

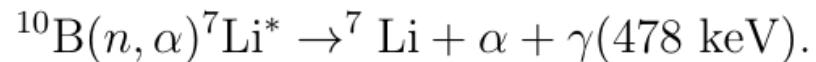
Выделение гамма-линии 478 кэВ на фоне аннигиляционных гамма- квантов.

Выполнила: О. В. Иванова, гр. М24-114

Введение

Бор-нейтронозахватная терапия (БНЗТ) является формой лучевой терапии.

При взаимодействии теплового нейтрона с бором-10 образуется альфа-частица, ядро лития и гамма-фотон с энергией 478 кэВ.



Таким образом, гамма-квант с энергией 478 кэВ является прямым продуктом ядерной реакции. Его регистрация позволяет мониторинг распределения и интенсивности борной дозы внутри биологических тканей.

В БНЗТ используется препарат 18F-ФБФА, в котором F-18 служит источником позитронов.

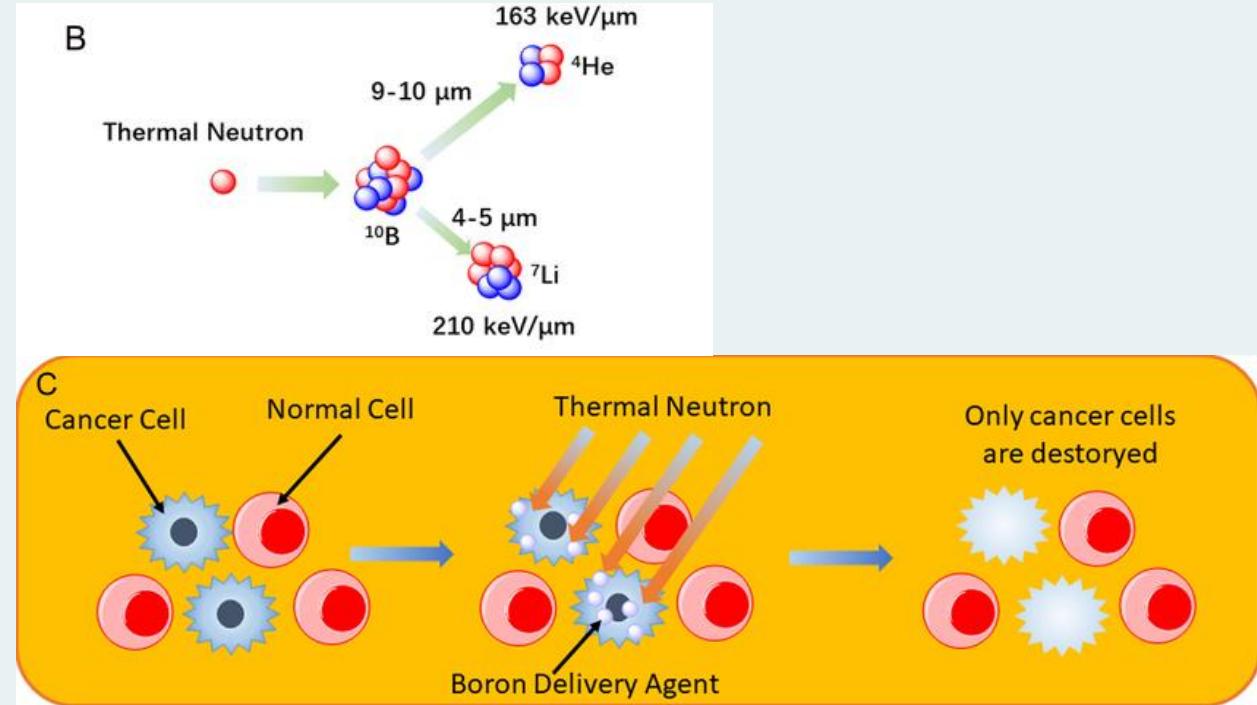


Рис. 1: (B) Механизм бор-нейтронной захватной терапии. (C) Схематическое изображение селективного уничтожения опухолевых клеток при бор-нейтронной захватной терапии (БНЗТ).

Цель и задачи работы

- **Главная проблема** состоит в спектральном наложении двух сигналов от аннигиляционных гамма-квантов (511 кэВ) и от реакции бора-10 (478 кэВ).
- **Предлагаемый метод:** Косвенное вычисление сигнала 478 кэВ через вычитание прогнозируемого фона 511 кэВ.
- **Целью данной работы** является экспериментальная проверка возможности разделения сигнала гамма-излучения с энергией 478 кэВ и аннигиляционного гамма-излучения с энергией 511 кэВ в условиях их полного спектрального наложения.

