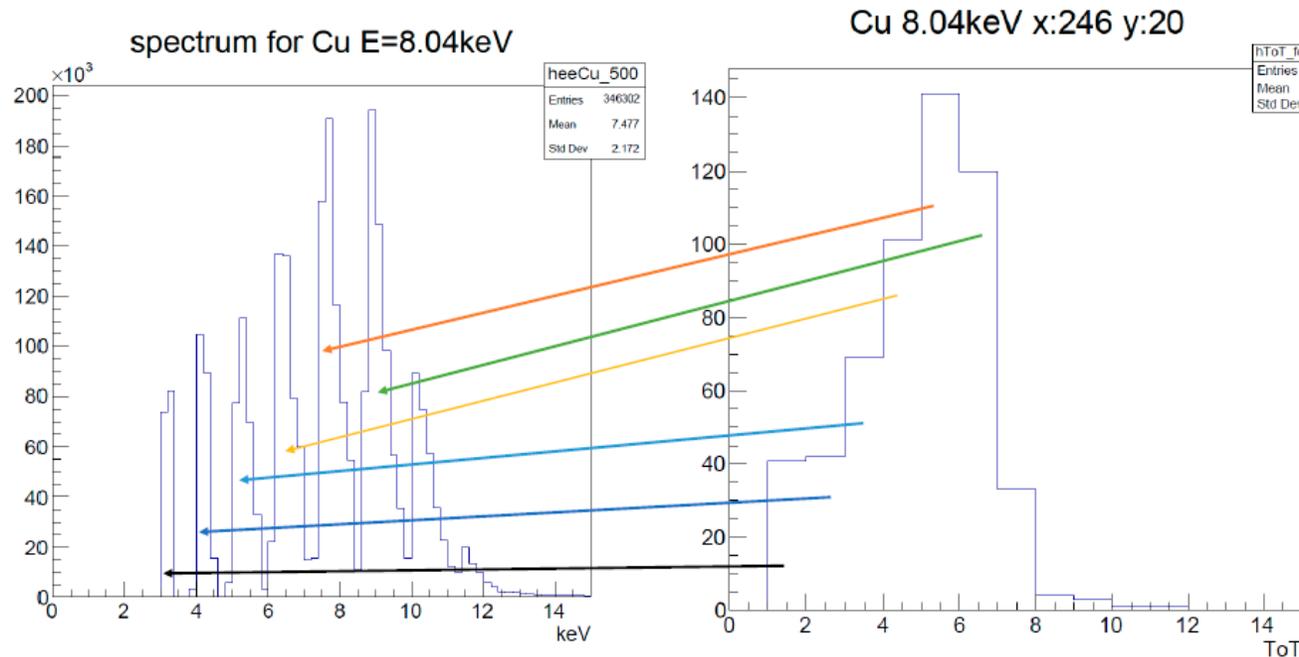
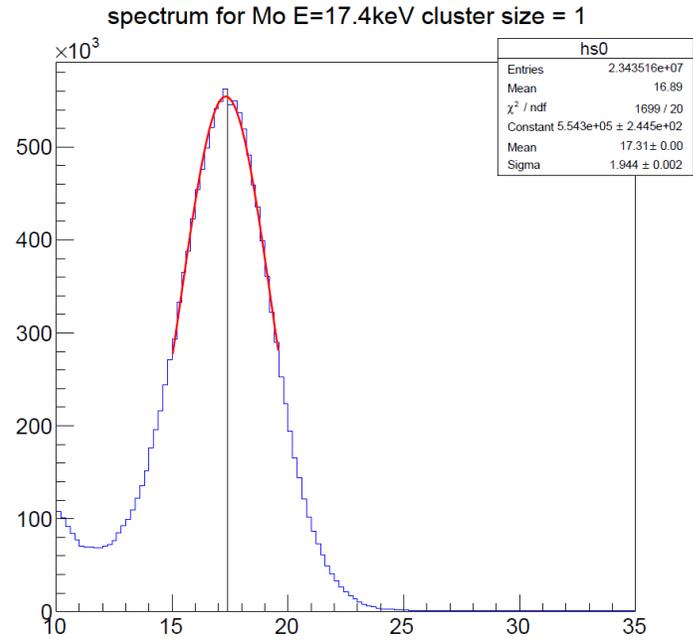
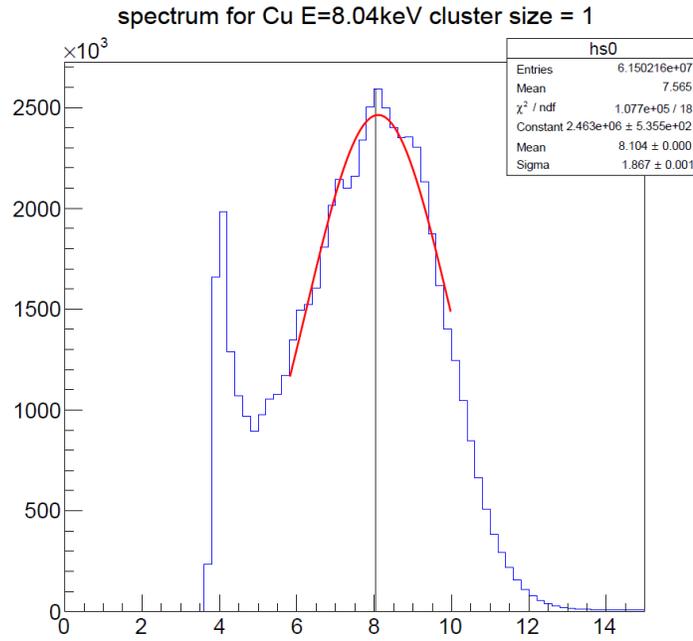
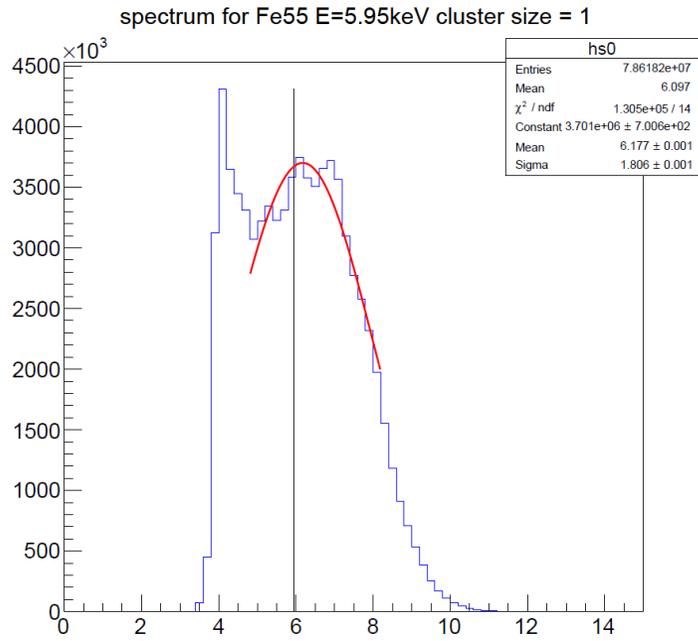


