

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

ИЗУЧЕНИЕ ФОНОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТЕКТОРА РЕАКТОРНЫХ
АНТИНЕЙТРИНО IDREAM В УСЛОВИЯХ
3-ГО ЭНЕРГОБЛОКА КАЛИНИНСКОЙ АЭС

Подготовил

Студент группы М20-115

Растимешин А.А.

Руководитель НИРС:

к.ф.- м.н. Е.А. Литвинович

Москва 2021

Постановка задачи

- Лабораторией физики нейтрино НИЦ КИ разрабатывается детектор реакторных антинейтрино iDREAM. В настоящее время детектор отправлен и ведёт набор данных на Калининской АЭС.
- На АЭС детектор получил дополнительную защиту от космического излучения, а также защиту от гамма- и нейтронного излучений. Для оценки вклада этой защиты в подавление фона необходимо провести анализ энергетического спектра iDREAM и измерить скорость счета с различных энергетических порогов
- Анализ фоновых событий можно применить также и для получения данных о состоянии мишени детектора. Последние исследования указывают на то, что гадолиний, находящийся в мишени, распределен по ней неравномерно или же добавлен в недостаточной концентрации.
- Для проверки этого предположения необходимо измерить время жизни¹ нейтронов, рождающихся в мишени после прохождения через неё космических мюонов, в гадолиниевом сцинтилляторе

¹Здесь и далее под временем жизни нейтрона подразумевается время до захвата нейтрона ядром

Применение антинейтринного излучения от ядерного реактора.

Какие задачи можно решать с помощью антинейтринного излучения?

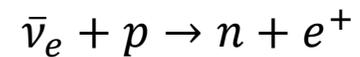
1. Выявление несанкционированных режимов работы реактора, в т.ч. наработку оружейного плутония
2. Дистанционный контроль энерговыработки реакторов
3. Мониторинг отработавшего ядерного топлива



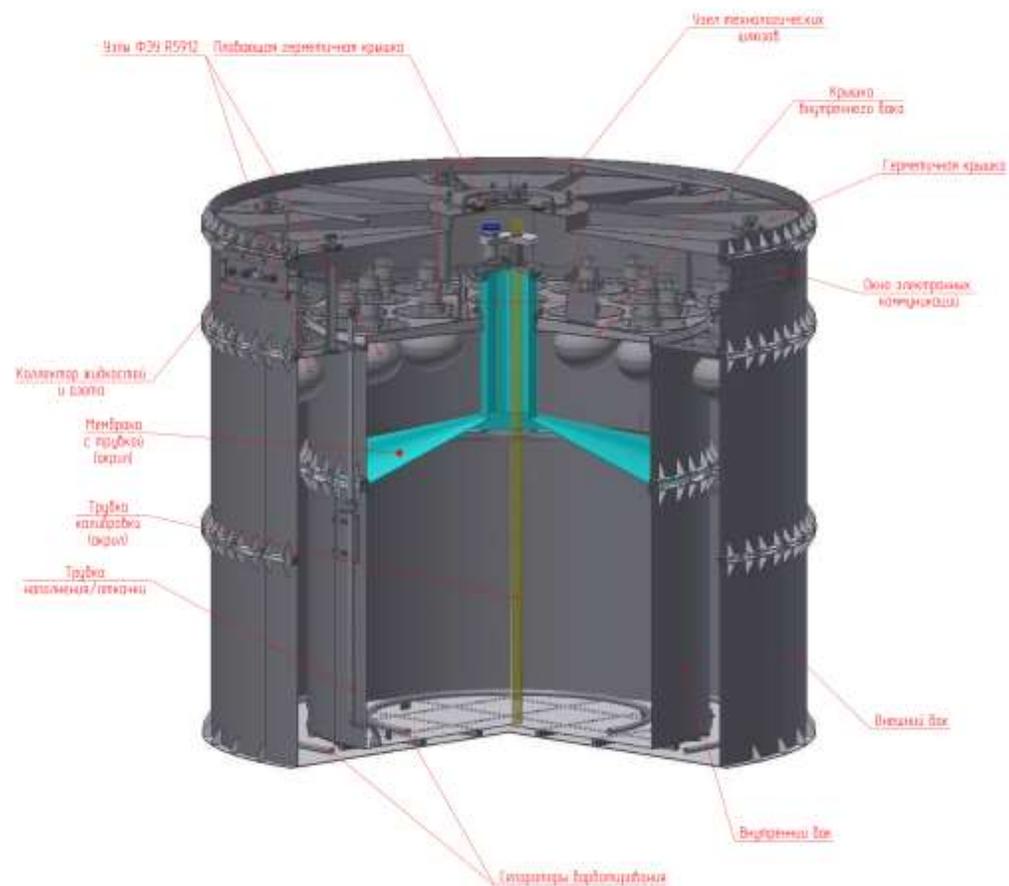
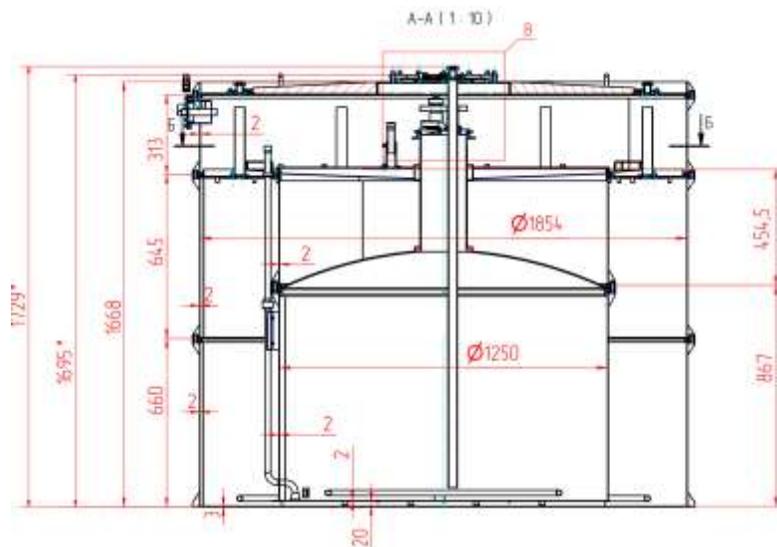
Реакция обратного бета-распада