Цель и задачи работы

- Для этого в работе были поставлены следующие задачи:
 1. Создать установку для получения спектров импульсов, соответствующих энерговыделению 478 кэВ с использованием источника Cs-137.
 2. Получить данные спектров импульсов с Cs-137 и с позитронным источников Ti-44.
 3. Провести анализ данных в соответствии с описанным алгоритмом.

Схема установки

- Пара детекторов располагалась друг напротив друга и работала в режиме совпадений.
- В спектре первого детектора наблюдался пик 478 кэВ.
- Дополнительно использовался источник Ti-44, являющийся источником аннигиляционных гамма-квантов с энергией 511 кэВ.
- Была использована пара неорганических сцинтилляторов LYSO LYSO.
- Для данной детекторной пары применялись кремниевые фотоумножители модели onsemi fc30035 с чувствительной площадью $3 \times 3 \text{ мм}^2$ и размером ячейки 35 мкм.

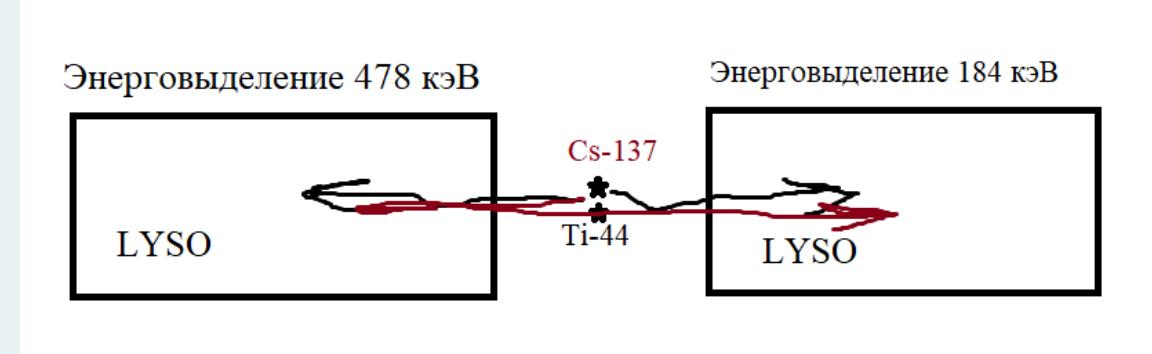


Рис. 2: Схема расположения детекторов в эксперименте.

Схема установки

- Регистрация и обработка сигналов осуществлялась с использованием специализированной 32-канальной микросхемы Petiroc2A.
- Использованы:
 - Каналы 1, 20
 - Быстрые усилители/преобразователи
 - Дискриминаторы временного отклика
 - АЦП, ВЦП

