

РАСЧЁТ ОЖИДАЕМОГО ЭФФЕКТА ОТ УПРУГОГО КОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ РЕАКТОРНЫХ АНТИНЕЙТРИНО В ДЕТЕКТОРЕ НА ОСНОВЕ НЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ

Научный руководитель: Литвинович Е.А.
(доц., к.ф.-м.н.)

Студент: Крапля В.М.

Москва 2025г

Введение

Упругое когерентное рассеяние нейтрино (УКРН)

$$\frac{d\sigma}{dT} = \frac{G_F^2}{4\pi} M \left(2 - \frac{MT}{E^2} \right) N^2$$

Формула дифференциального сечения УКРН, где

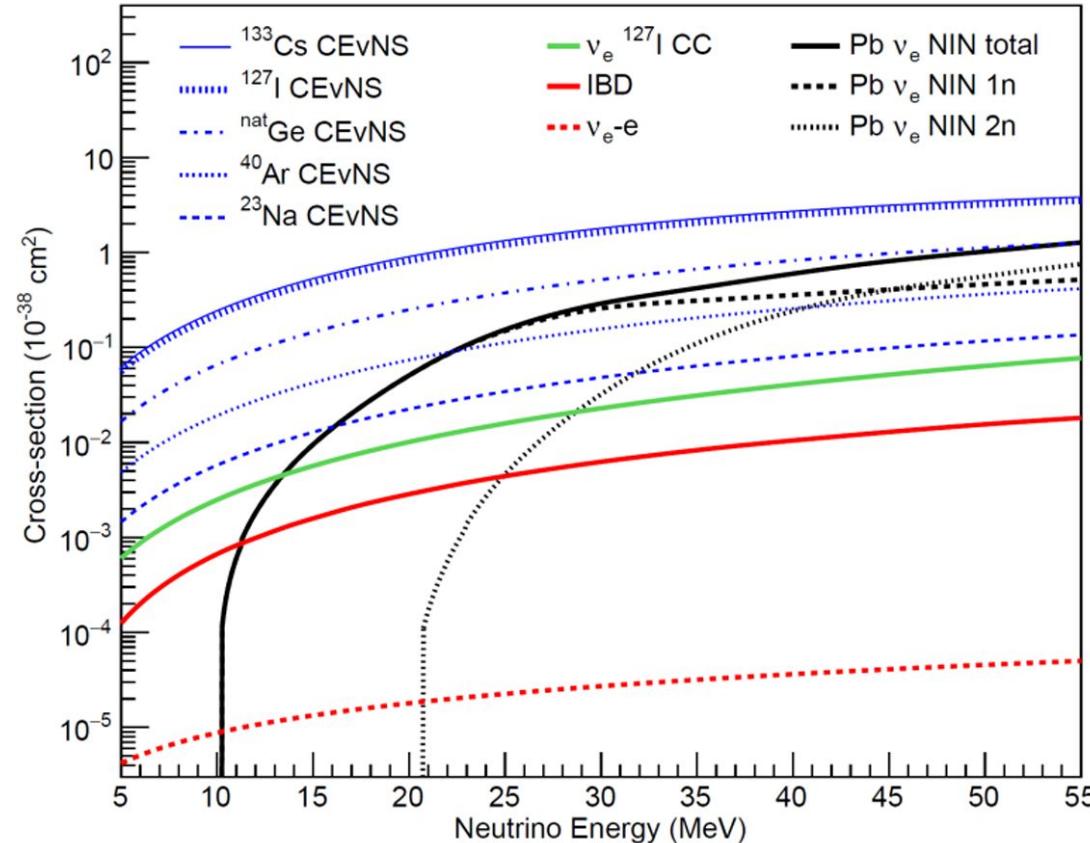
Т – энергия отдачи ядра [кэВ]

G_F – постоянная ферми [ГэВ^{-2}]

М – масса ядра [МэВ]

Е – энергия нейтрино [МэВ]

Н – число нейтронов



Сечение взаимодействия больше → масса мишени меньше

Требуется сверхнизкий порог детектирования (сотни Эв)

Трудности при поиске УКРН

Большие шумы в ROI

Цель и задачи работы

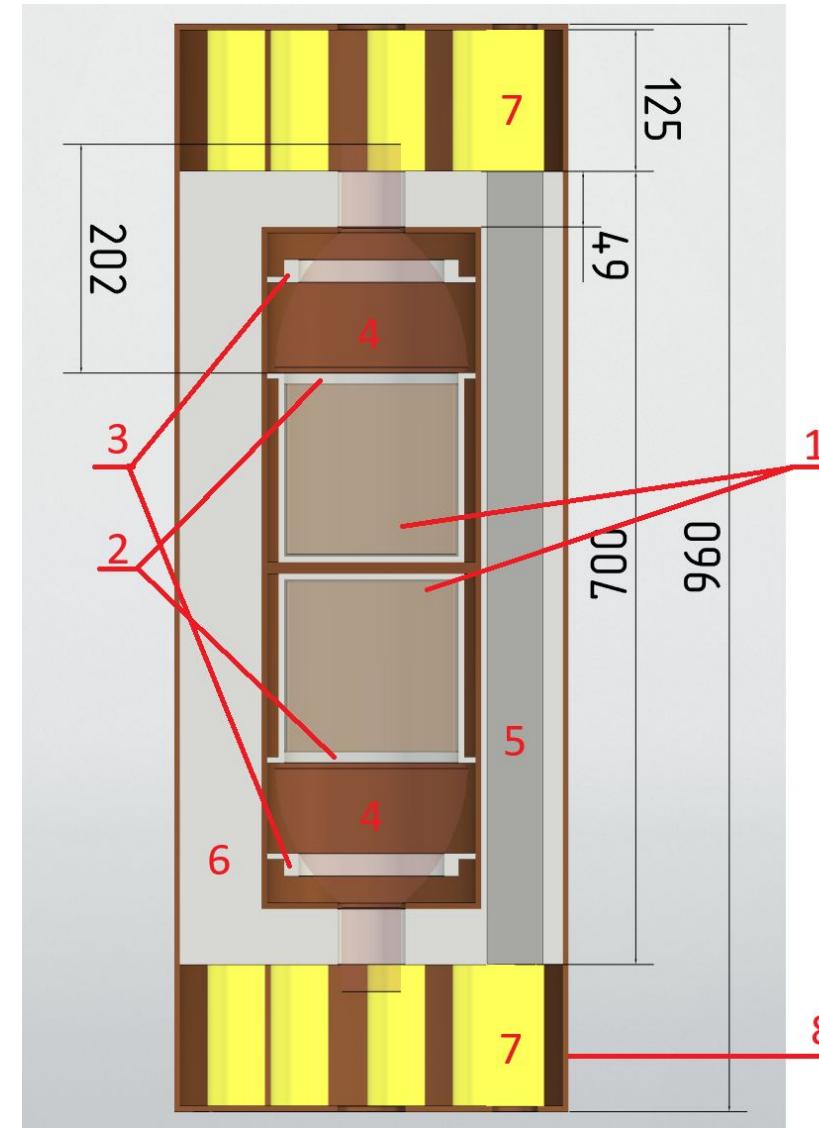
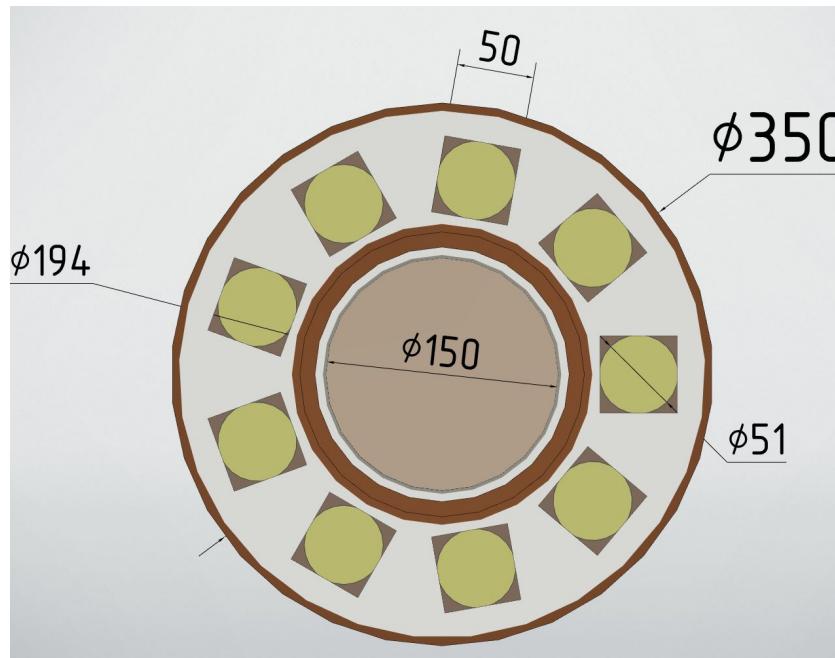
- **Цель:** Расчет эффекта от УКРН в перспективном детекторе на основе неорганических сцинтилляторов.
- **Задачи:**
 1. Изучение конструктивных особенностей детекторов низкоэнергетических событий;
 2. Создание конструкции перспективного детектора низкоэнергетических событий;
 3. Создание физической модели детектора для измерения фоновых событий в Geant4;
 4. Сравнить данные с эксперимента с результатами измерений в рамках модели в Geant4;

- Возможность уточнения параметров физики в рамках Стандартной Модели (СМ) и поиск физики за рамками СМ при измерении УКР реакторных антинейтрино.
- Создание эффективных детекторов реакторных антинейтрино позволит проводить объективный мониторинг ядерных реакторов, что упростит контроль за нераспространением ядерных материалов.