Построение калибровочных кривых

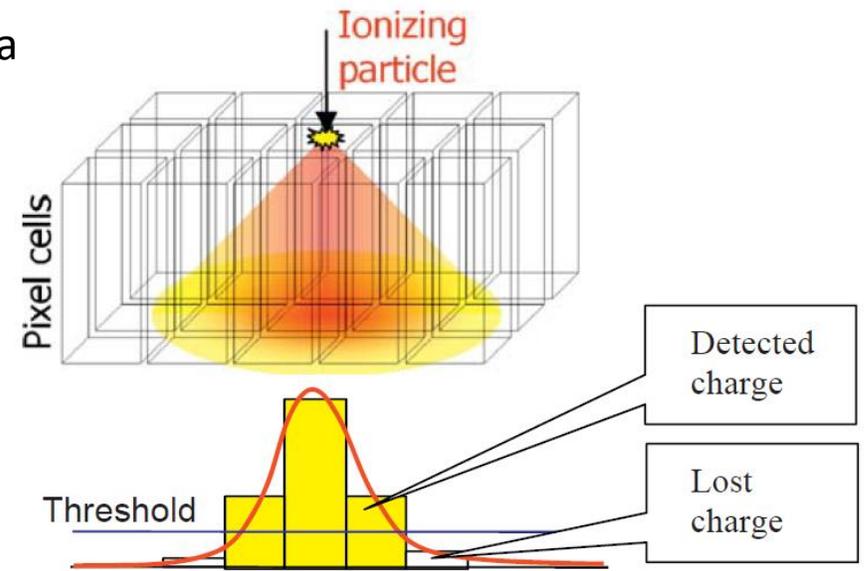
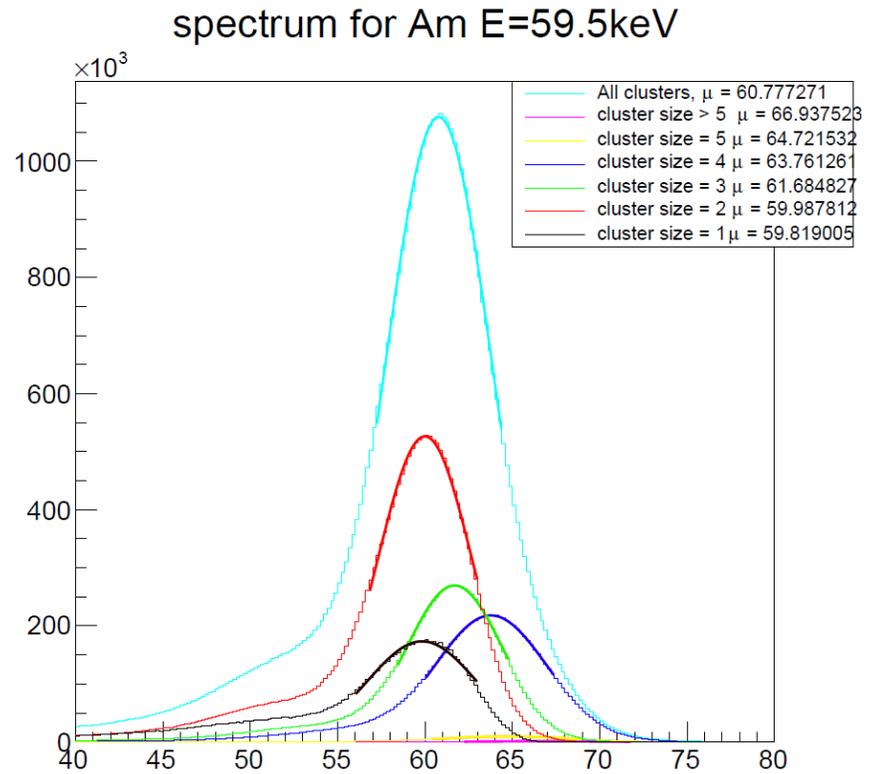
$$ToT = a \cdot E + b - \frac{c}{E-t}$$