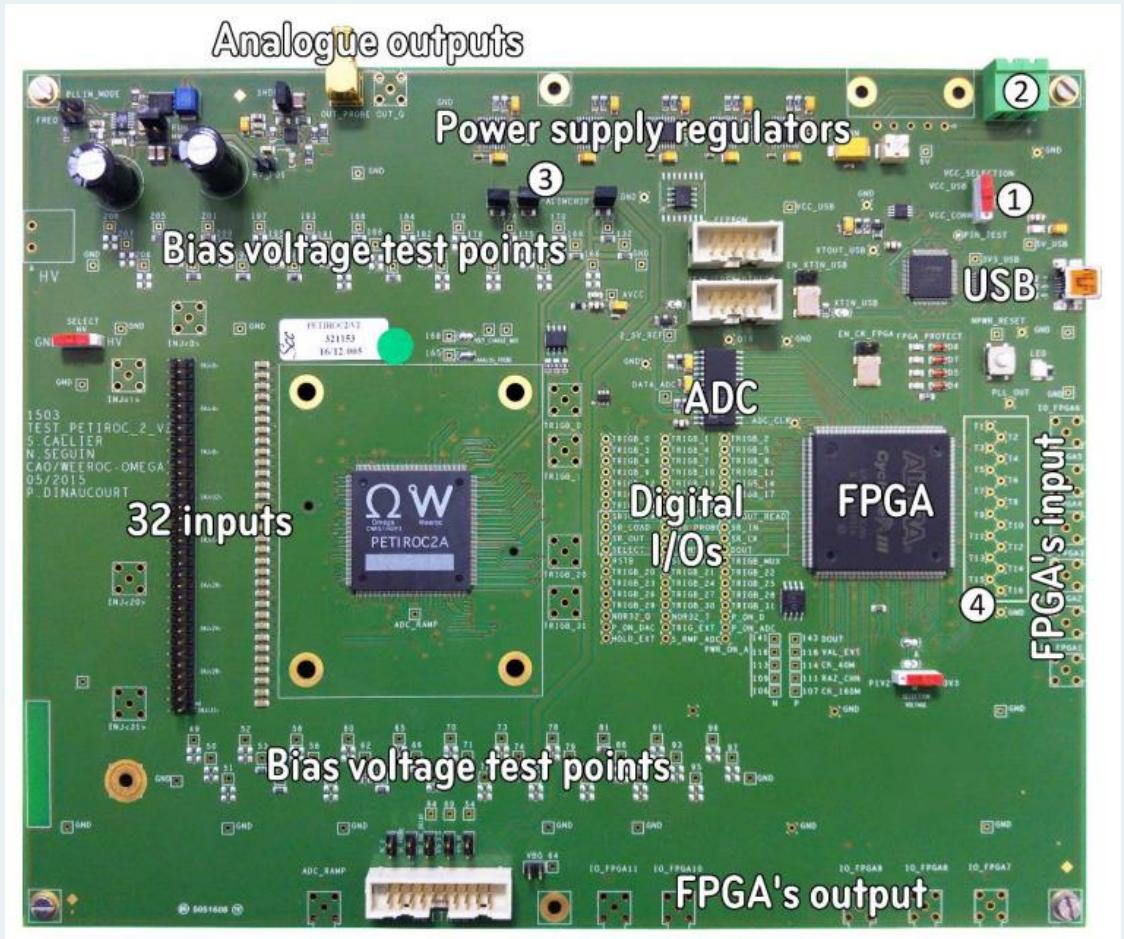


Рис. 3: Микросхема Petiroc2A, используемая для регистрации сигналов от сцинтиляционных детекторов.

Получение и анализ спектров.

- В каждом измерении набор статистики осуществлялся в течение 15 минут.