При регистрации антинейтрино используется метод задержанных совпадений: сначала регистрируется позитрон, после чего регистрируется нейтрон. По энергии позитрона восстанавливается энергия антинейтрино, регистрация нейтрона служит подтверждением того, что произошёл обратный бета-распад.

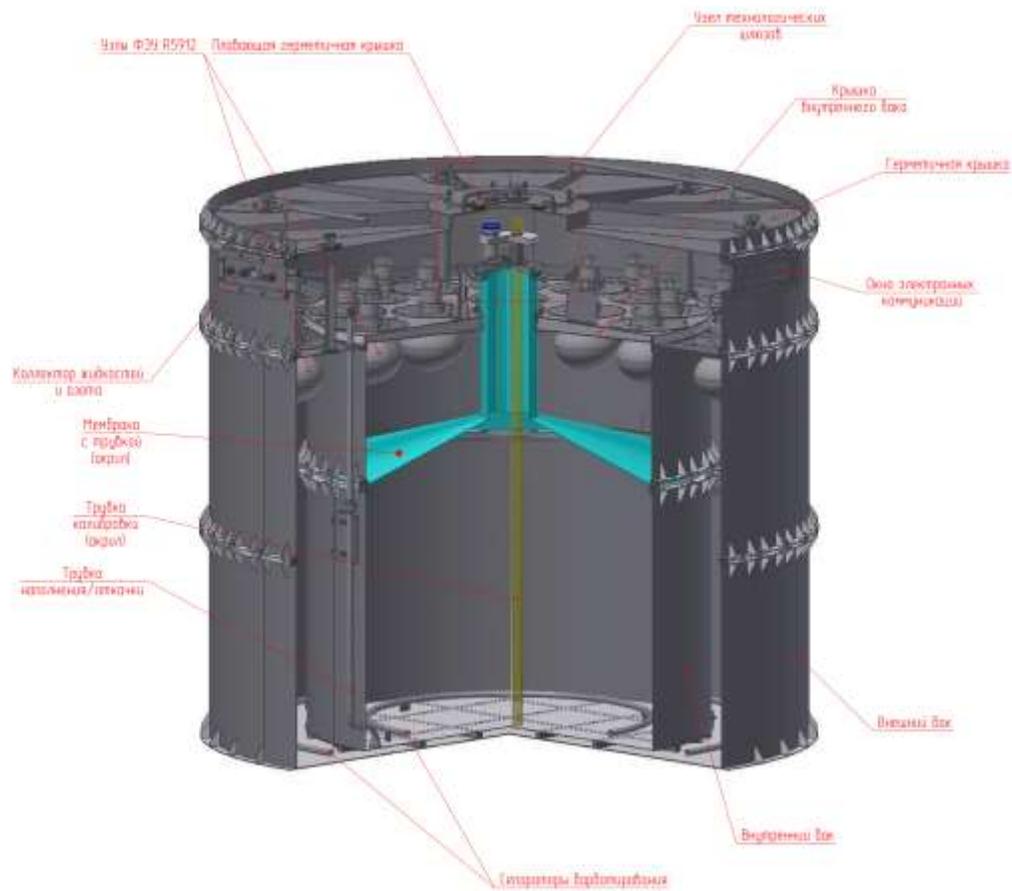
Устройство детектора iDREAM



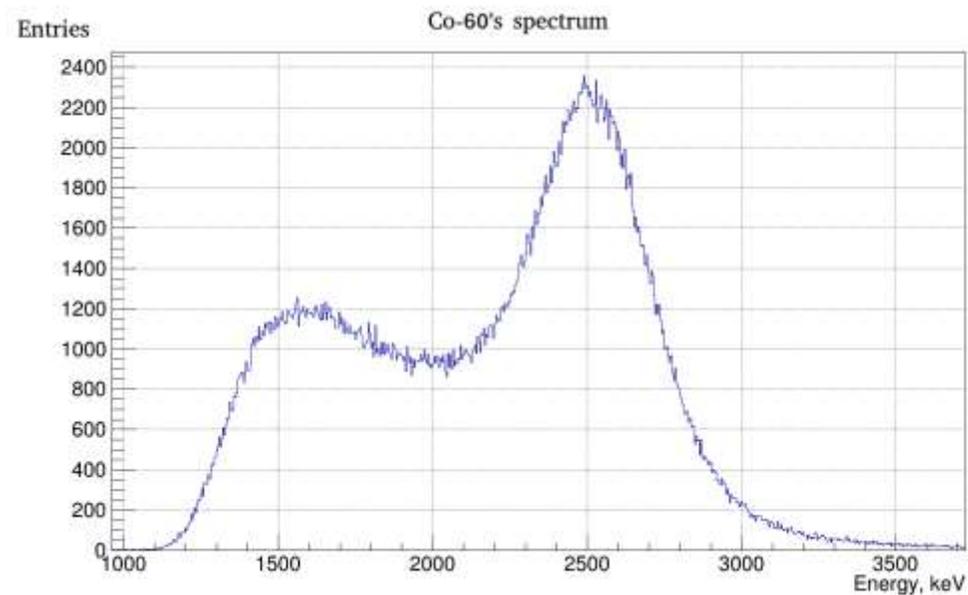
Мишень – линейный алкилбензол + PPO +
+ bis-MSB + гадолиний



