



РФЯЦ-ВНИИТФ
РОСАТОМ



«Нейтроника-2024»

Двухпараметрическая система измерений в ядерно-физических экспериментах

Миргородских К.С., Намаконов В.В.
ФГУП РФЯЦ ВНИИТФ

Актуальность и цели



Двухпараметрическая система (ДПС) позволяет:

- Получать амплитудные распределения во всём временном диапазоне;
- Рассматривать амплитудные спектры в соответствующих временных областях.

Цели измерений:

- Измерение временного разрешения;
- Измерение спектров совпадения (E_1 , E_2);
- Получение двухпараметрических амплитудных спектров (E , T).

Применение:

- Расширение существующей экспериментальной базы отдела;

Аппаратура ДПС



Рисунок 2 – Анализатор Caen Hexagon

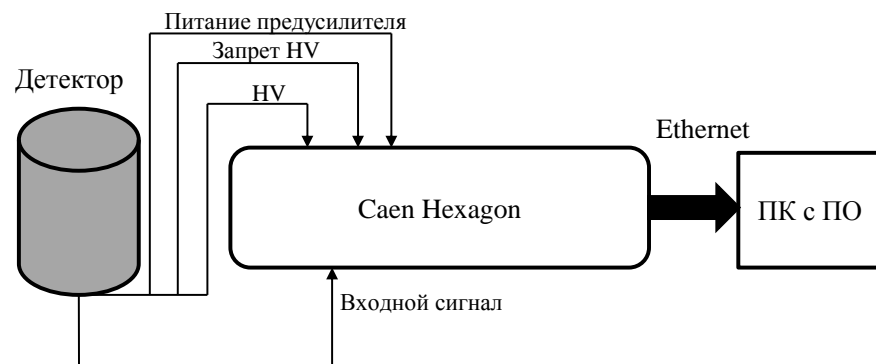


Рисунок 3 – Типовой Спектрометрический тракт

Характеристики:

- Частота флэш АЦП: 100 МГц;
- Минимальное временное разрешение: 10 нс;
- Число каналов: 32к;
- 2 настраиваемых входа.