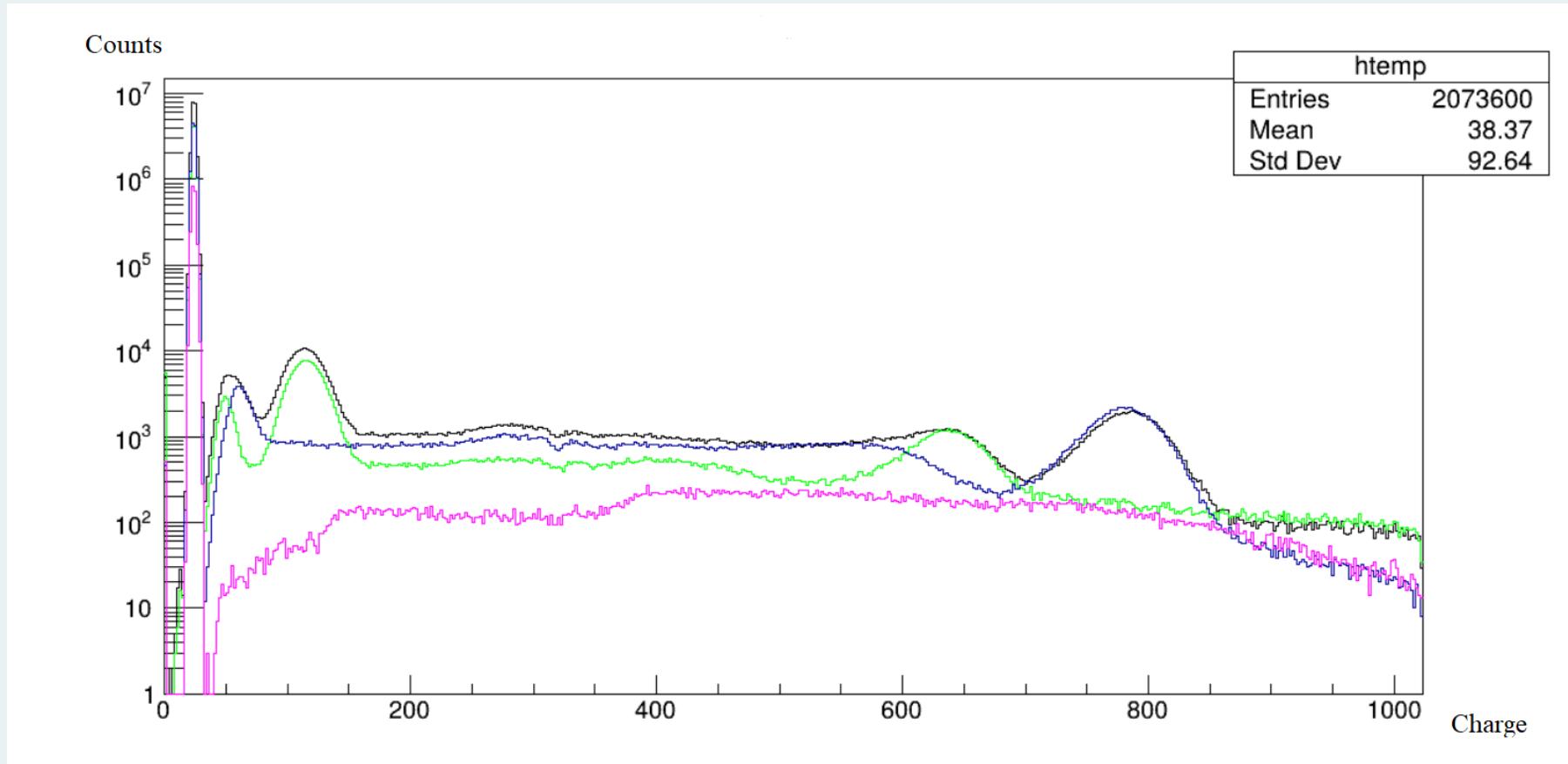


Рис. 4: Наложенные спектры импульсов от источников $Cs-137$, $Ti-44$ и их суммарный спектр для пары $LYSO-LYSO$: чёрным — суммарный спектр, зелёным — спектр $Ti-44$, синим — спектр $Cs-147$, розовым — фон $LYSO$.

Получение и анализ спектров.

- Из спектра источника Cs-137 был выделен пик 478 кэВ. Отбор заряда в диапазоне от 300 до 1000 проводился при условии срабатывания обоих каналов.