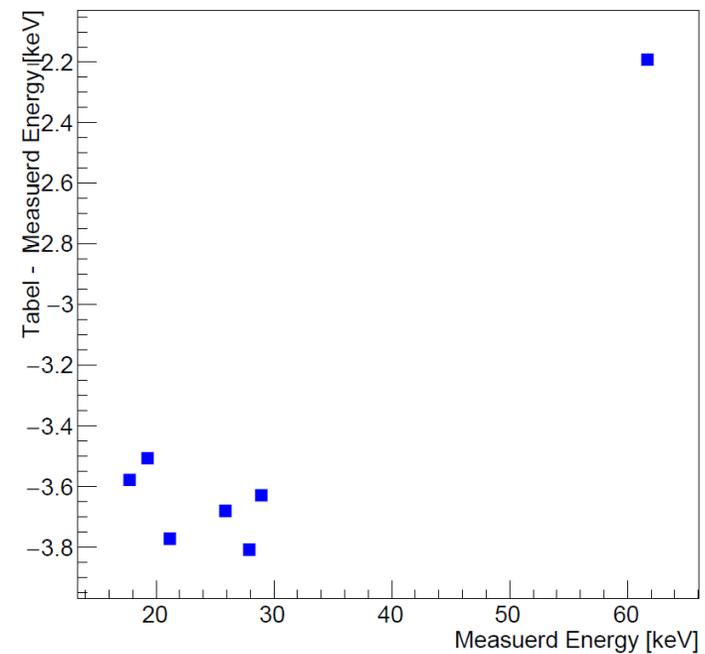
Энергетические спектры однопиксельных событий



Эффект разделения заряда



E shift for Cl size = 3



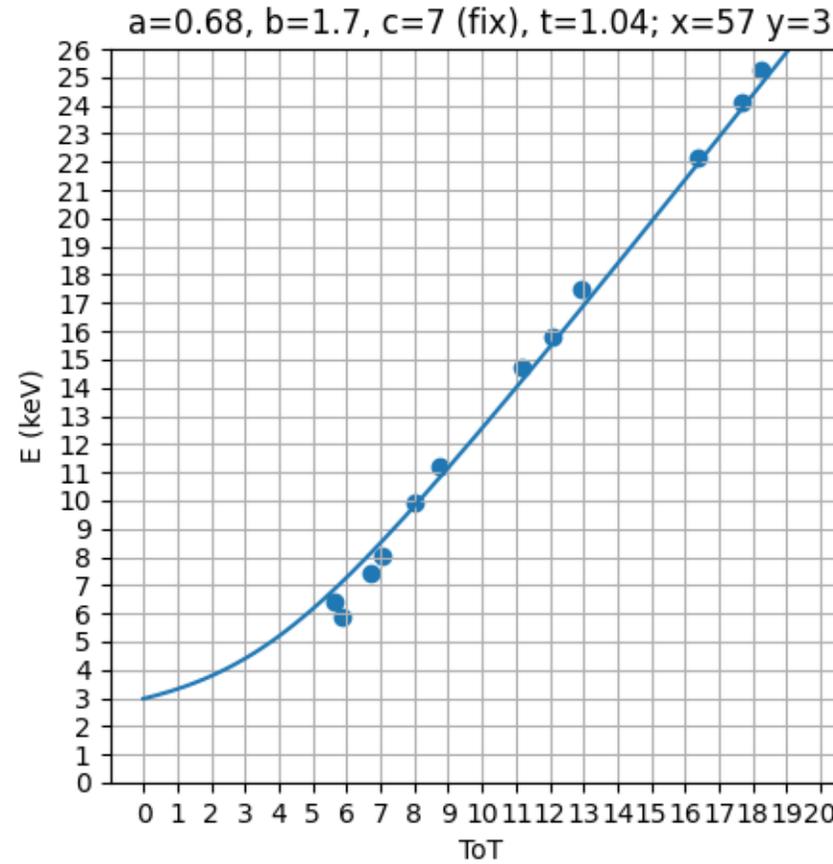
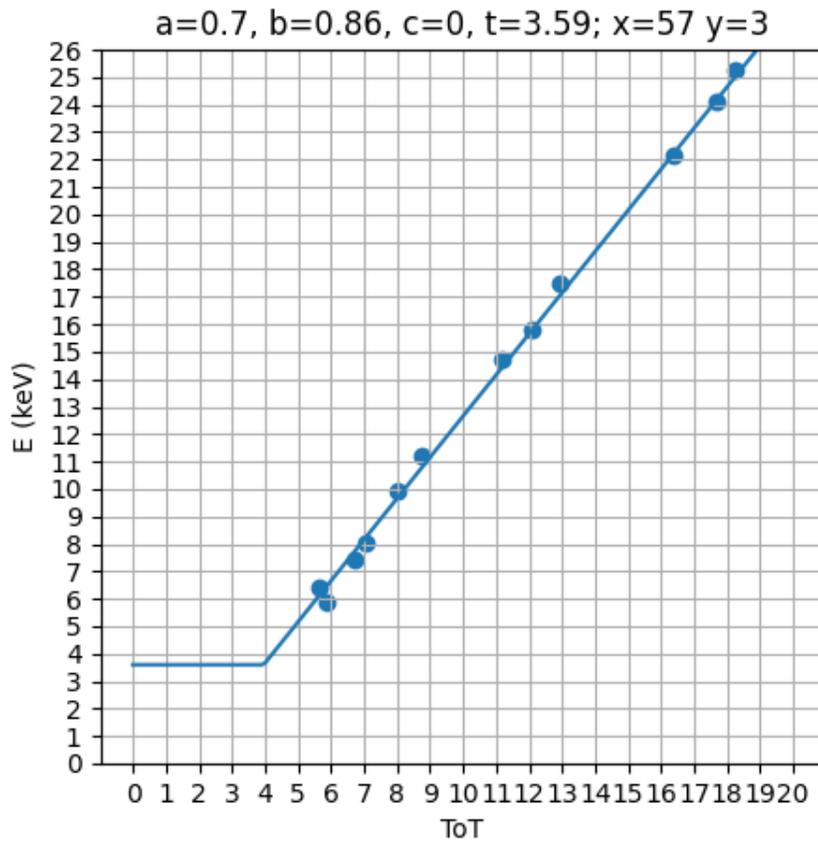
Заключение