Предлагаемая конструкция детектора

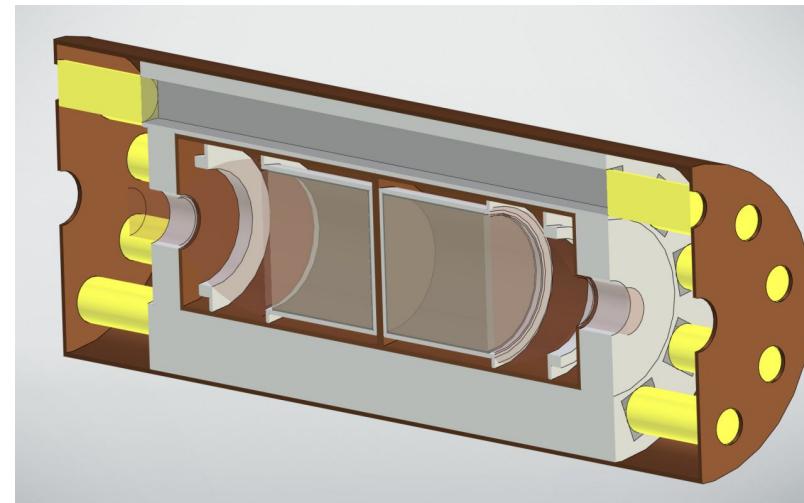
Ключевые особенности:

1. Несколько регистрирующих блоков;
2. Многослойная пассивная защита;
3. Наличие мюонного вето.

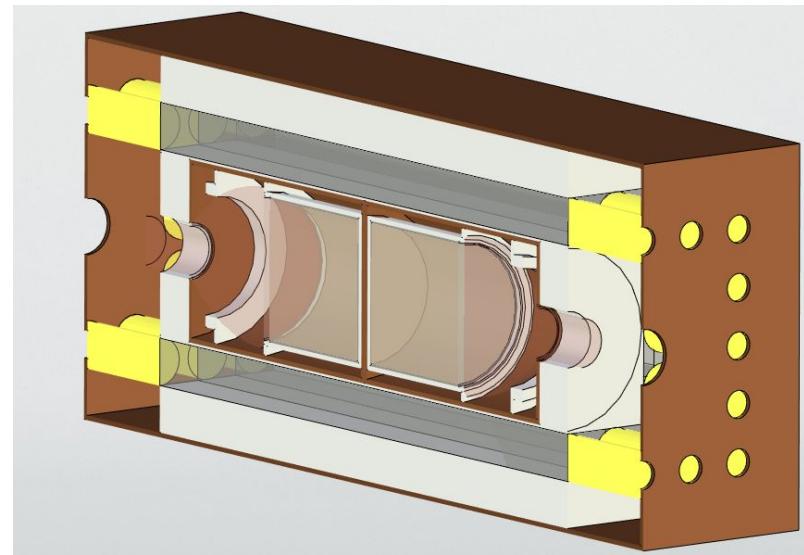


1. $\text{NaI}(\text{TI})$ в герметичном корпусе;
2. Стеклянное окно
3. Фиксатор ФЭУ из борированного полиэтилена (ПЭТ)
4. ФЭУ-49;
5. Массив из 9 орг. сцинтилляторов на основе полистирола;
6. Борированный ПЭТ;
7. Массив из 9 ФЭУ GOKI N4021-2
8. Внешний корпус из меди.

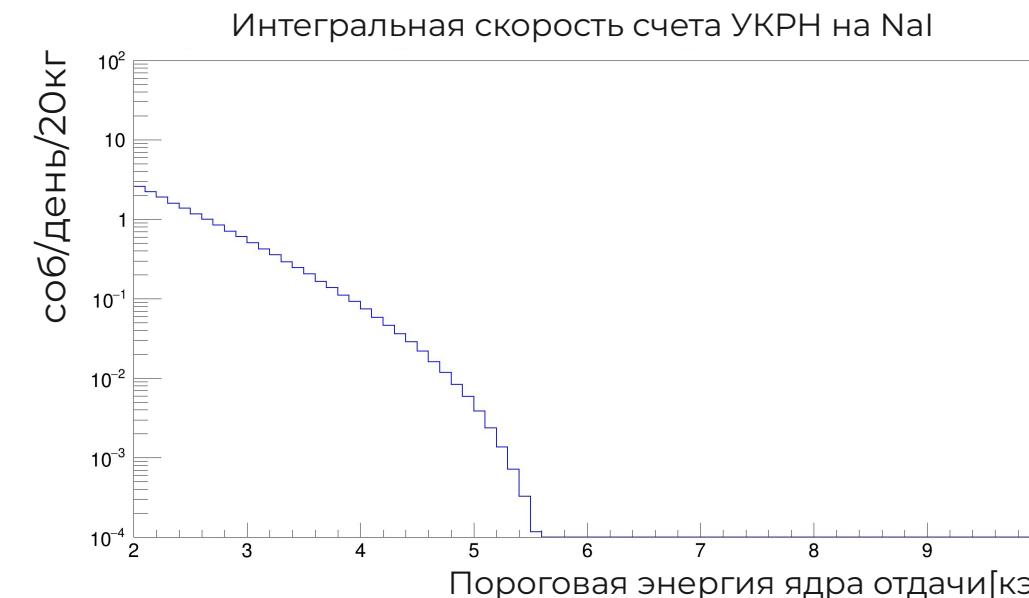
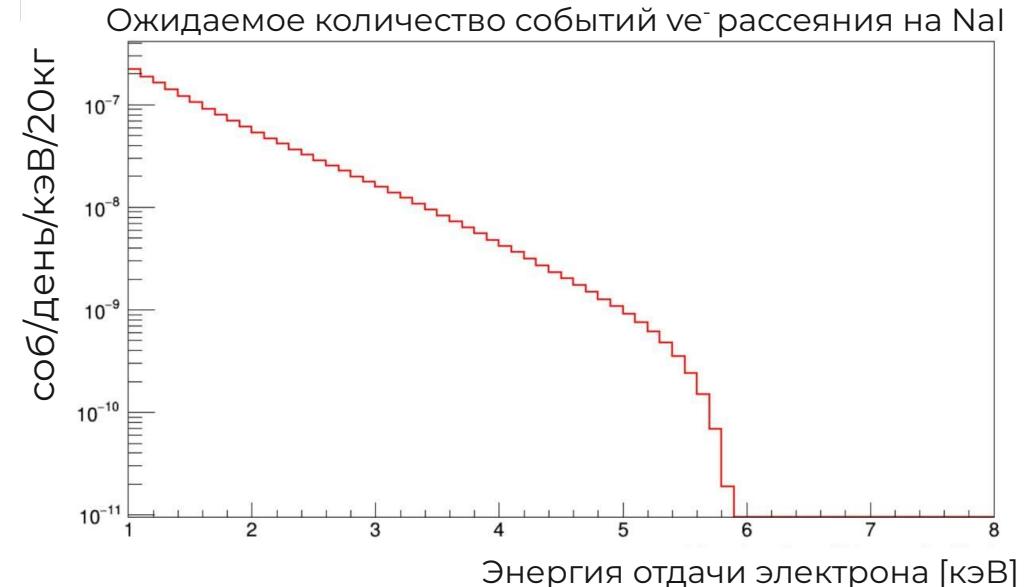
Предлагаемая конструкция детектора