Проведение измерений

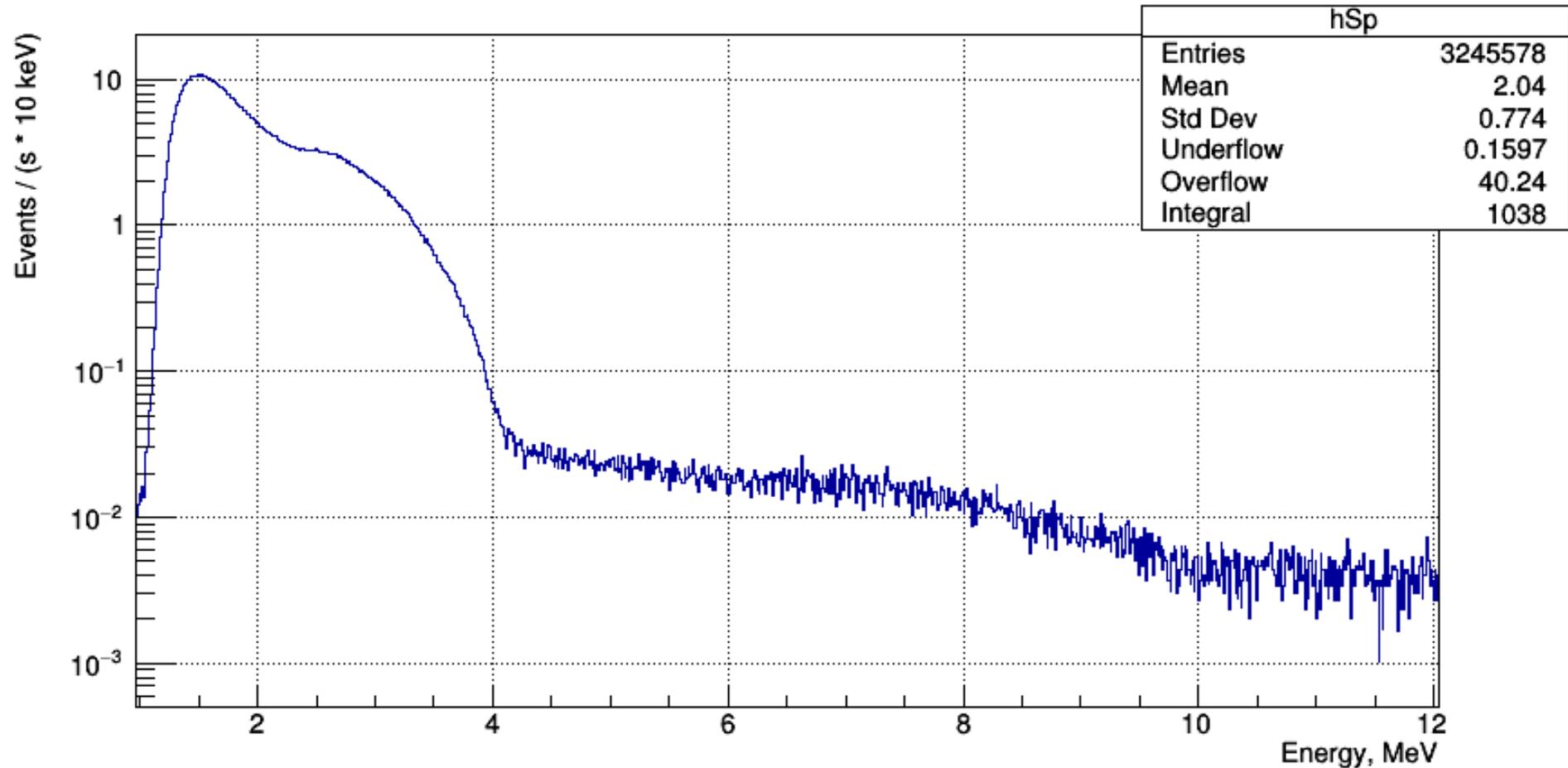


Источник гамма-квантов:
 ^{60}Co ($E_\gamma = 1173$ и 1332 кэВ)