- Был написан отдельный код для подготовки данных и калибровки детектора
- Получены калибровочные спектры однопиксельных событий. Проанализирована их форма.
- Построены спектры для кластеров разного размера. На основе спектров получены графики коррекции энергии.

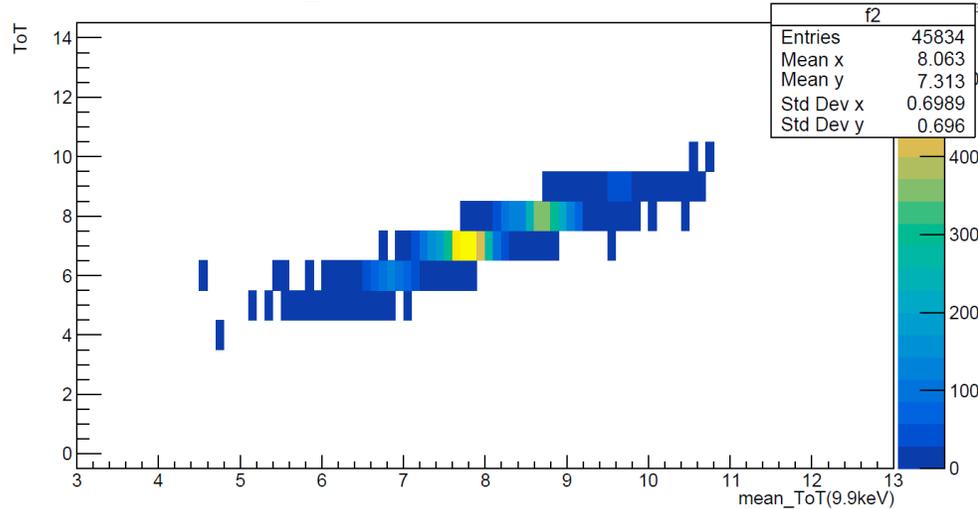
Дополнительные Слайды

Калибровочные кривые в случае, когда коэффициент $c=0$ и фиксирован $c=7$

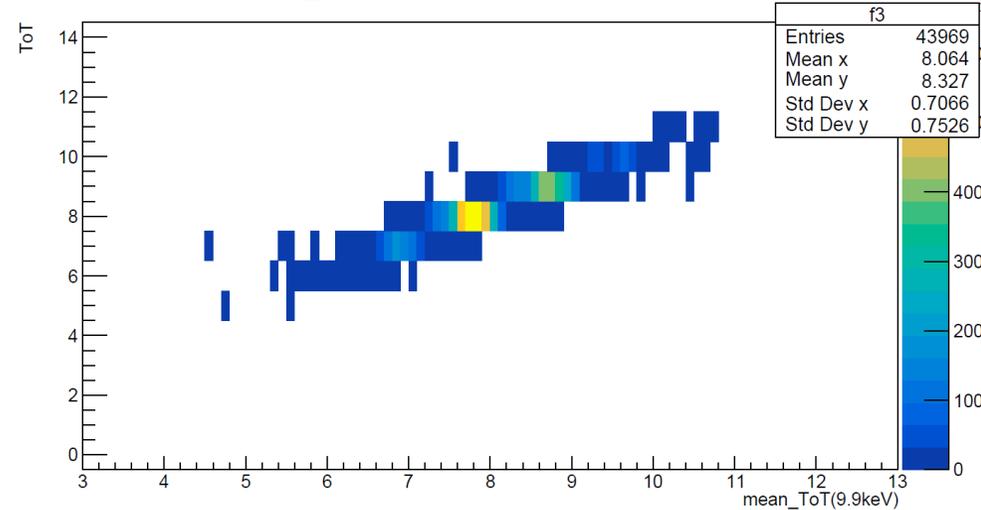
$$E = \frac{1}{2a} \left(ToT + a \cdot t - b + \sqrt{(b + a \cdot t - ToT)^2 + 4a \cdot c} \right)$$