Программное обеспечение МС2



РФЯЦ-ВНИИФ
РОСАТОМ

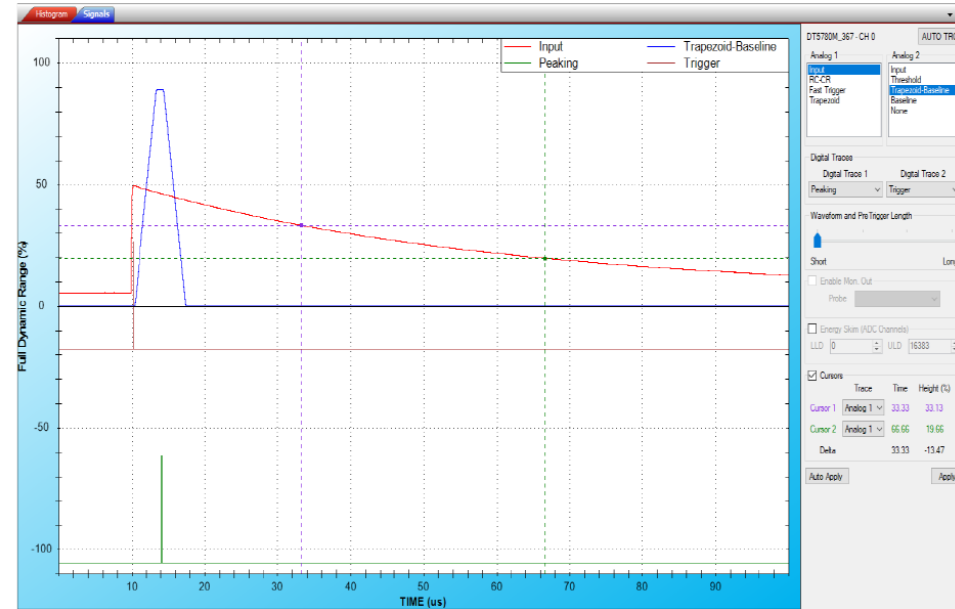
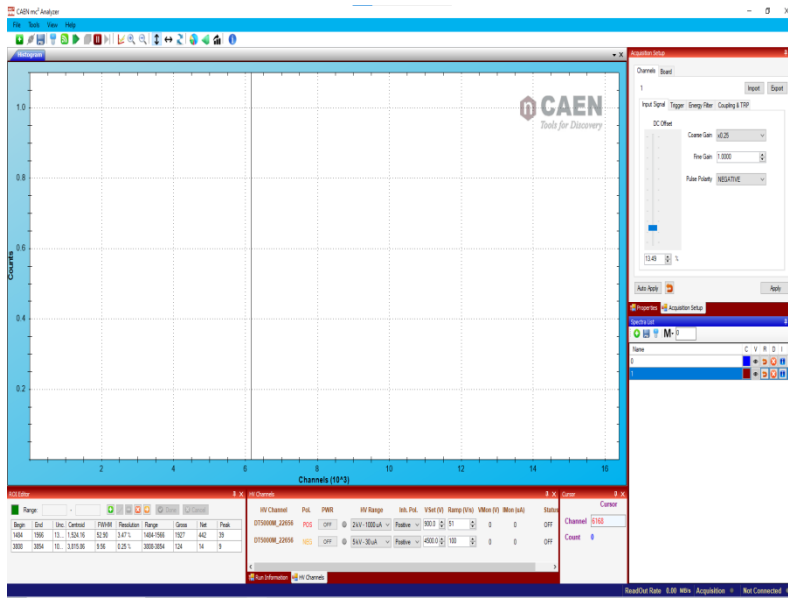


Рисунок 4 – Интерфейс программы МС2