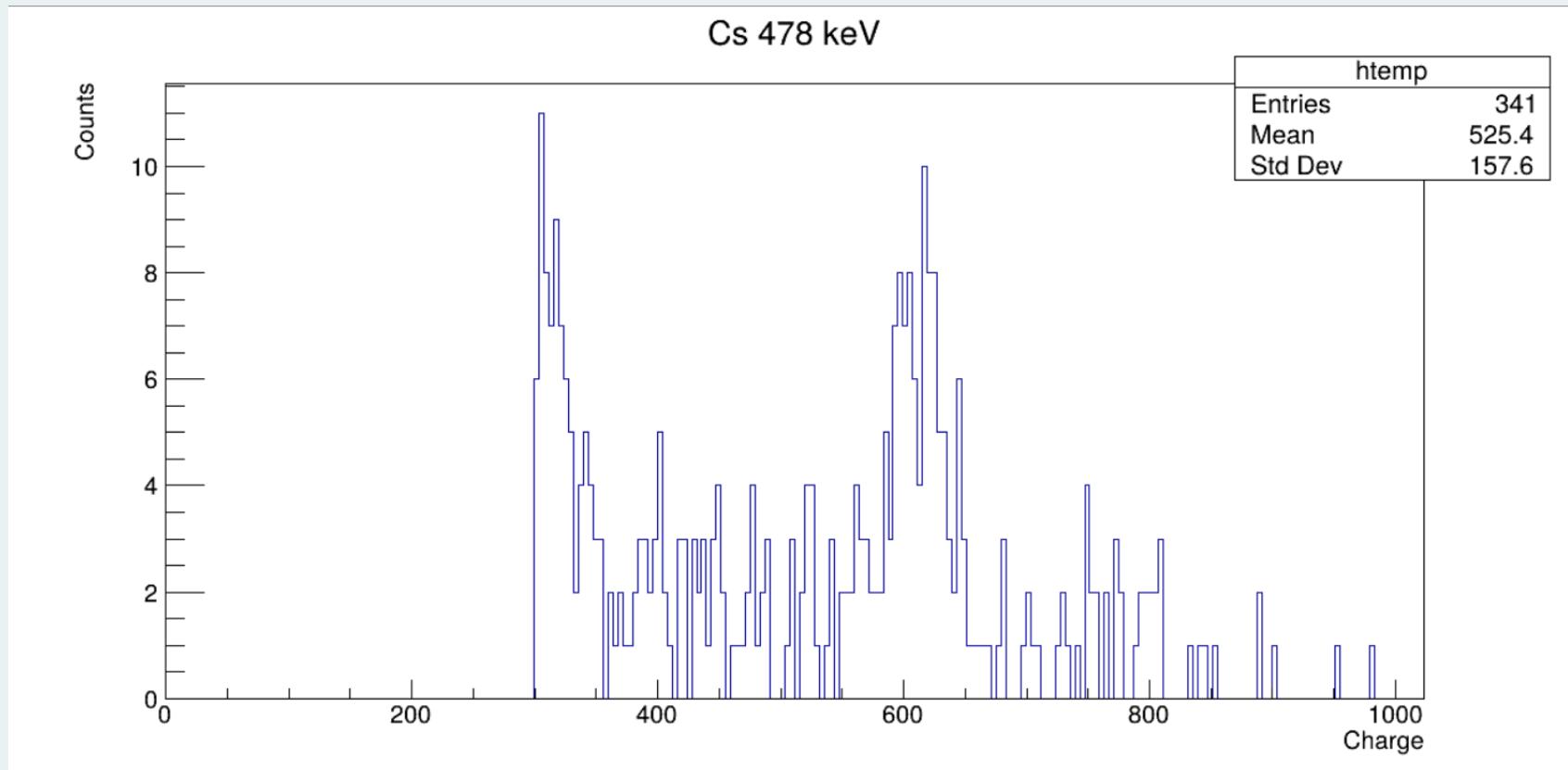


Рис. 5: Выделенный пик 478 кэВ из спектра Cs-137

Получение и анализ спектров.

- Данный пик 478 кэВ был аппроксимирован функцией Гаусса. Затем функцией GetRandom было сгенерировано 10^4 событий. Затем сгенерированный пик был добавлен к спектру Ti-44.