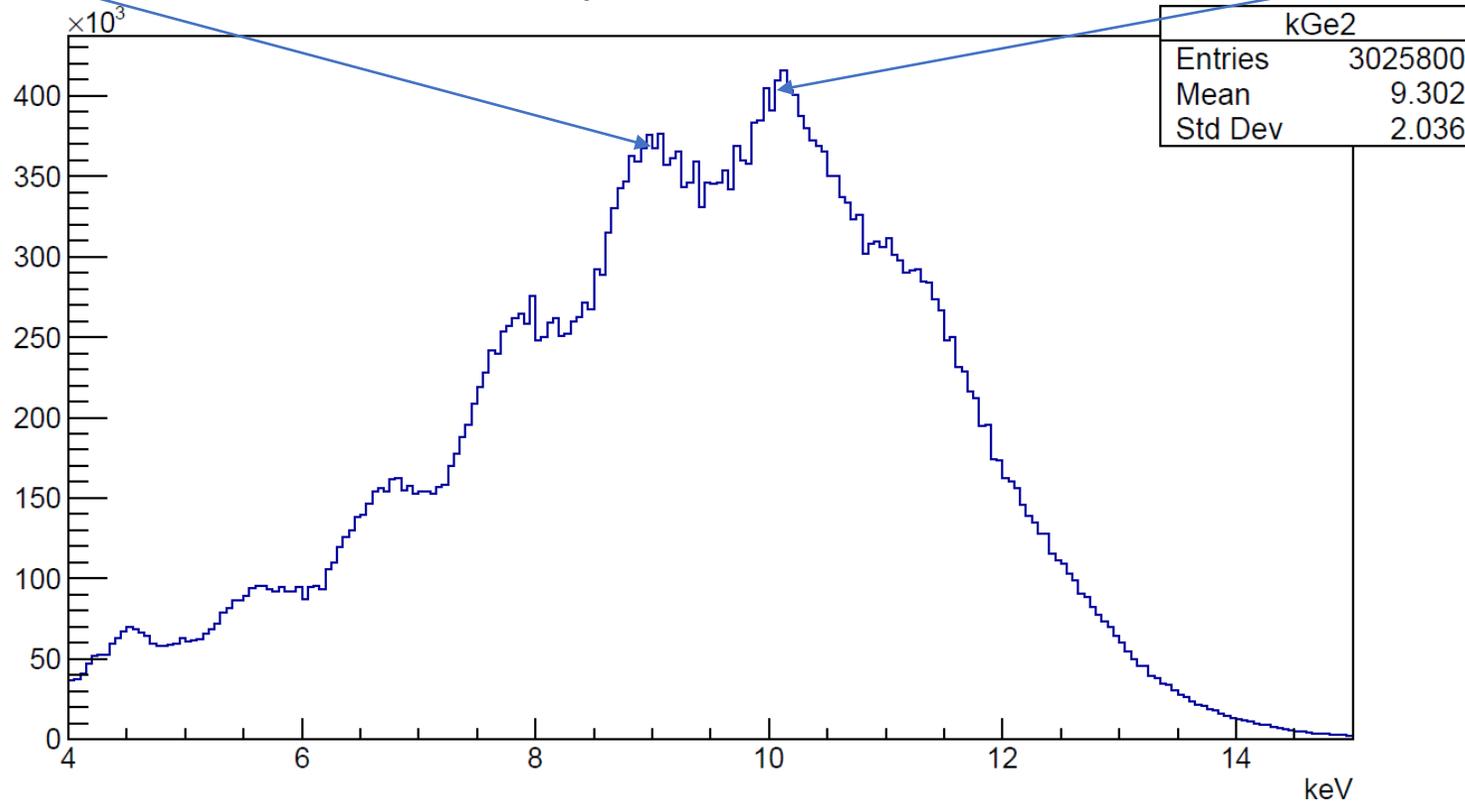
mean_ToT(9.9keV) vs ToT Ge 8.5<E<9.4



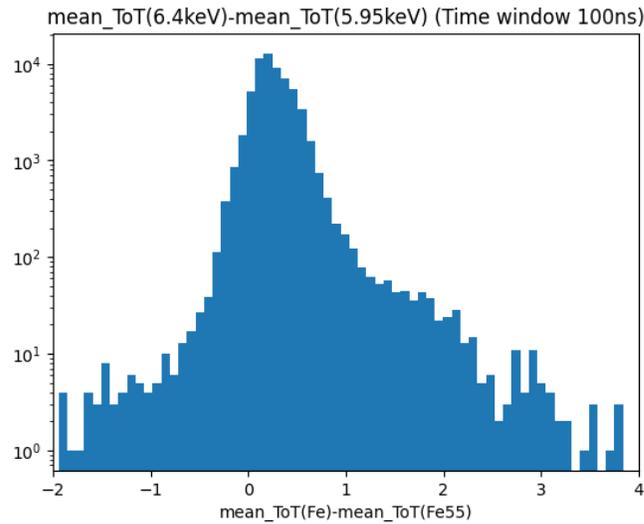
mean_ToT(9.9keV) vs ToT Ge 9.8<E<10.7



spectrum for Ge



Проблема с выбором границ фитирования для определения среднего значения ToT

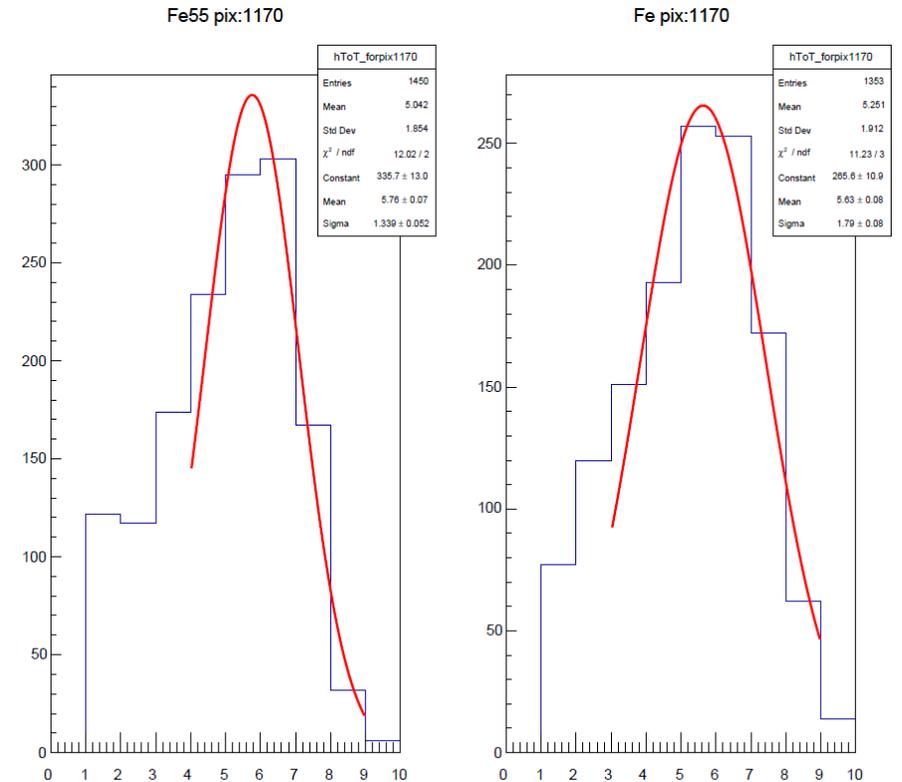


```
count 61504.000000
mean 0.272208
std 0.268828
min -2.906930
25% 0.128270
50% 0.231770
75% 0.387002
max 5.849790
dtype: float64
```