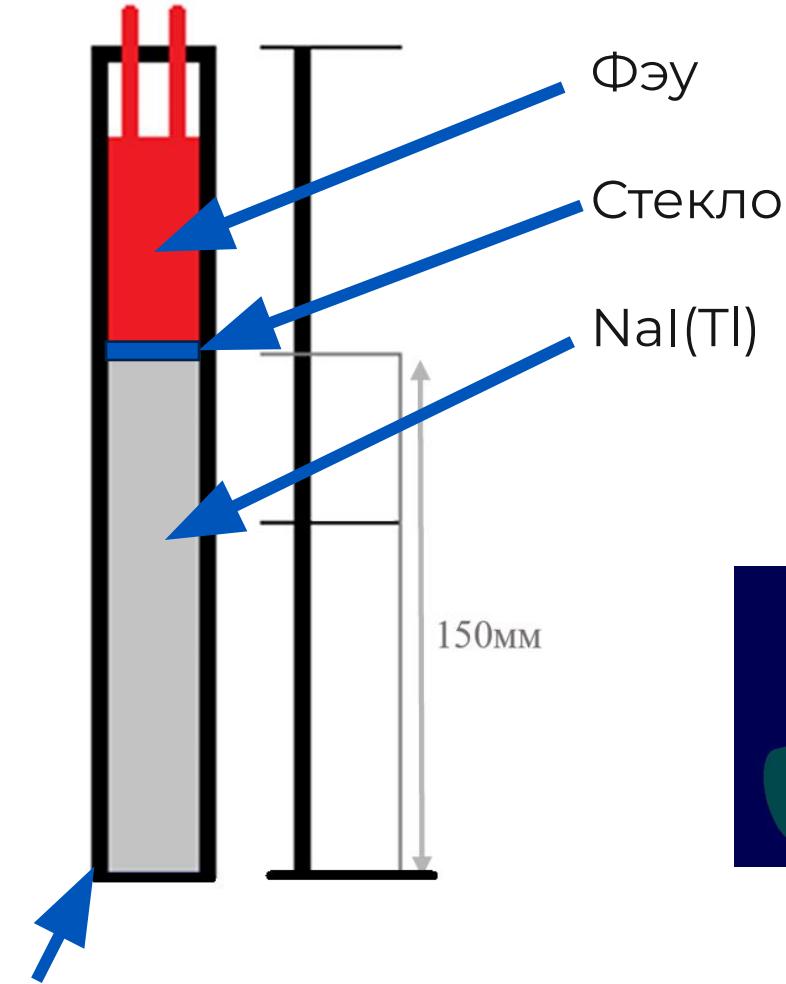
9 сцинтилляторов вето – 70% защиты



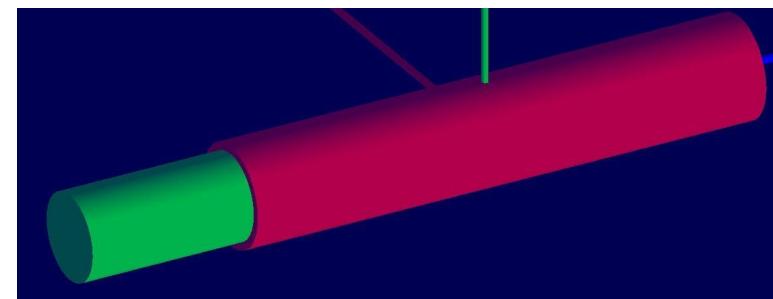
20 сцинтилляторов вето – 100% защиты



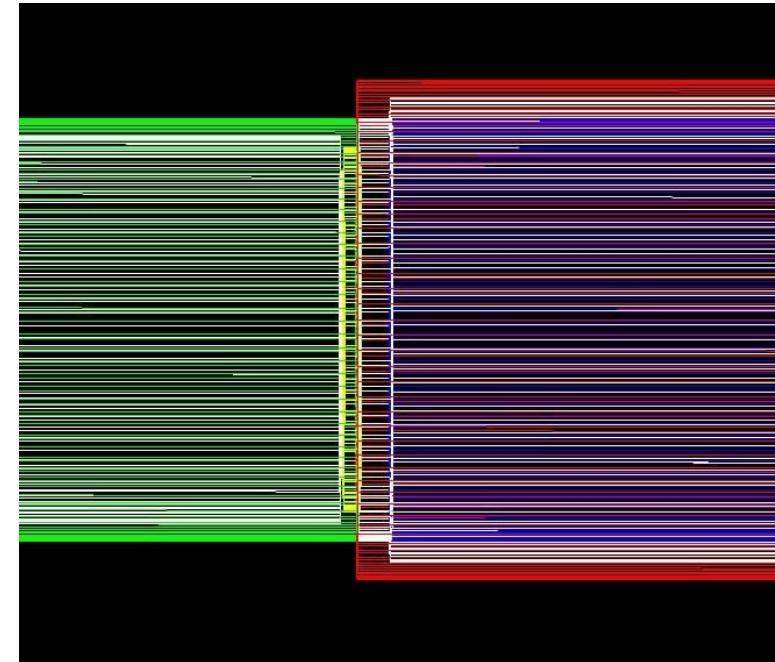
Создание модели в Geant4



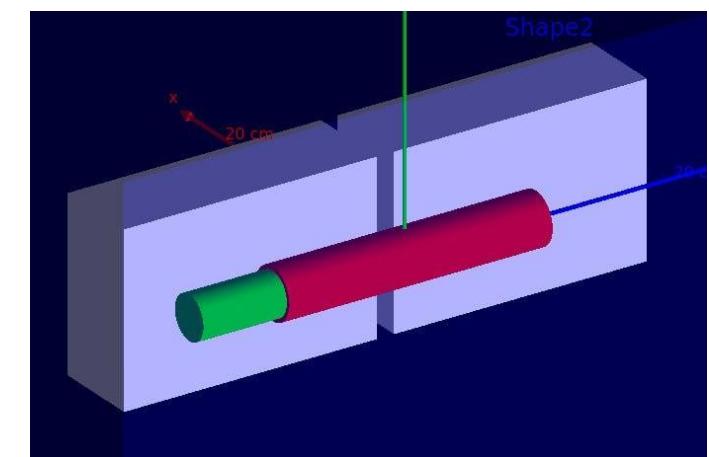
Дюралюминиевый корпус с отражателем



Геометрия эксперимента без коллиматора

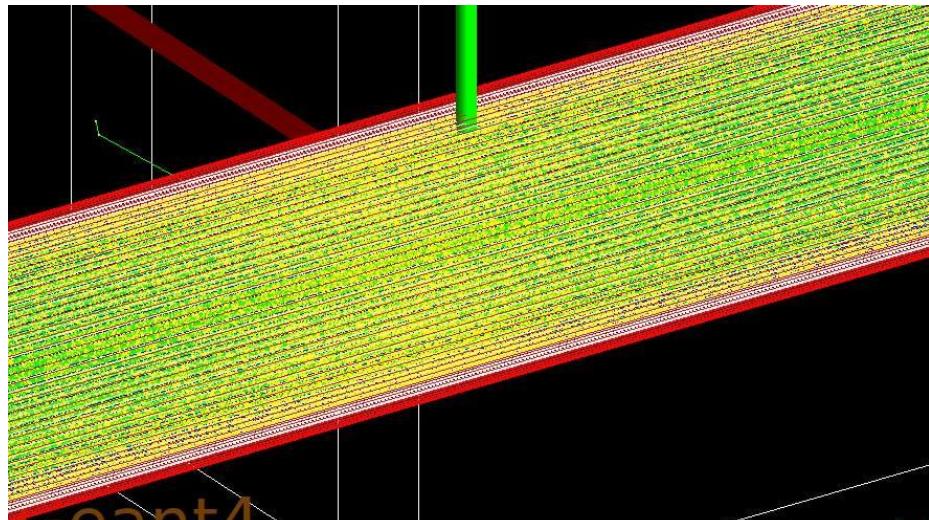


Геометрия модели детектора

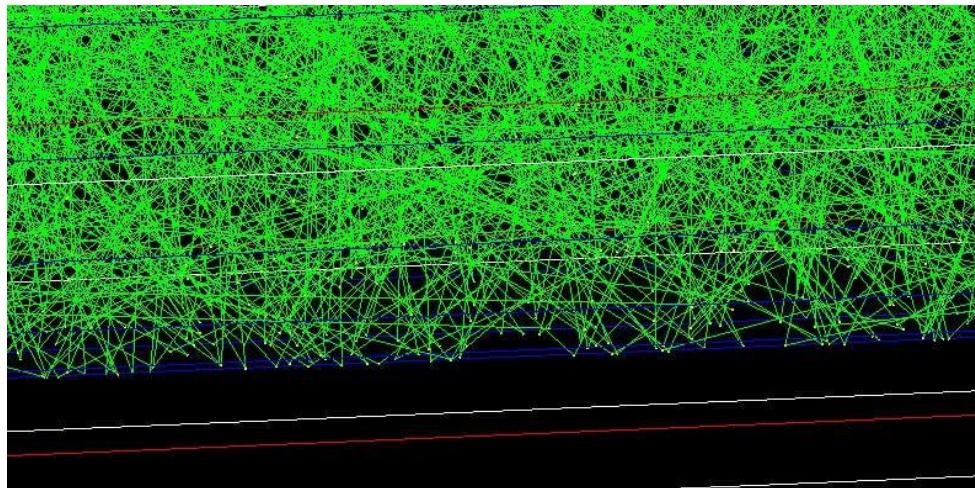