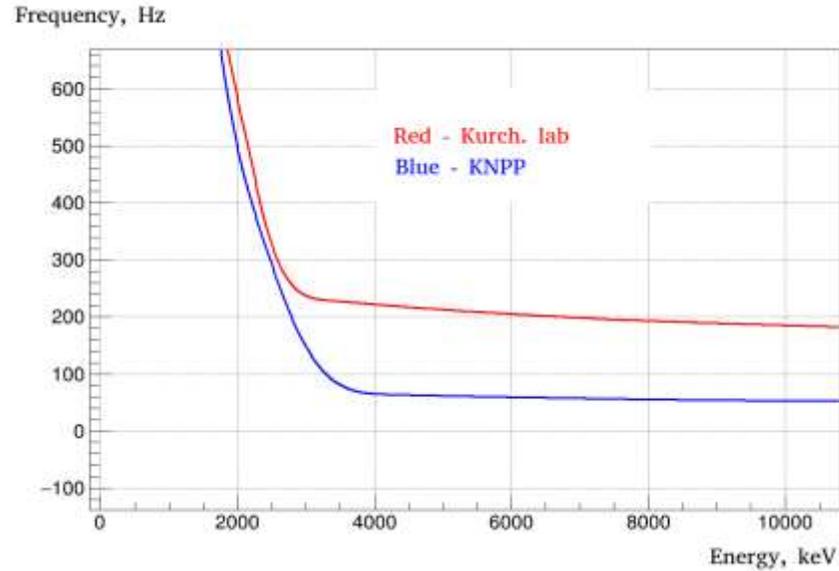
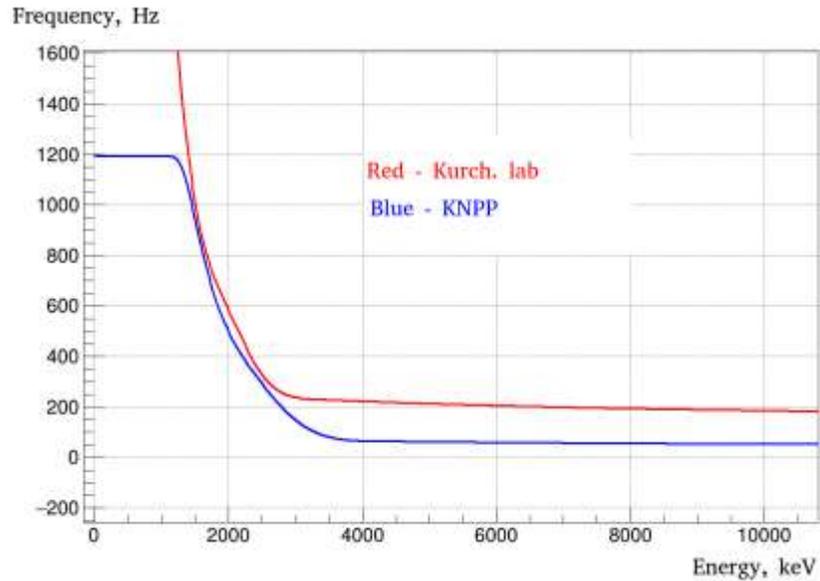
Энергетический спектр ^{60}Co