Гистограмма разницы средних ToT для 6.4 и 5.95 кэВ

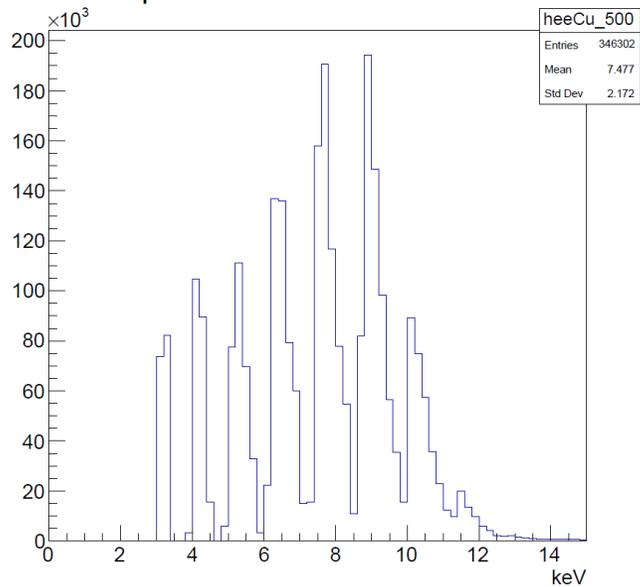
В идеальном случае вхождений в данную гистограмму отрицательных значений не должно быть.

Необходимо при помощи выбора пределов фитирования минимизировать количество пикселей с перепутанным порядком ToT

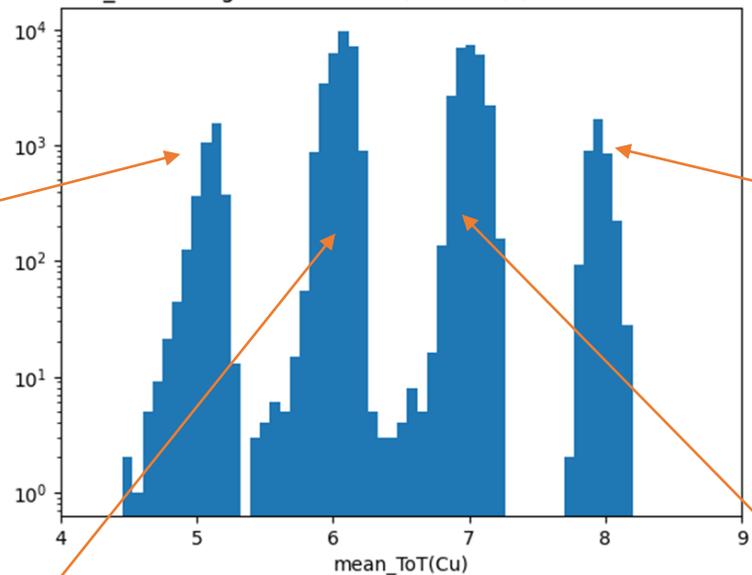


Пример пикселя для которого среднее значение ToT для большей энергии меньше чем среднее значение ToT для меньшей энергии.