Геометрия эксперимента с коллиматором из Pb

Оптические свойства

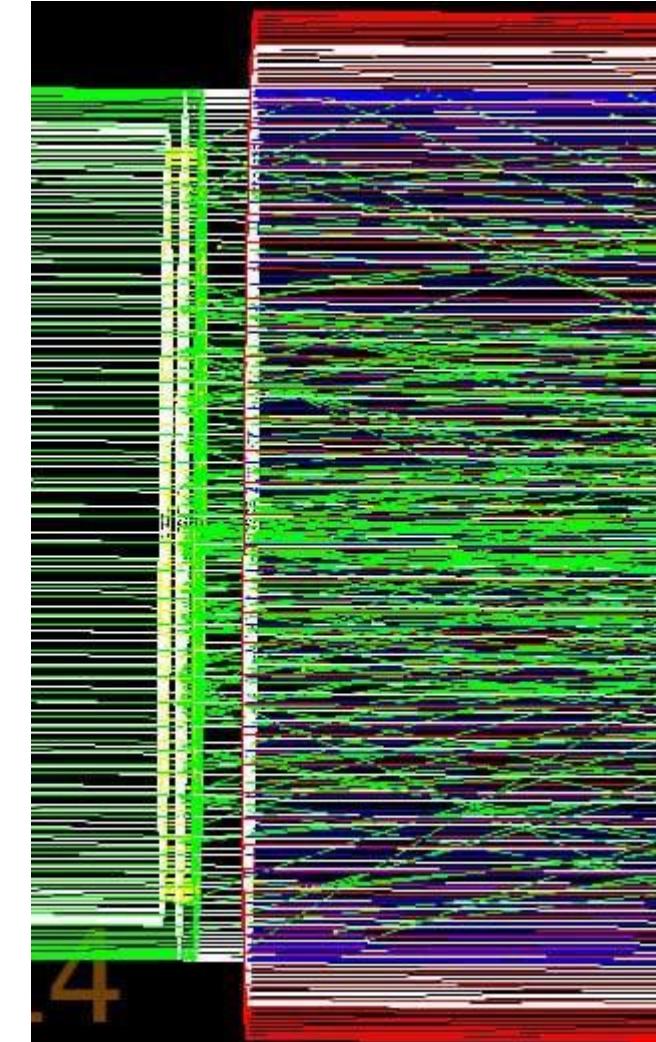


Сцинтилляция



Отражение

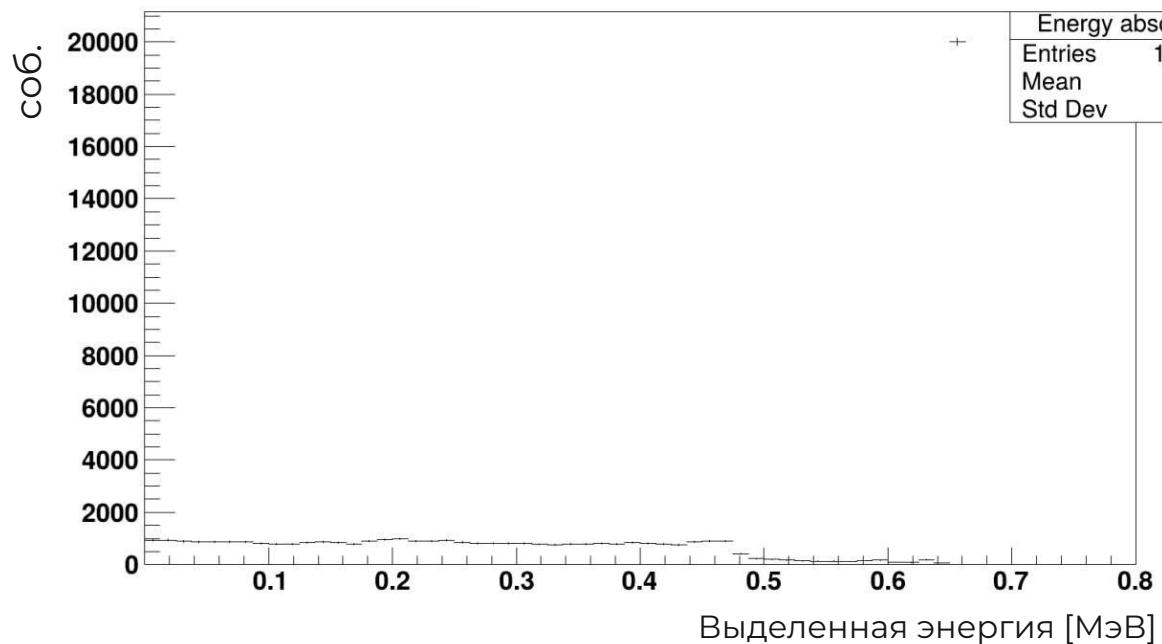
Источник: К40
1 Гамма-квант
Энергия 1461 кэВ



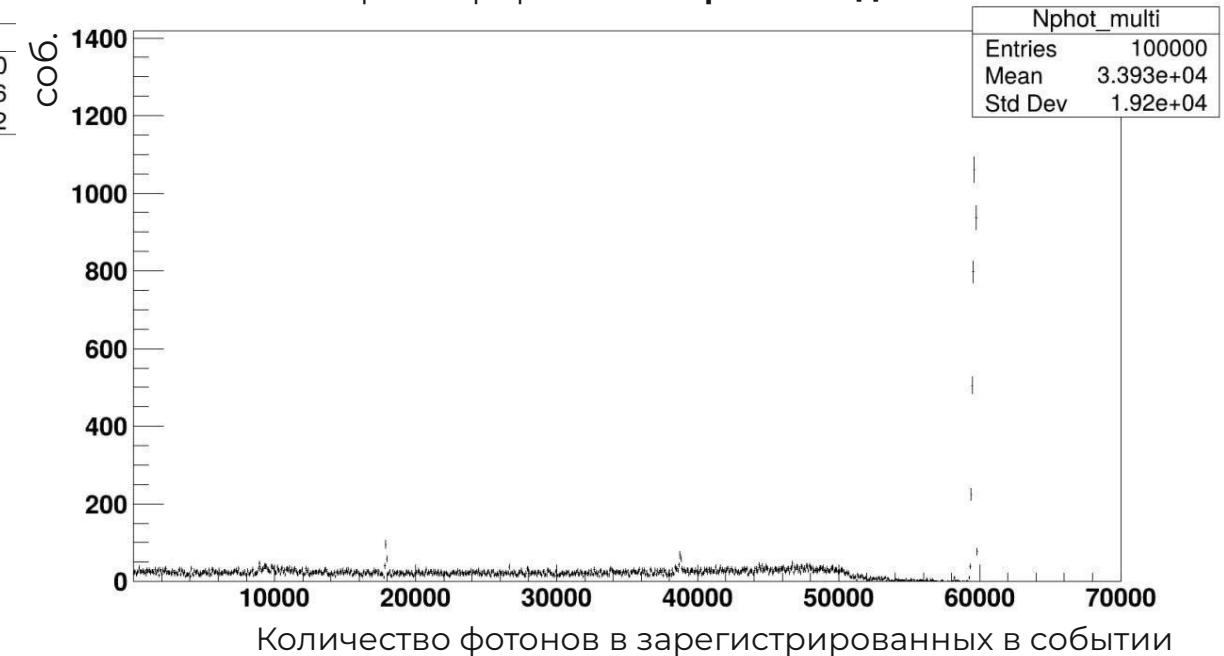
Прозрачность стекла/Поглощение фотонов
фотокатодом

Счетчики

Дифференциальный спектр энергии выделенной в
NaI(Tl) гамма квантам 662 кэВ

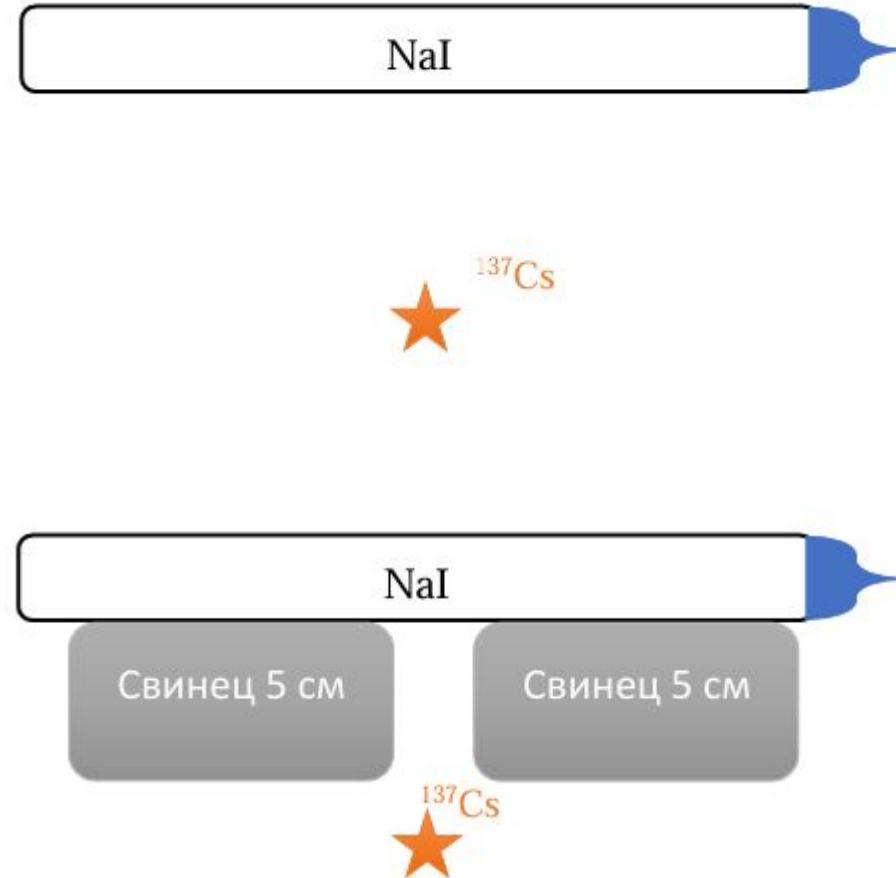
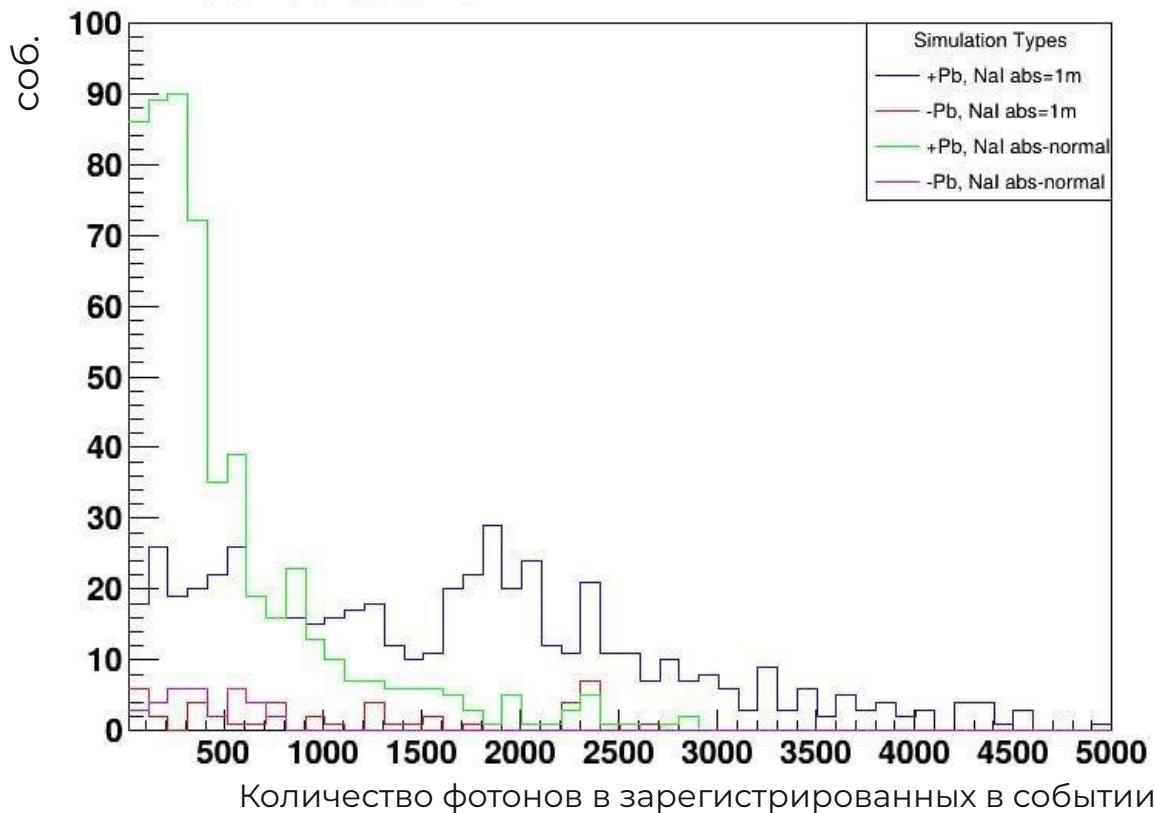