Программное обеспечение МС2

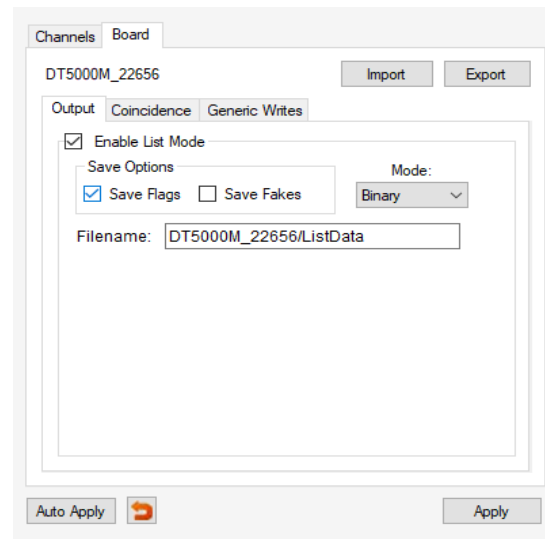
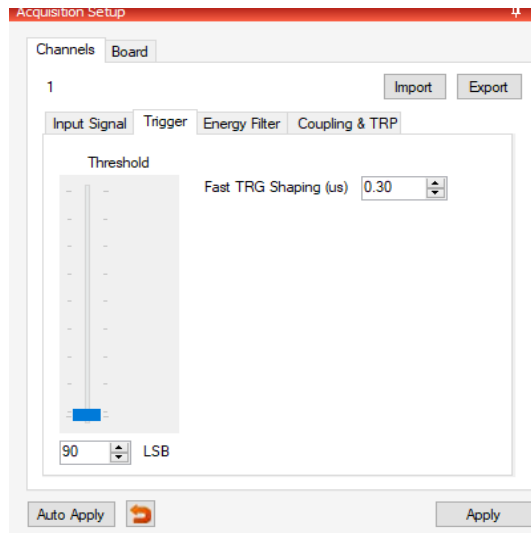
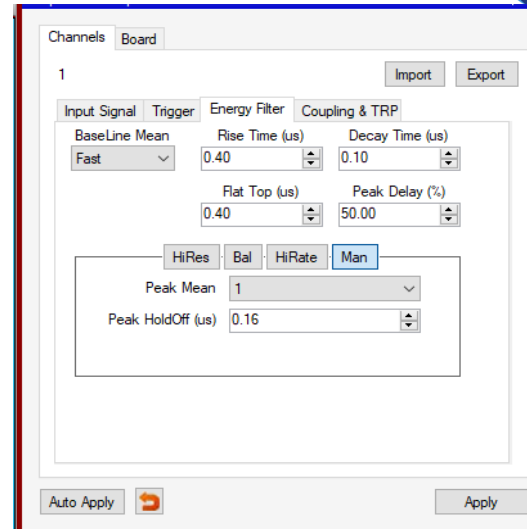
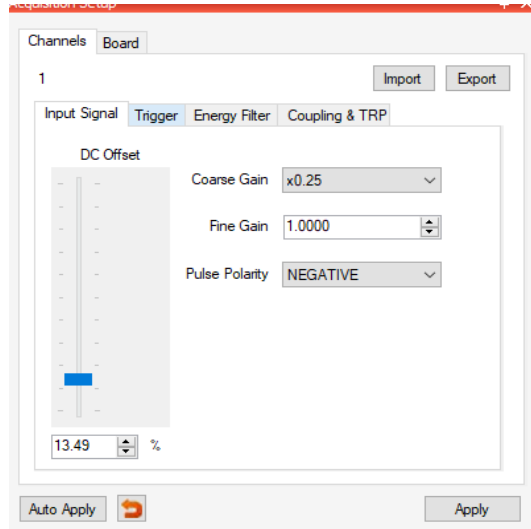