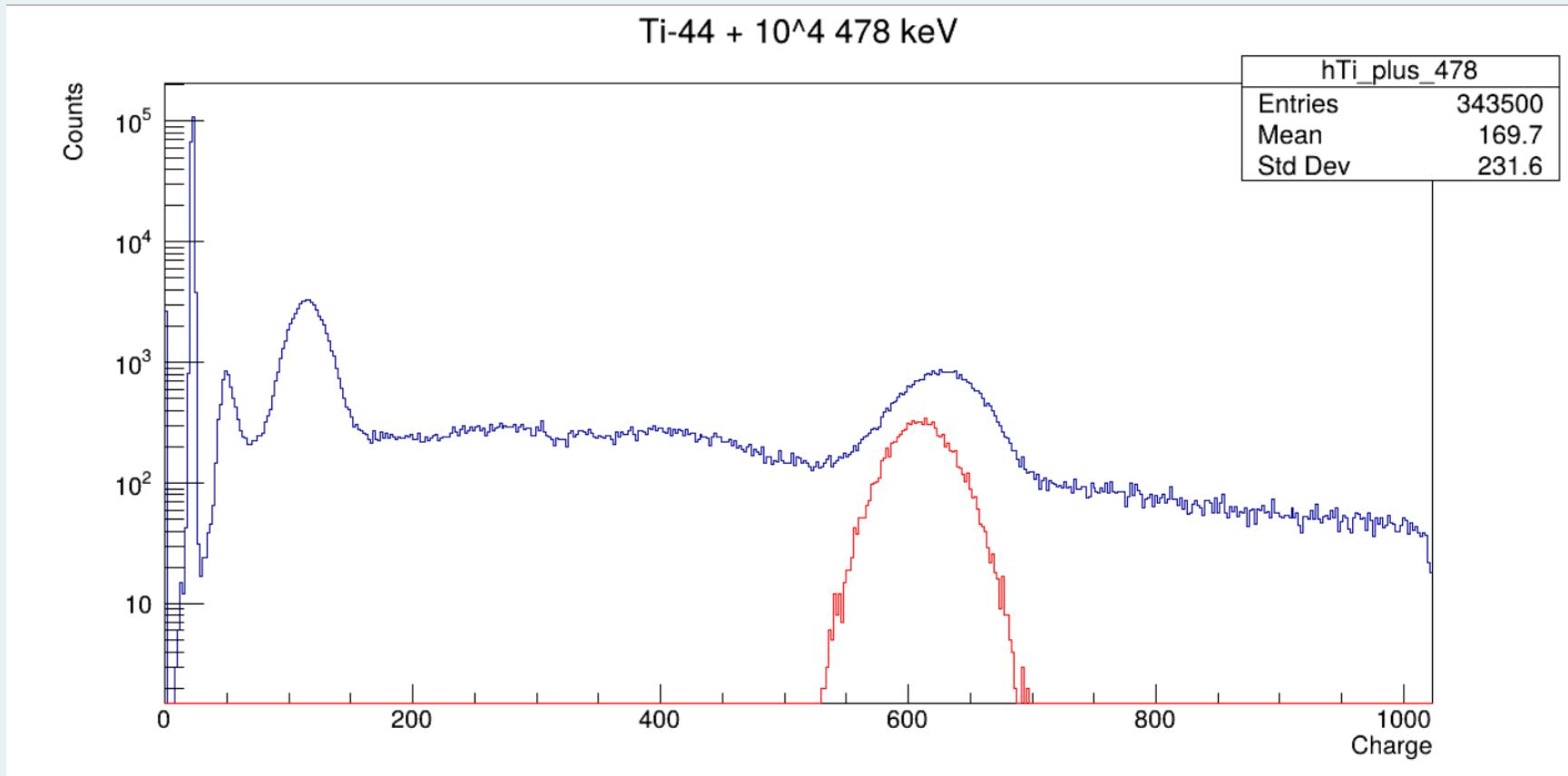
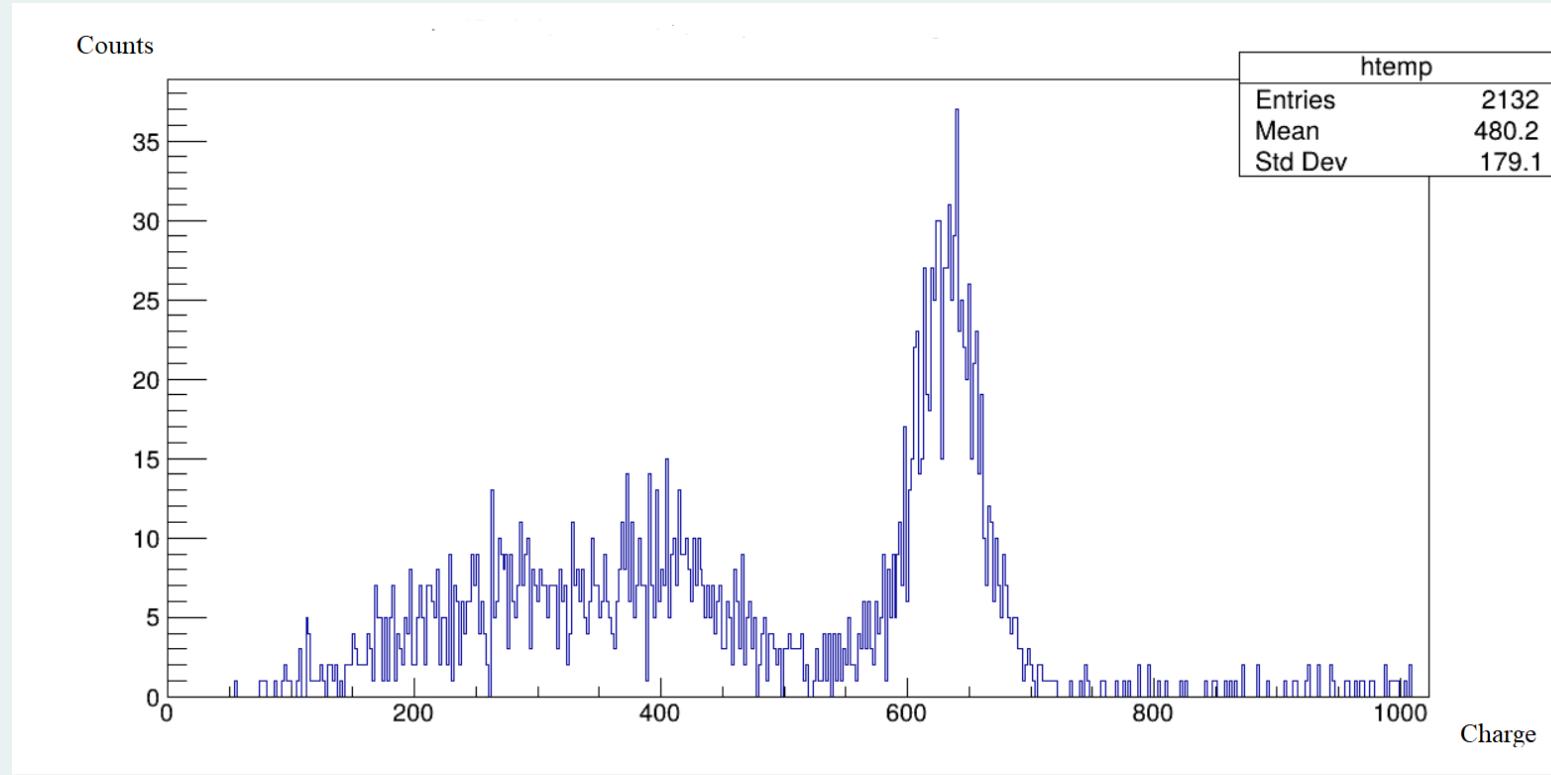


Рис. 6: Спектр импульсов от источника Ti-44 с добавленными 10^4 сгенерированными событиями. Красным цветом показан сгенерированный пик 478 кэВ.

Получение и анализ спектров.

- На основе данных спектра импульса Ti-44 был построен спектр совпадающих импульсов.