Дифференциальный фотонный спектр,
зарегистрированный **фотокатодом**



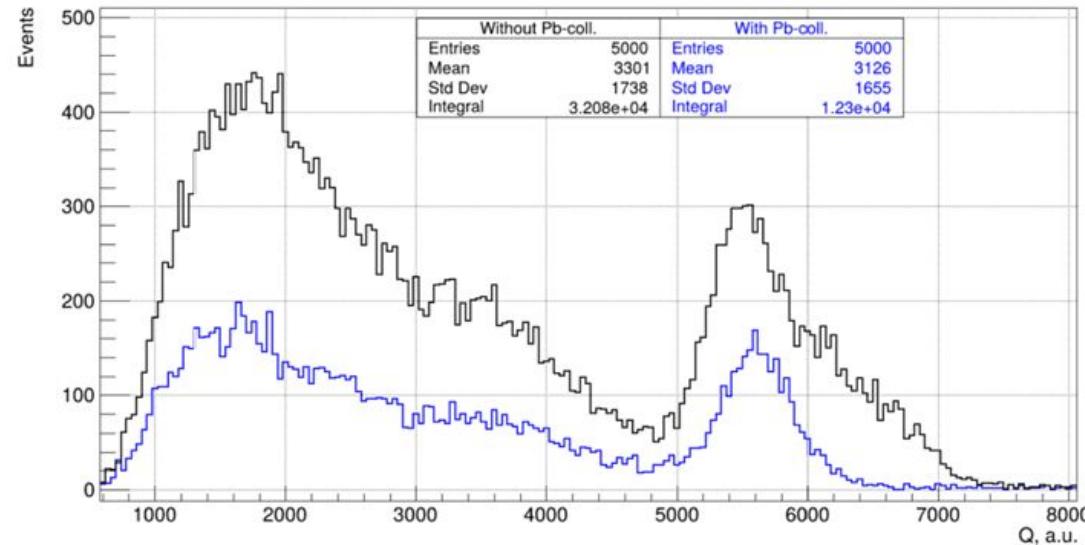
Подбор параметров сцинтиллятора

Дифференциальный фотонный спектр,
зарегистрированный **фотокатодом**

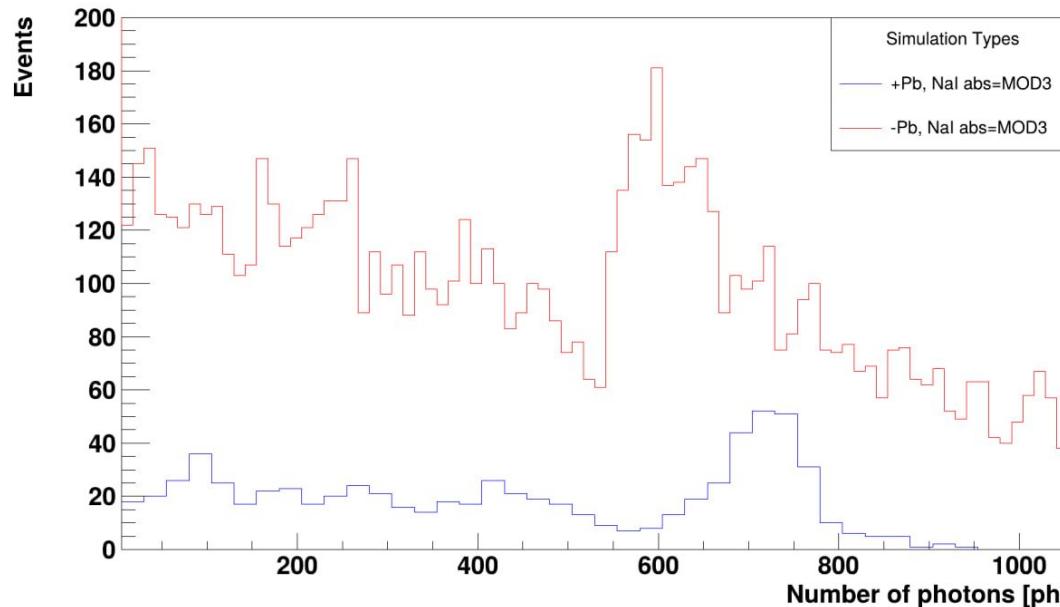


Влияние длины поглощения волны NaI(Tl) на результаты моделирования эксперимента

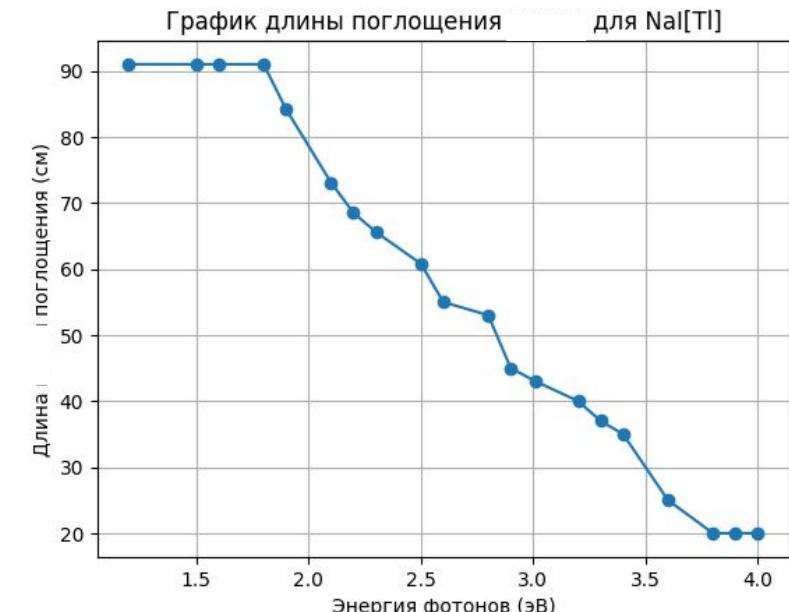
Сравнение расчетов модели с экспериментом