Рисунок 5 – Интерфейс меню настройки сигнала и режима с временной меткой МС2

Программное обеспечение ДПС



РФЯЦ-ВНИИФ
РОСАТОМ

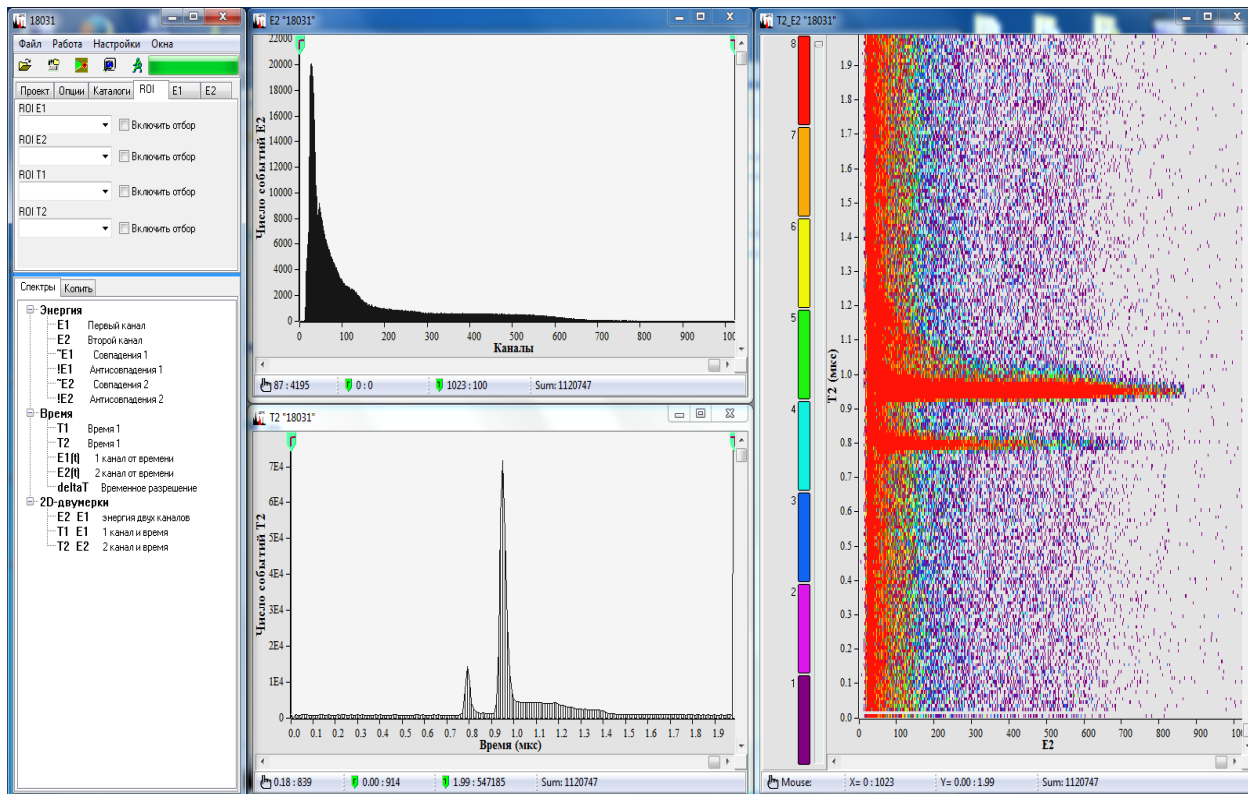


Рисунок 6 – Интерфейс программы ДПС

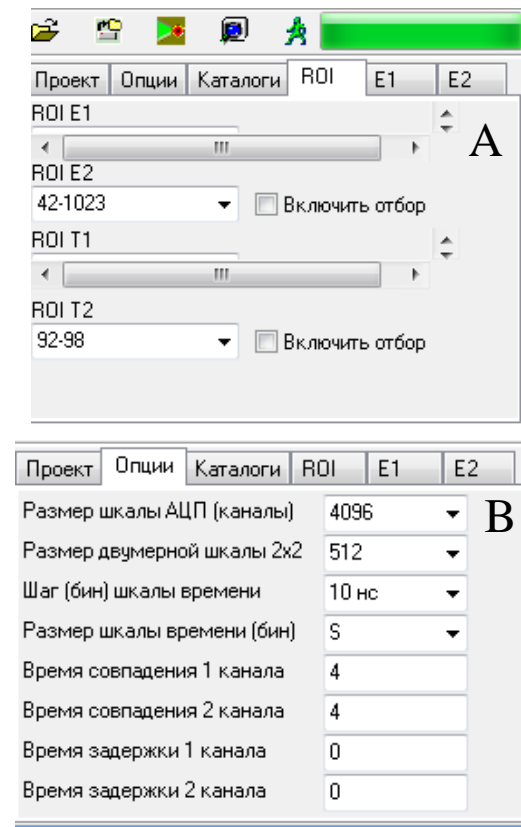


Рисунок 7 – Окно (А) ROI (В) Опции

Постановка измерений с Co-60