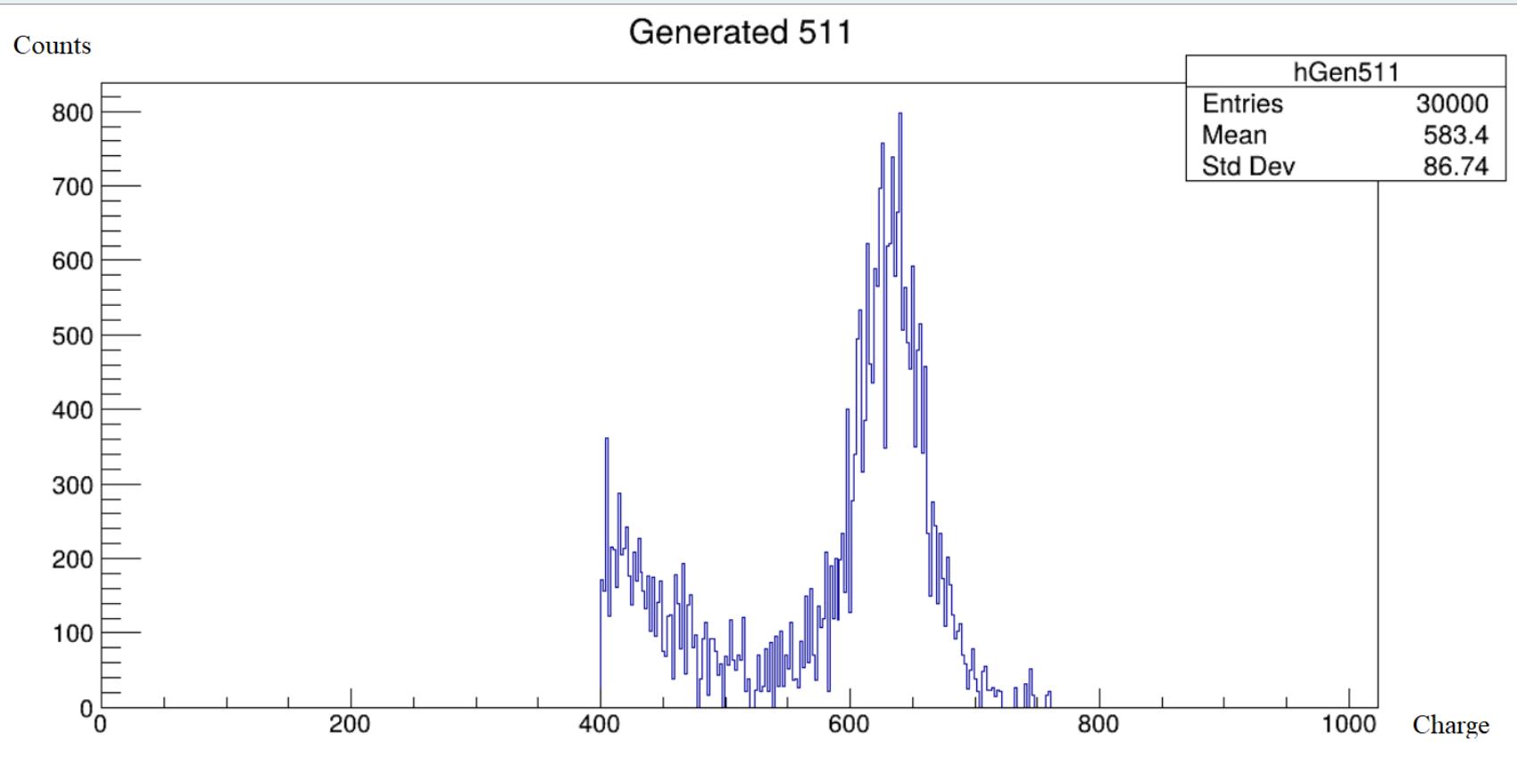


- Спектр строился на 20 канале при условии срабатывания обоих детекторов.
- Заряд на первом канале от 30 до 1000.
- Временное окно:
 $-1.1 > t_1 - t_2 > -2.8$

Рис. 7: Спектр совпадающих импульсов от источника позитронов Ti-44.