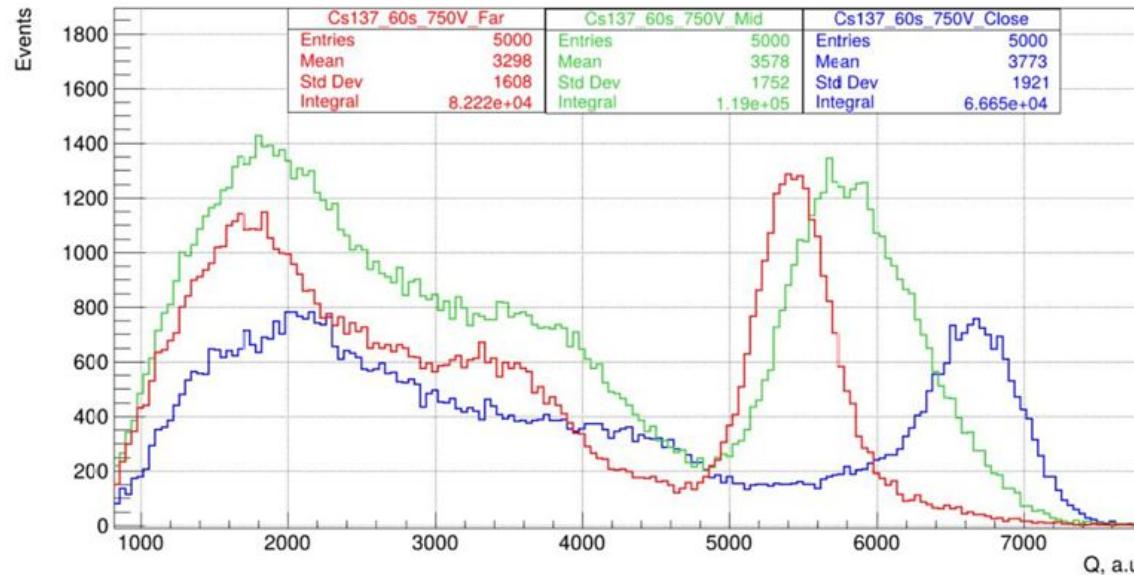
эксперимент



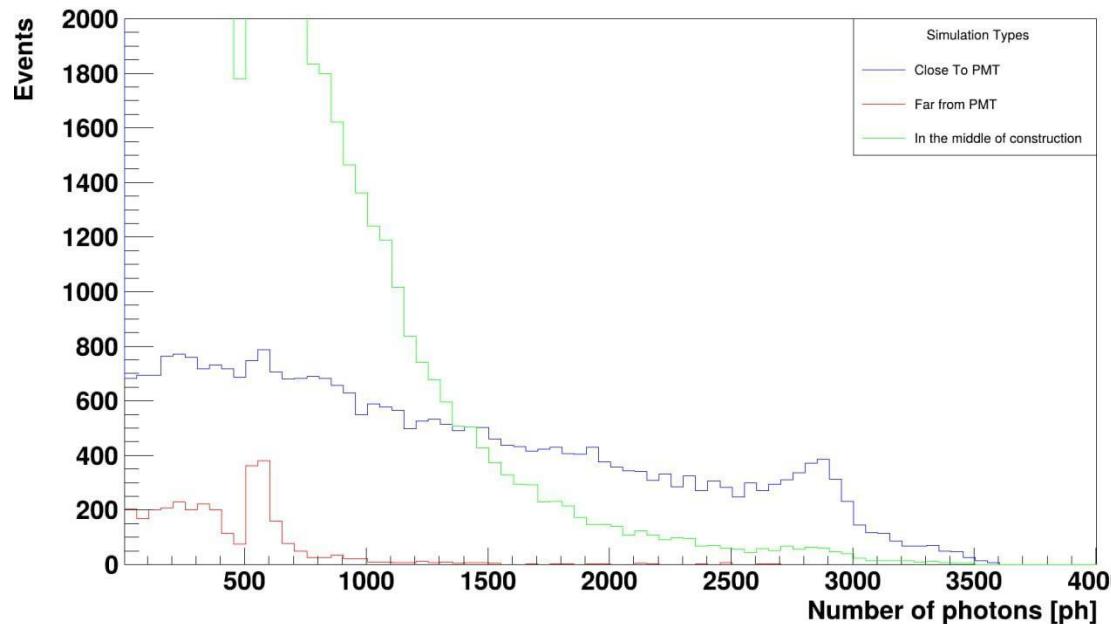
Geant4



Сравнение расчетов модели с экспериментом



эксперимент



Geant4

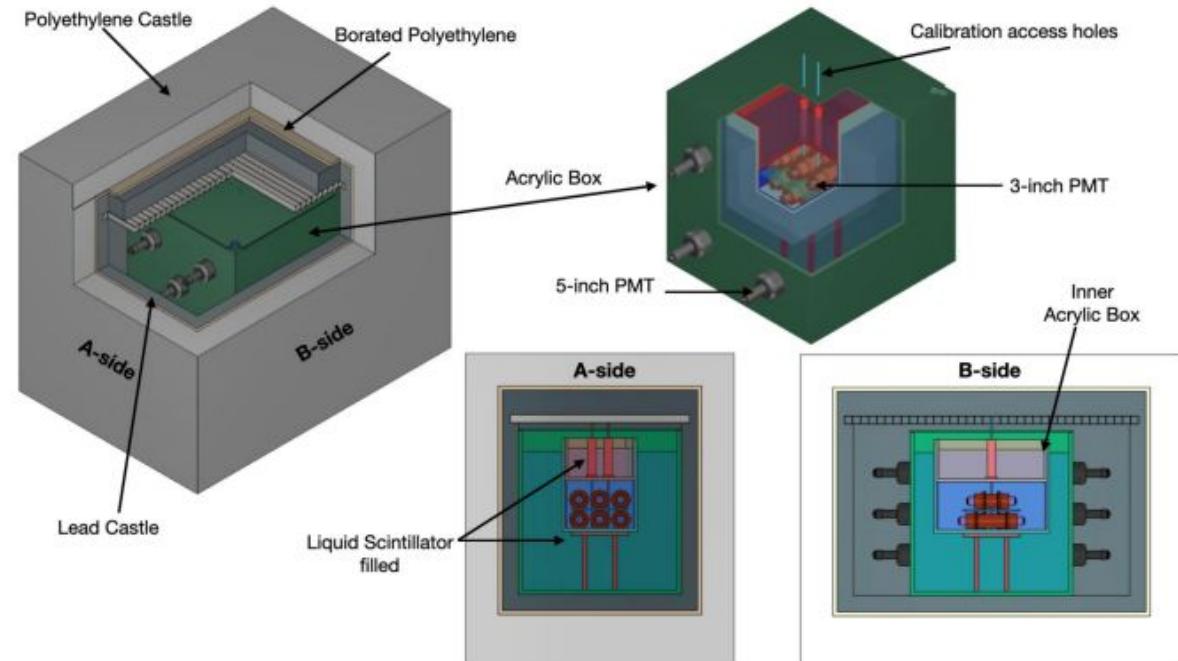
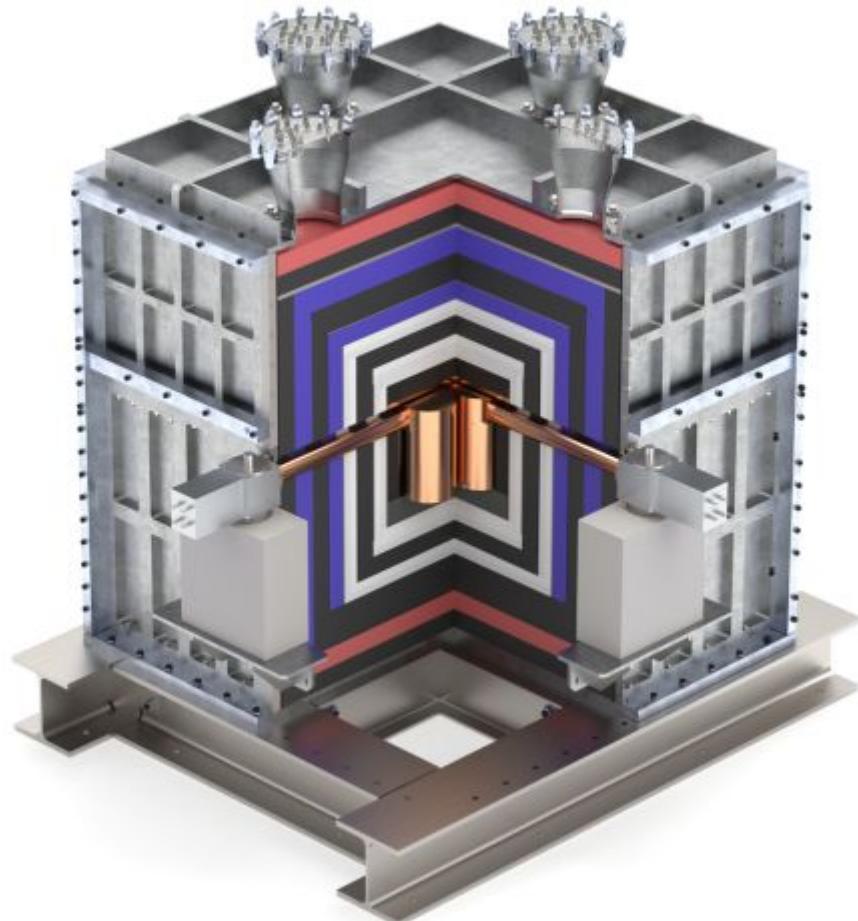


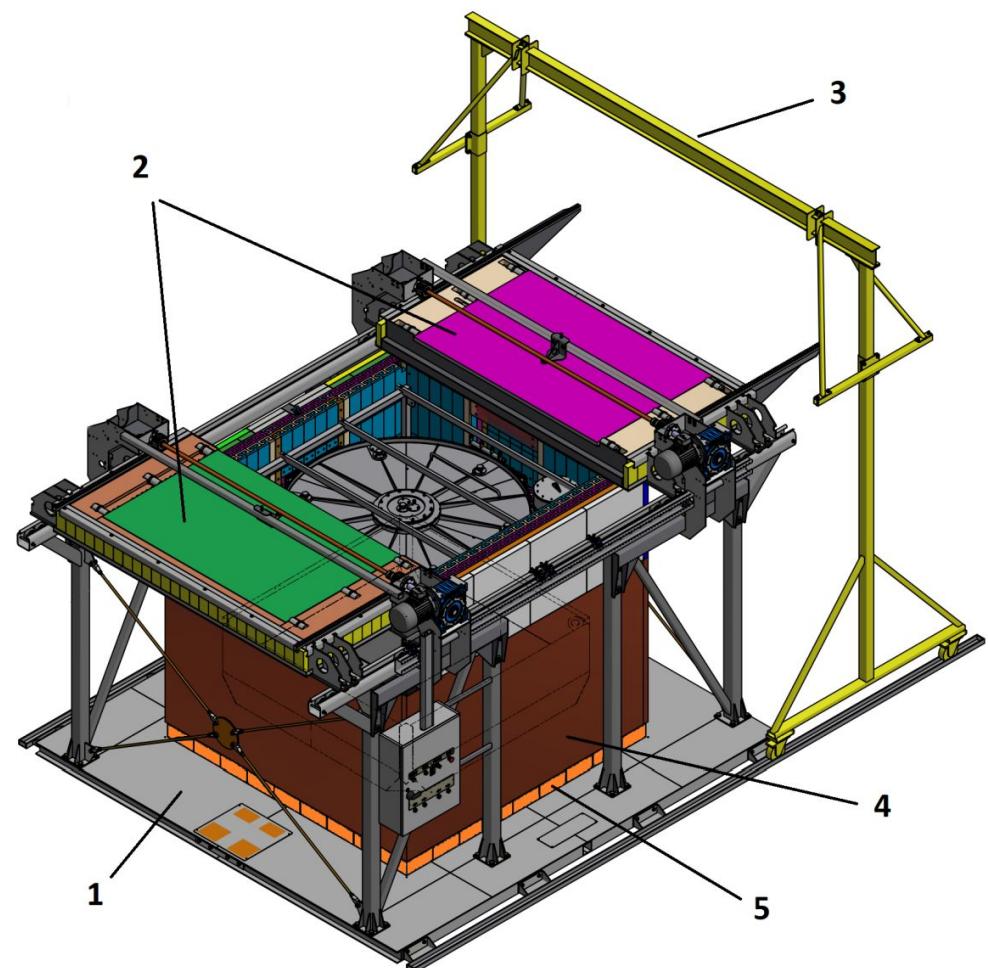
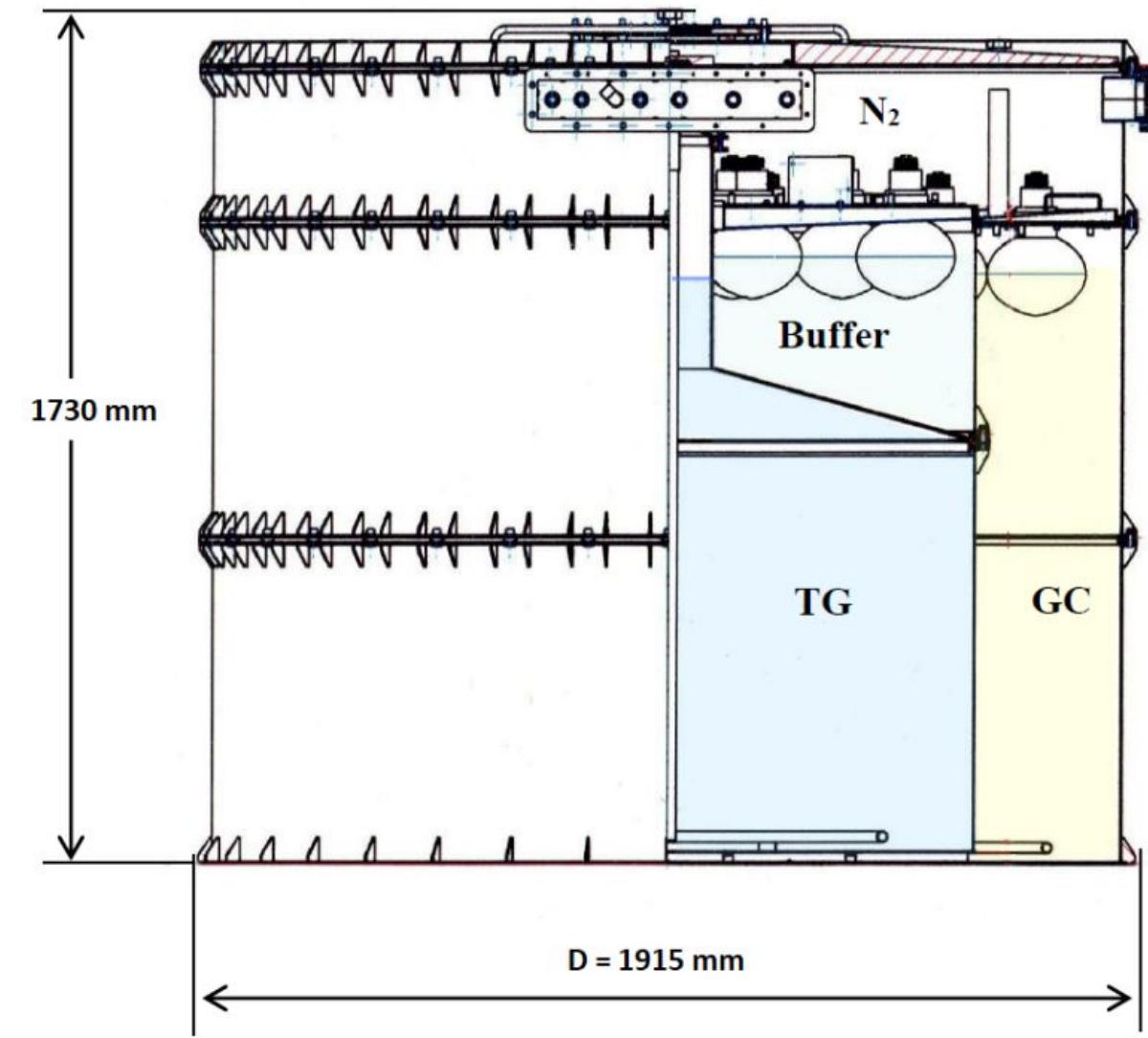
- Представлена конструкция детектора УКР реакторных антинейтрино;
- Создана рабочая модель эксперимента в Geant4, однако:
 - 1) Необходима финальная отладка модели;
 - 2) Требуется рассчитать спектры регистрируемые детектором от космического излучения и внутреннего загрязнения.