Исследование скорости счета детектора

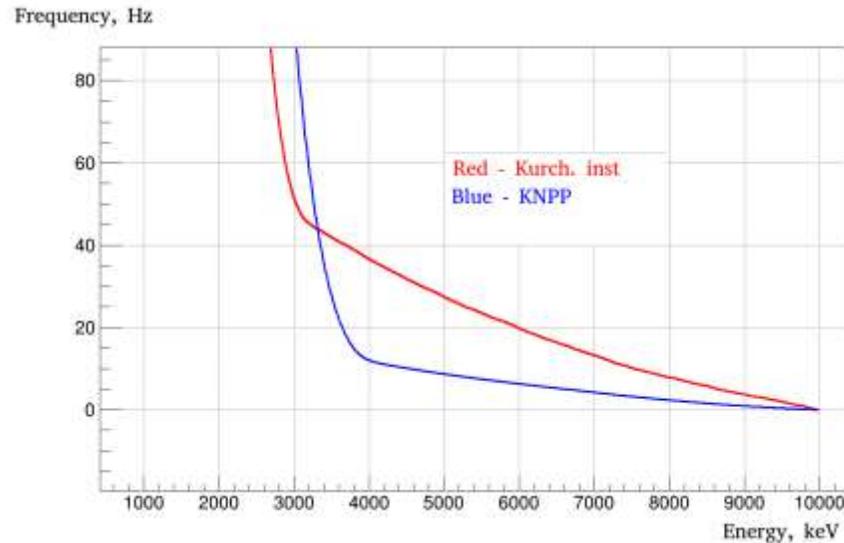
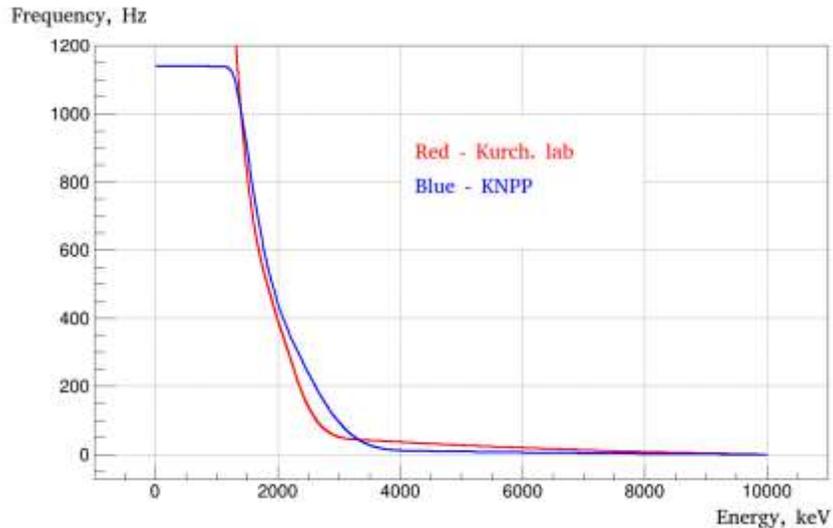