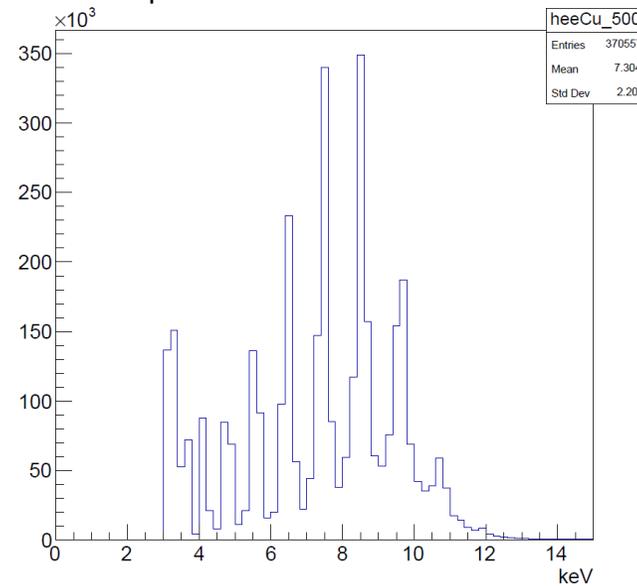
spectrum for Cu E=8.04keV



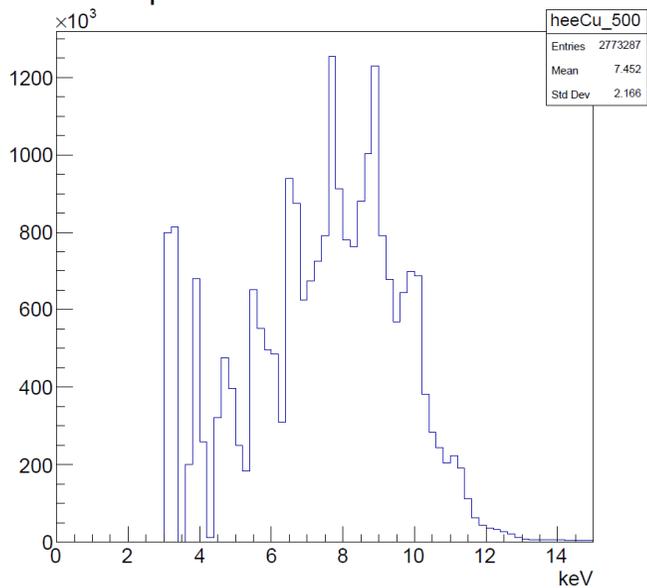
mean_ToT from gauss fit for Cu (8.04keV) (Time window 500ns)