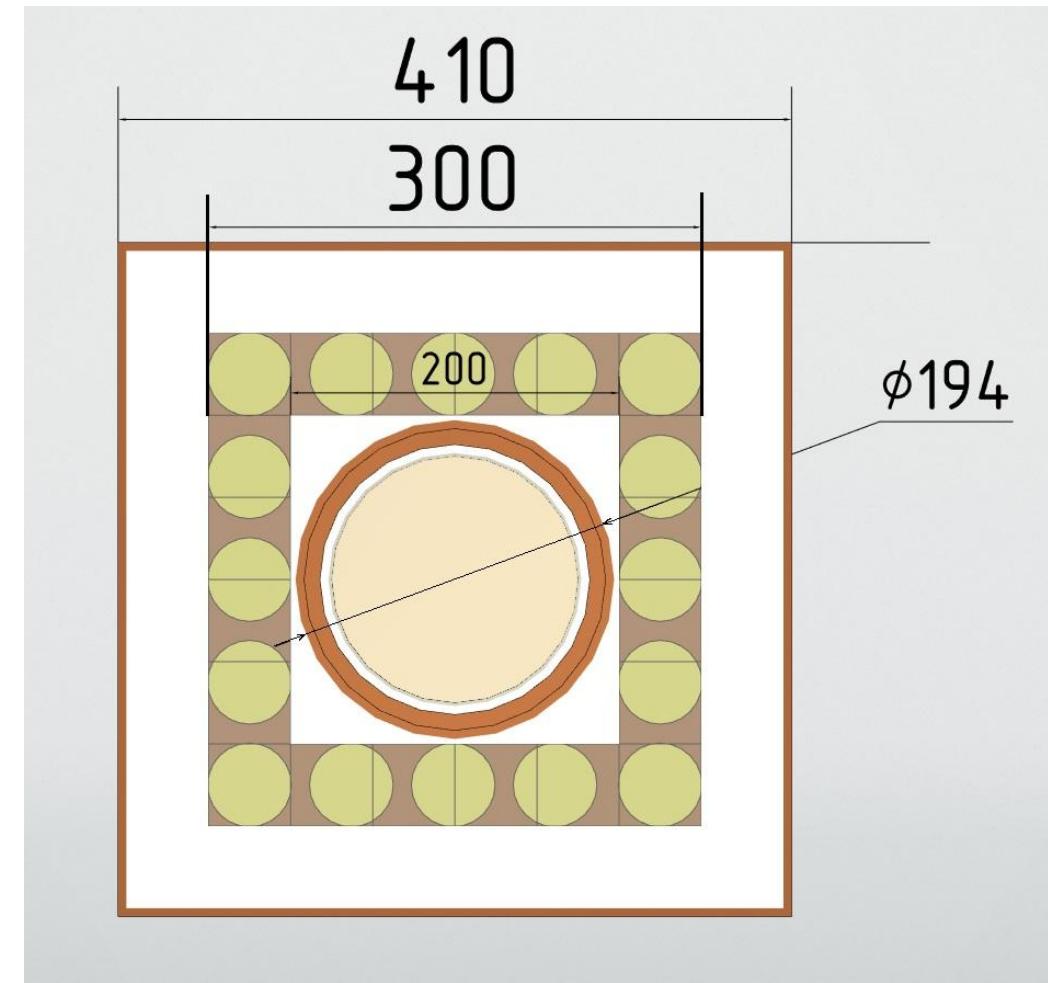
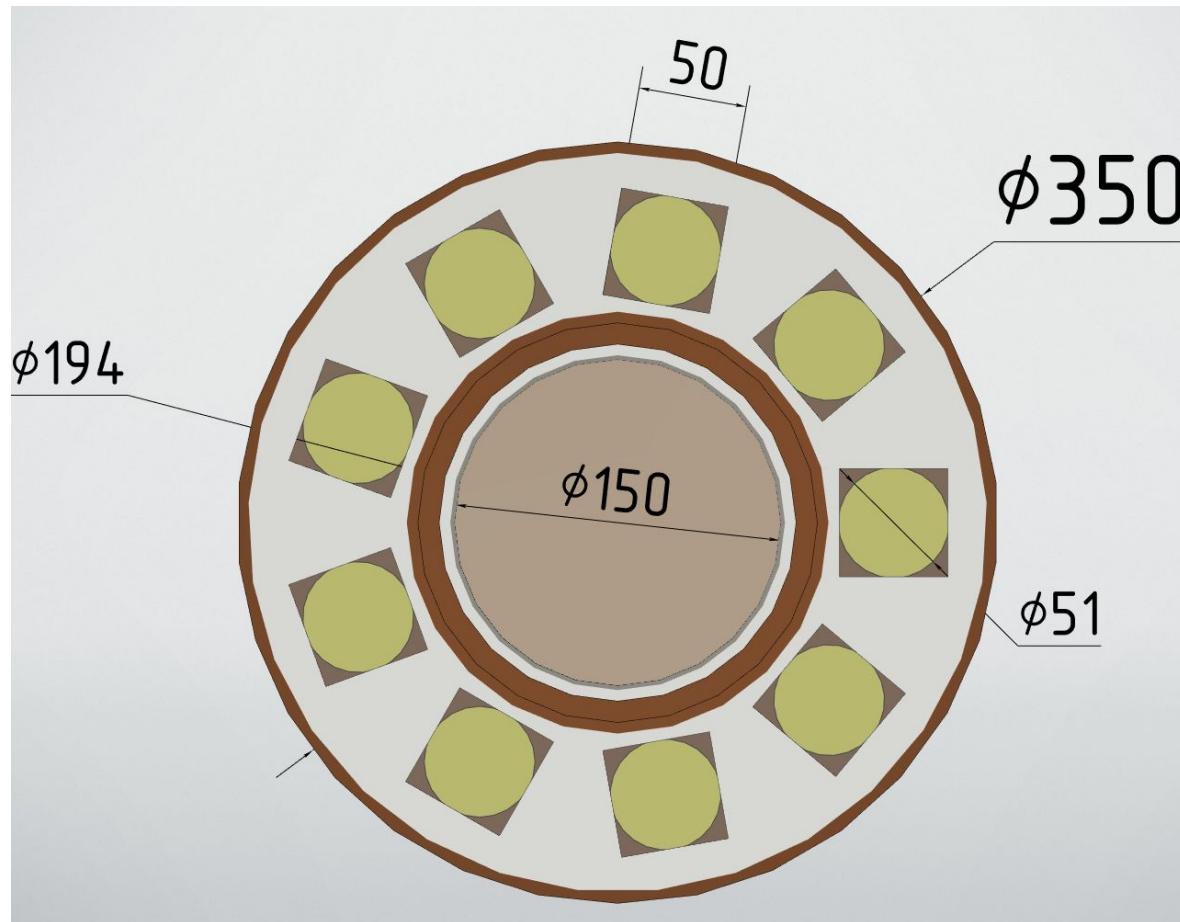