Энергетический спектр фона

Исследование скорости счета детектора



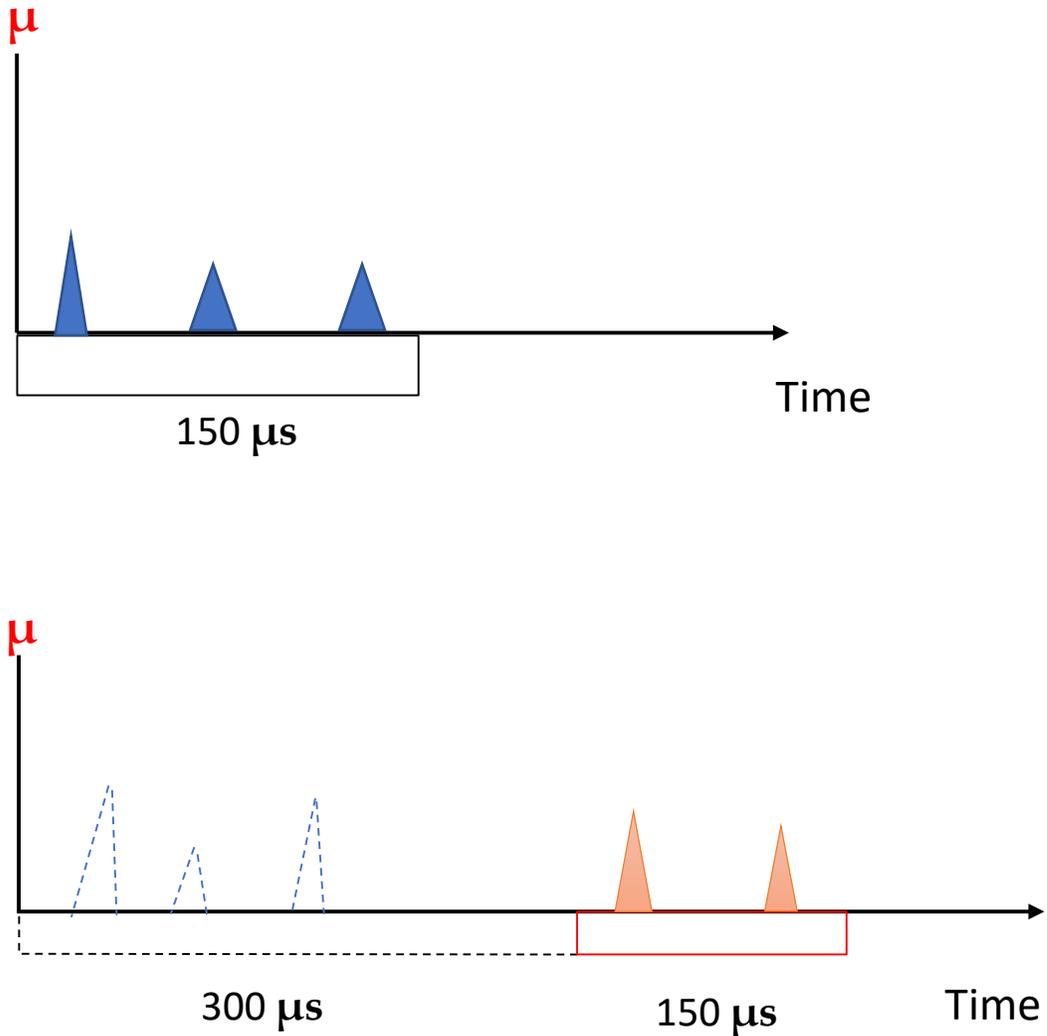
- Скорость счета ~ 0.5 кГц на пороге 2 МэВ.
- Подавление мюонного потока в 3 раза