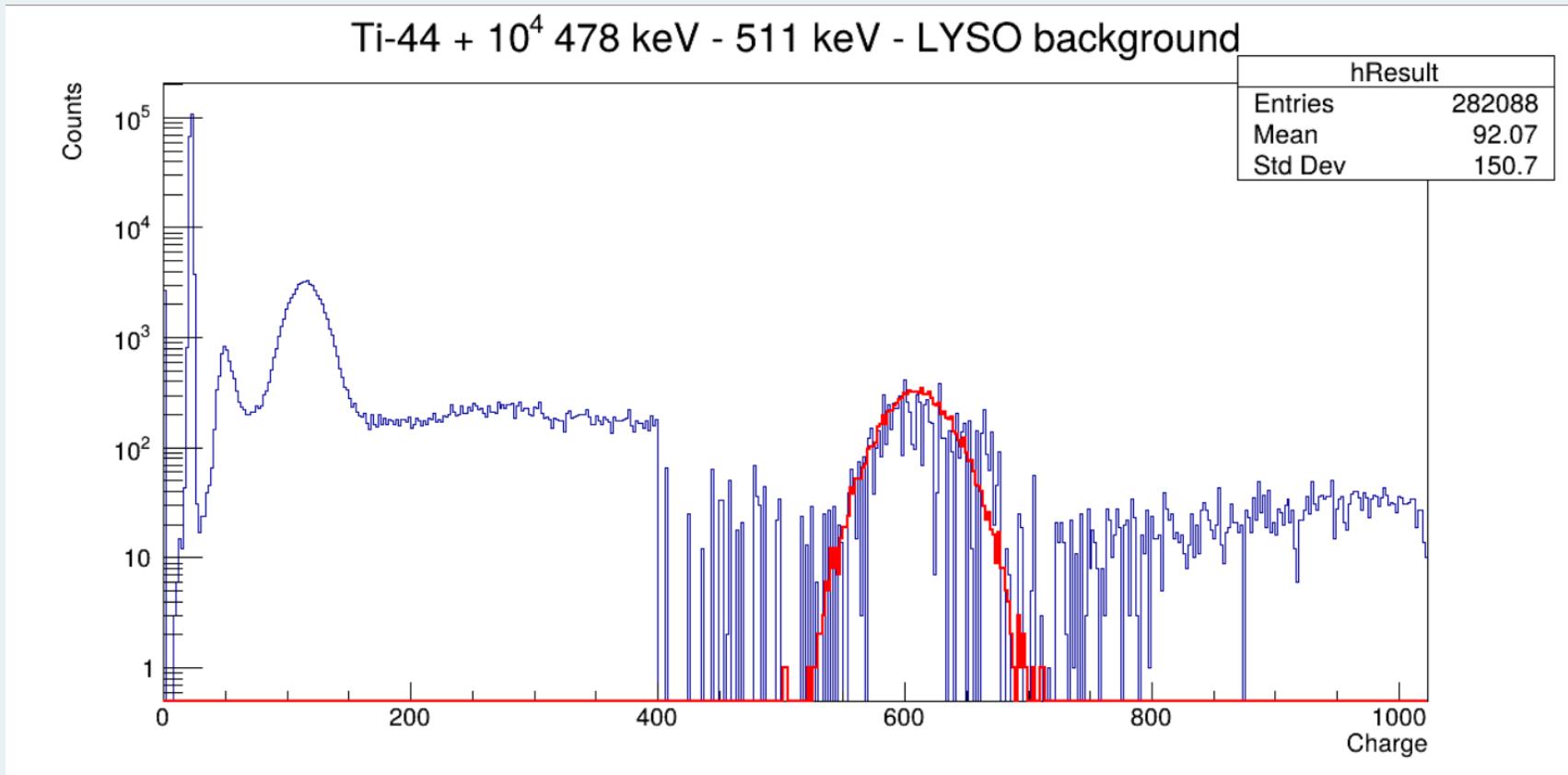
Получение и анализ спектров.

- На основе спектра совпадающих импульсов от источника позитронов Ti-44 был выделен и сгенерирован пик 511 кэВ, соответствующий аннигиляционному гамма-излучению.



Получение и анализ спектров.

- После вычитания фона LYSO и сгенерированного пика в области 511 кэВ из спектра импульсов Ti-44 с добавленными ранее событиями в диапазоне энергий от 400 до 800 кэВ остаётся только пик, соответствующий энергии 478 кэВ.



Заключение

- Показана **возможность выделения сигнала 478 кэВ из-под спектрального наложения с аннигиляционным излучением 511 кэВ методом вычитания модельного фона.**
- Создана установка для получения спектров импульсов, соответствующих энерговыделению 478 кэВ с использованием источника Cs-137.
- Получены данные спектров импульсов с Cs-137 и с позитронным источников Ti-44.
- Проведён анализ данных в соответствии с алгоритмом спектрального вычитания. В результате на итоговом спектре выделен чистый пик, соответствующий энергии 478 кэВ. Количество событий до и после вычитания смоделированного фона уменьшилось с 14834 событий до 6490. Таким образом, эффективность составила $64.9 \pm 0.8\%$.
- Для повышения точности метода, пригодной для клинического применения, необходимо разработать более детальную модель, а также провести эксперимент с изотопами, содержащими B-10, для оценки его точности.

Спасибо за
внимание.

Back-Up

Схема установки