**Спасибо за
внимание!**

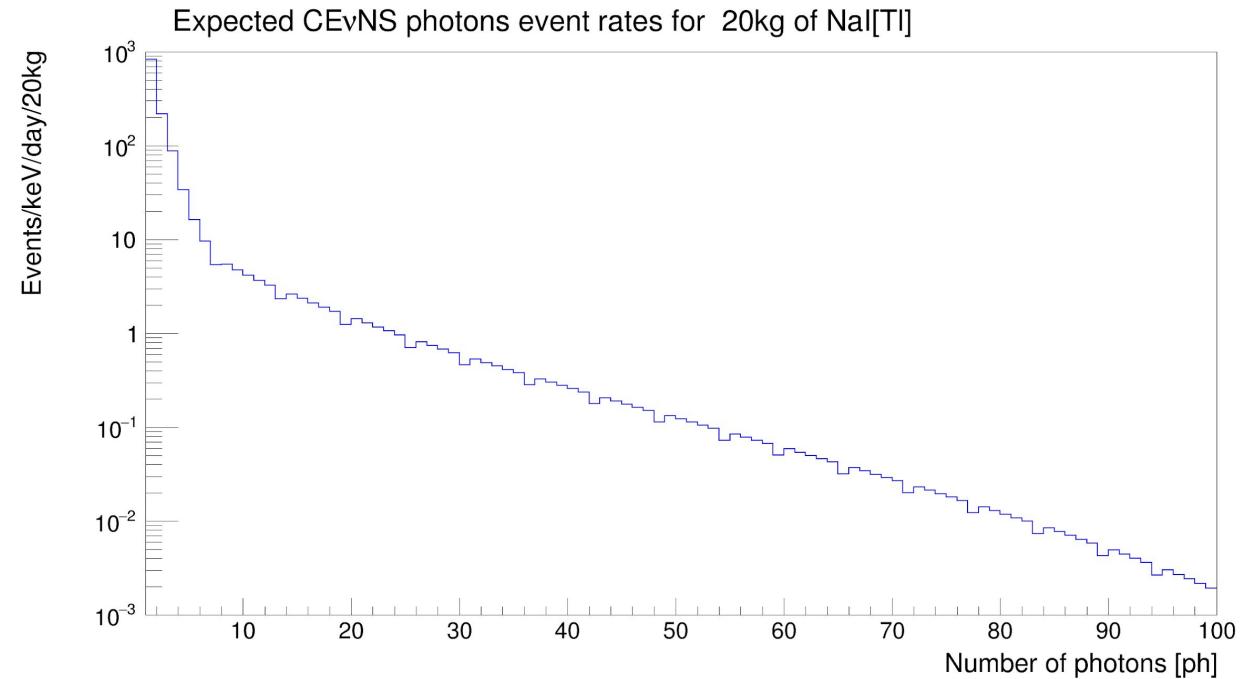
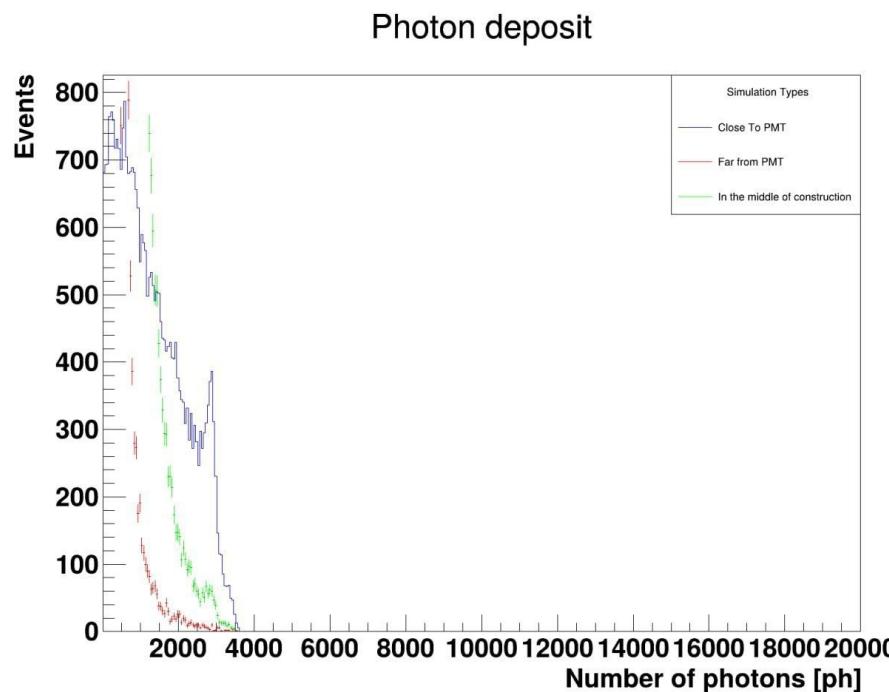
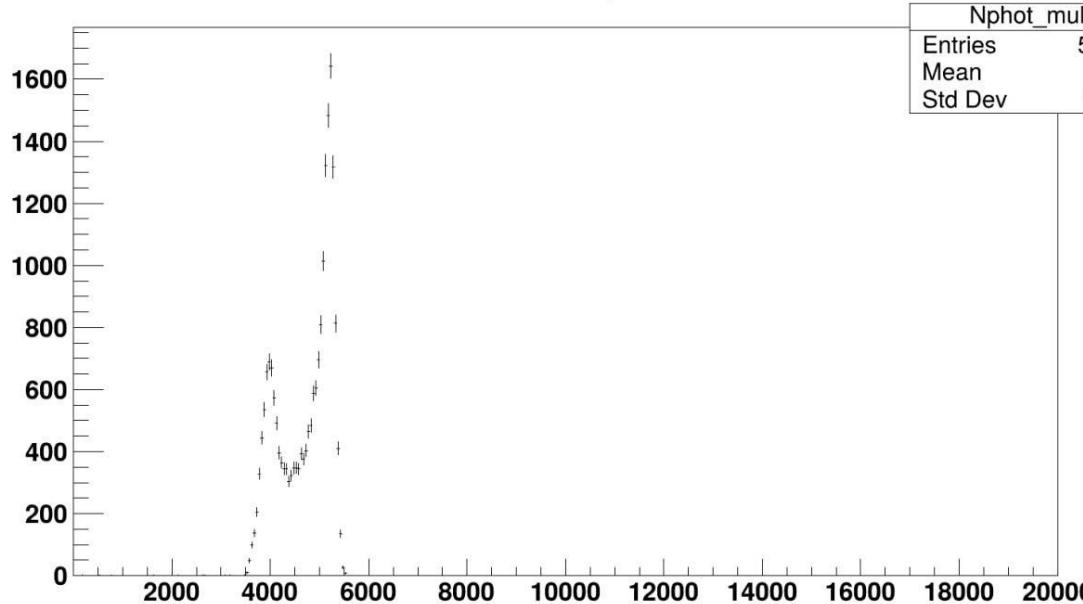




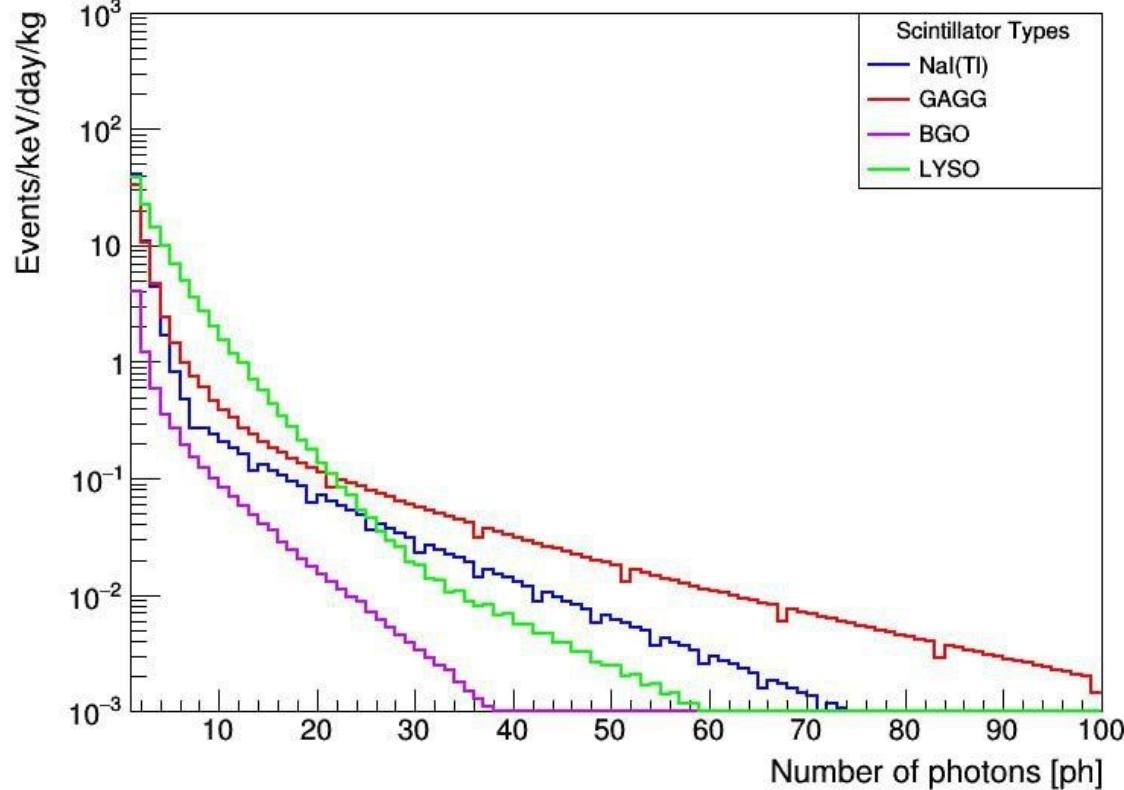




Photon deposit



Expected CEvNS photons event rates for different scintillators



Expected CEvNS integral rates for different scintillators