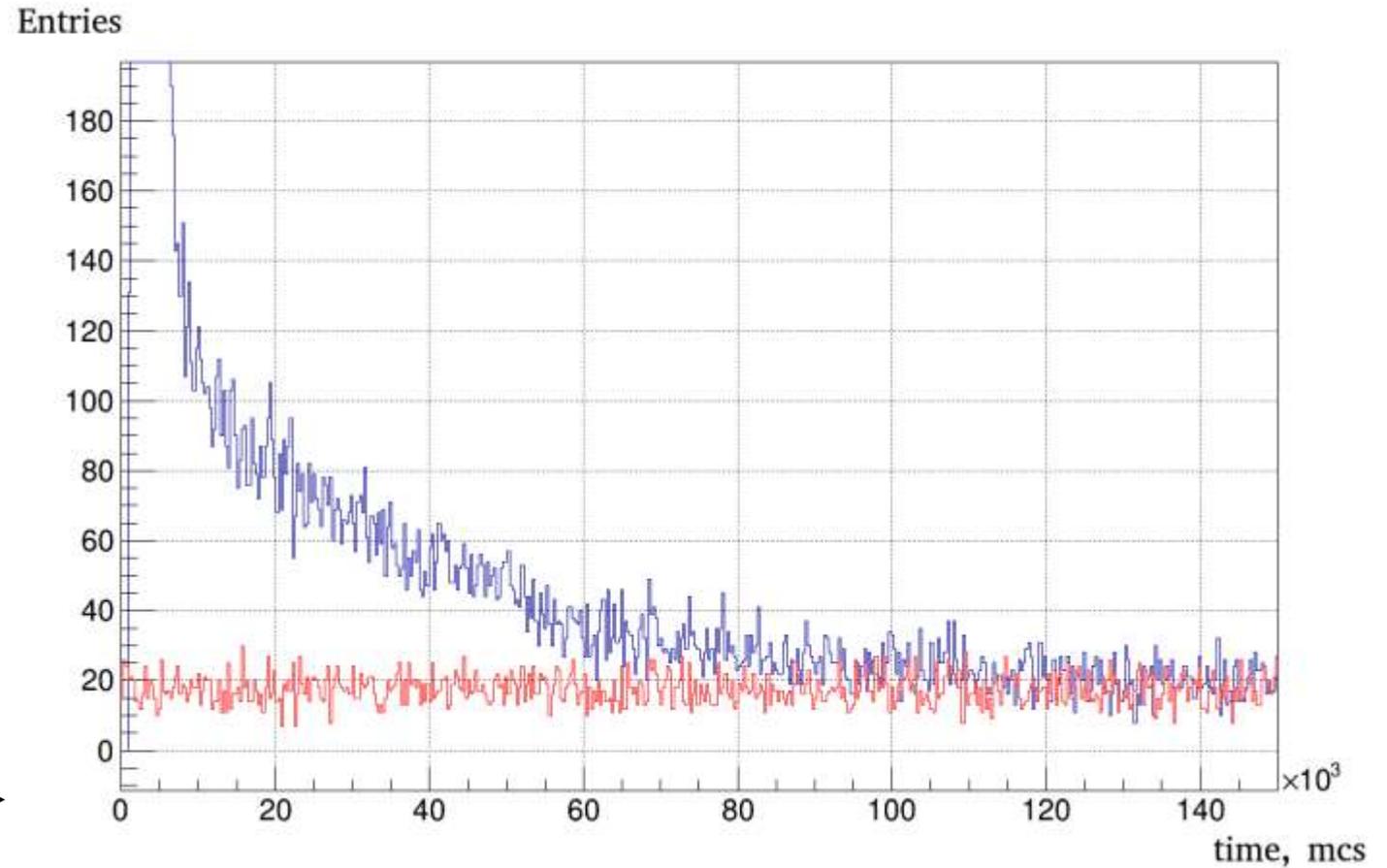
В области энергий до 10 МэВ:

- Прирост интенсивность фона в области до 3.4 МэВ
- Подавление фона в области от 3.6 МэВ \sim в 3 раза