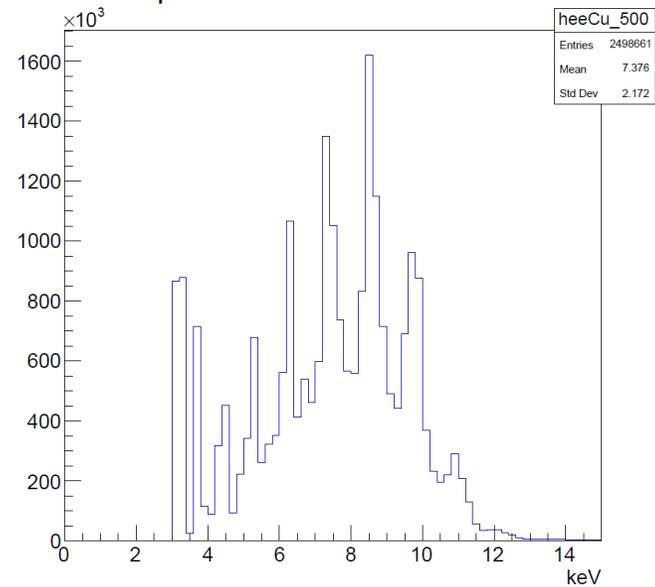
spectrum for Cu E=8.04keV



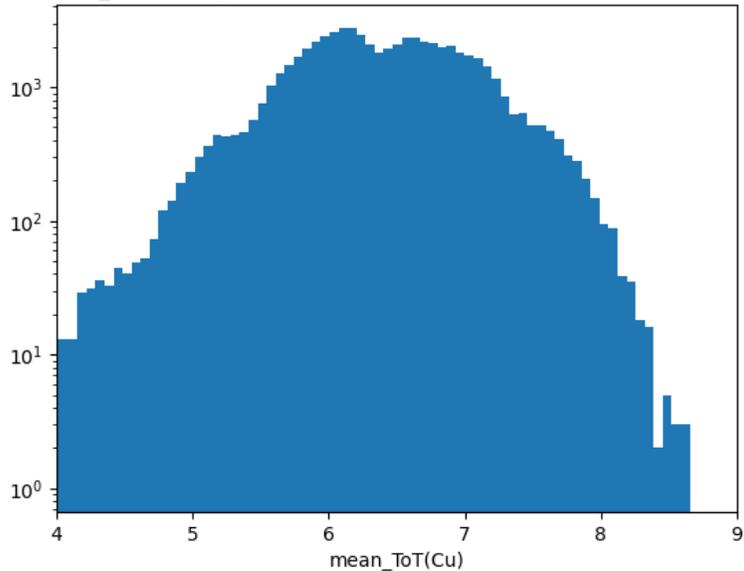
spectrum for Cu E=8.04keV



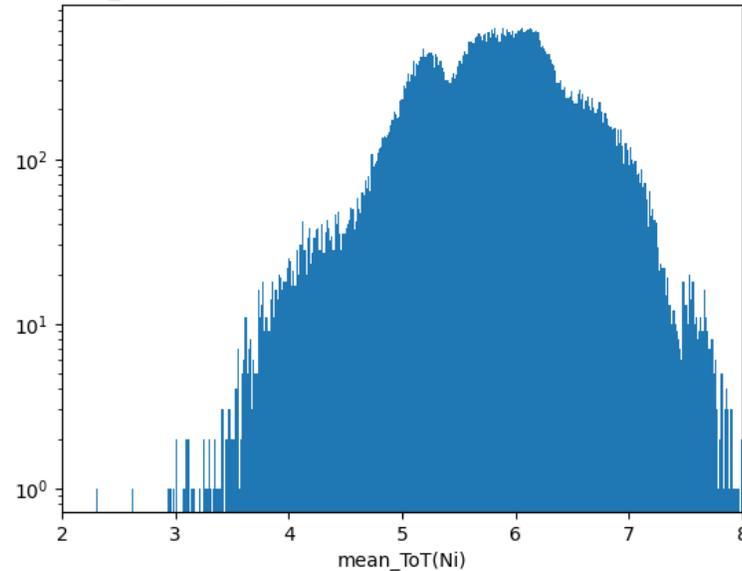
spectrum for Cu E=8.04keV



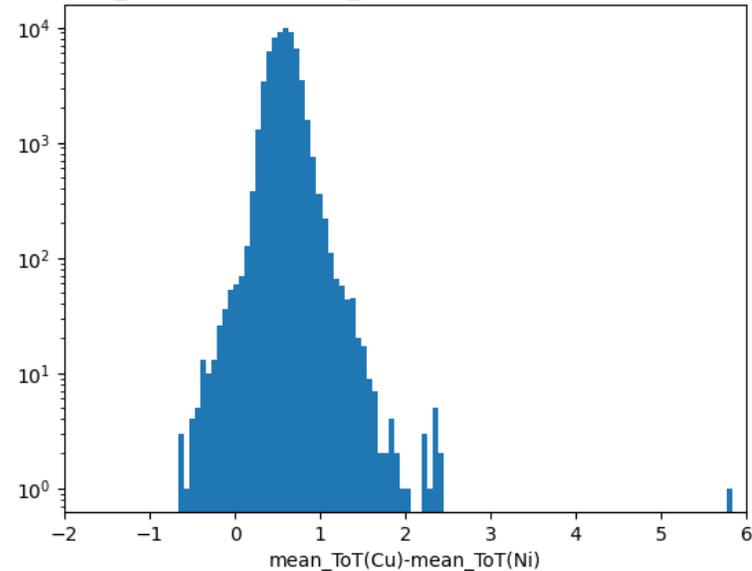
mean_ToT from gauss fit for Cu (8.04keV) (Time window 500ns)



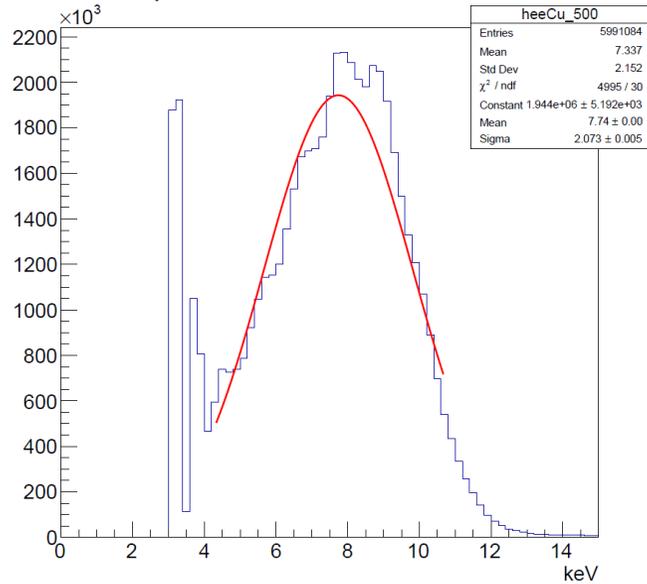
mean_ToT from gauss fit for Ni (7.46keV) (Time window 500ns)



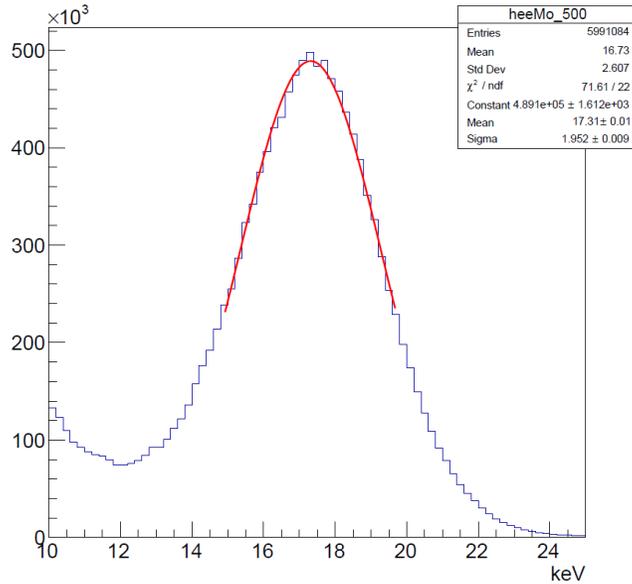
mean_ToT(8.04keV)-mean_ToT(7.46keV) (Time window 500ns)



spectrum for Cu E=8.04keV



spectrum for Mo E=17.4keV



mean_ToT from gauss fit for Mo (17.4keV) (Time window 500ns)