Измерение времени жизни космогенных нейтронов

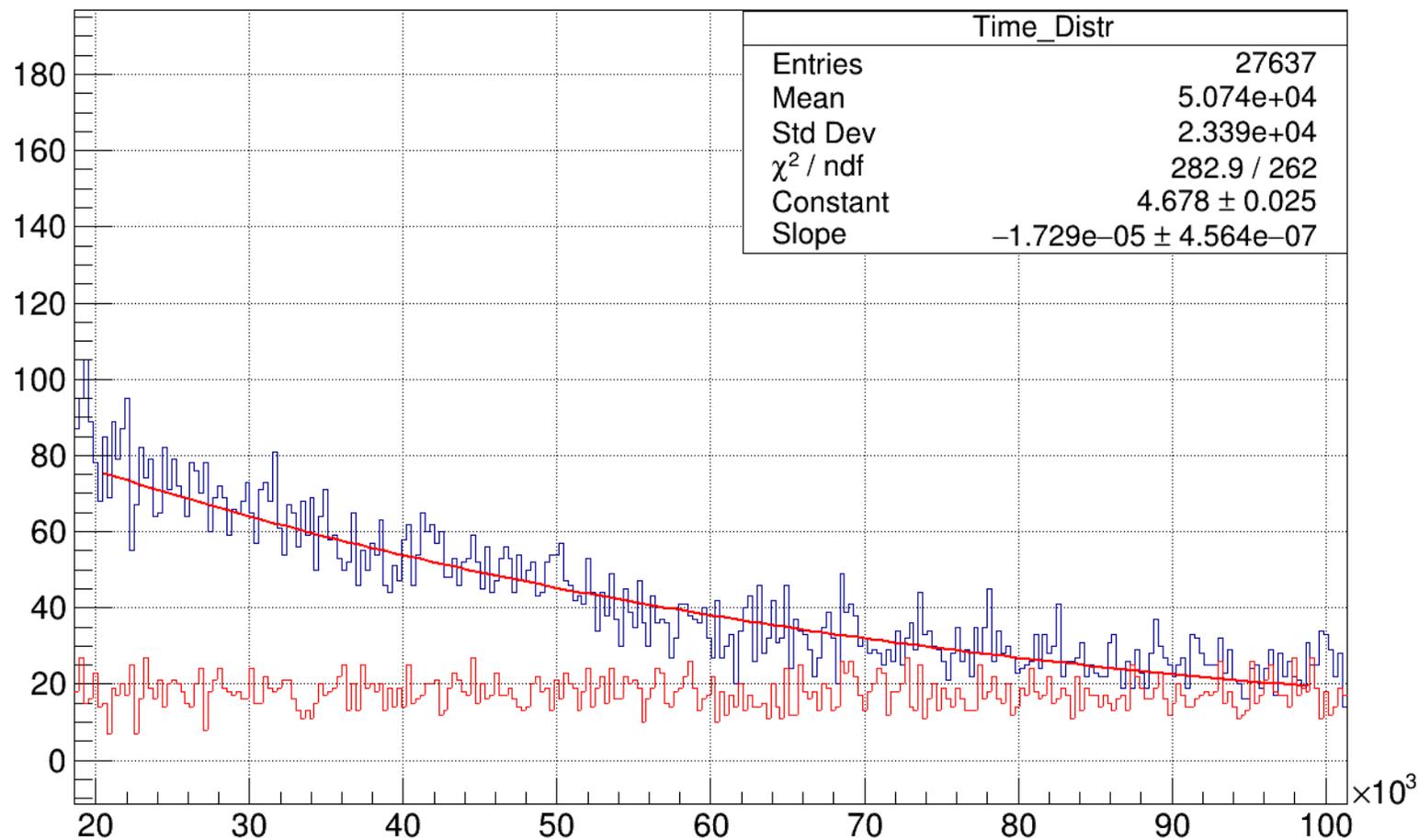


Отбор нейтронных (верх) и случайных событий (низ)



Распределение времени задержки регистрации событий в послемюонном окне (синий) и распределение времени задержки случайных событий в окне с отступом в 300 мкс (красный)

Измерение времени жизни космогенных нейтронов



$$T_{\text{life}} = (57.8 \pm 1.5) \text{ мкс}$$

(почти в два раза больше
ожидаемых 30 мкс)

Результат фитирования распределения времени задержки
регистрации событий в послемюонном окне

Заключение

- Получена зависимость скорости счета детектора от пороговой энергии регистрируемых событий. Показано, что конструкция атомного энергоблока подавляет мюонный фон в 3 раза, защита детектора в области энергий событий от 3.6 МэВ до 10 МэВ подавляет фон в среднем в 3 раза.
- Вместе с тем наблюдается повышение фона на энергиях меньше 3.4 МэВ, что может свидетельствовать о повышенном фоне на КАЭС по сравнению с лабораторией НИЦ КИ.
- С помощью фонового мюонного излучения проведена проверка состояния гадолиниевой добавки в мишени. Измерено время жизни космогенных нейтронов в сцинтилляторе IDREAM, которое составило: $T_{\text{life}} = (57.8 \pm 1.5)$ мкс.
- Данный результат может говорить о том, что концентрация гадолиниевого сцинтиллятора меньше предполагаемой (1 г/л) либо гадолиний неравномерно распределен по мишени.
- В дальнейшем будет проведена проверка состояния гадолиния с помощью источника нейтронов ^{252}Cf