РФЯЦ-ВНИИТФ
РОСАТОМ

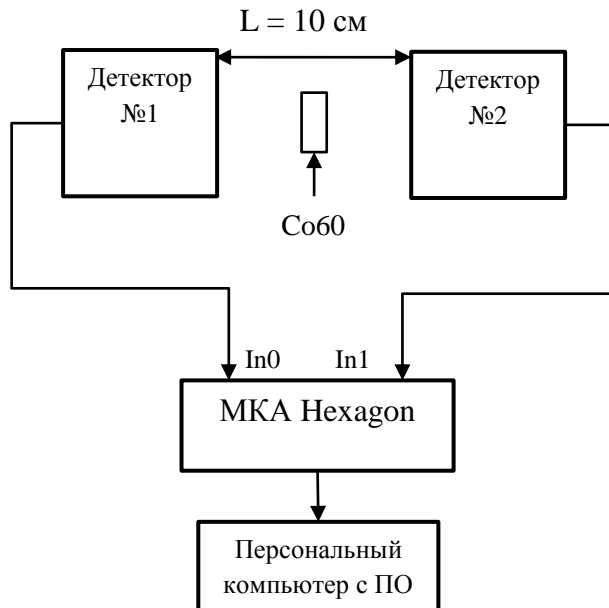


Рисунок 8 – схема измерений с $Co-60$

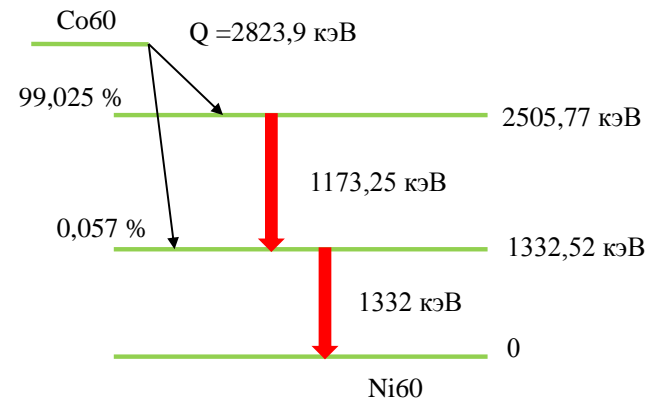


Рисунок 9 – Энергетические уровни излучения $Co-60$

Временные разрешения

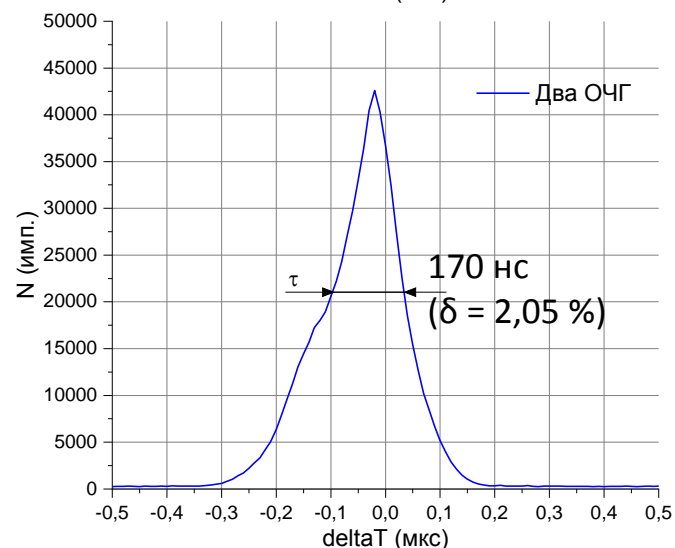
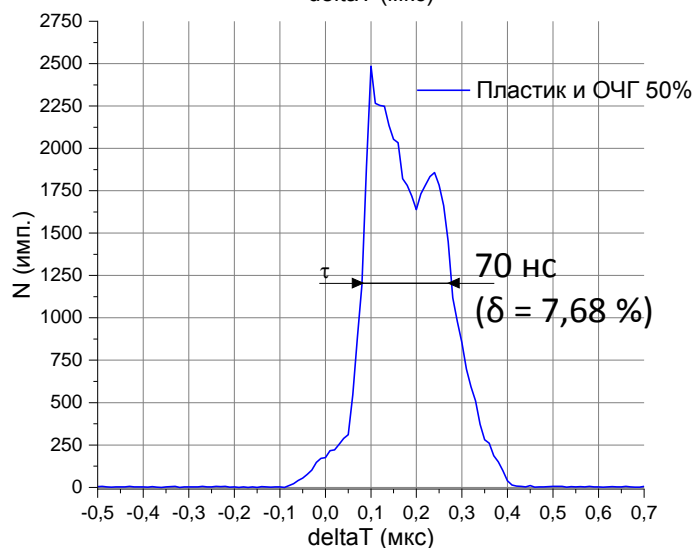
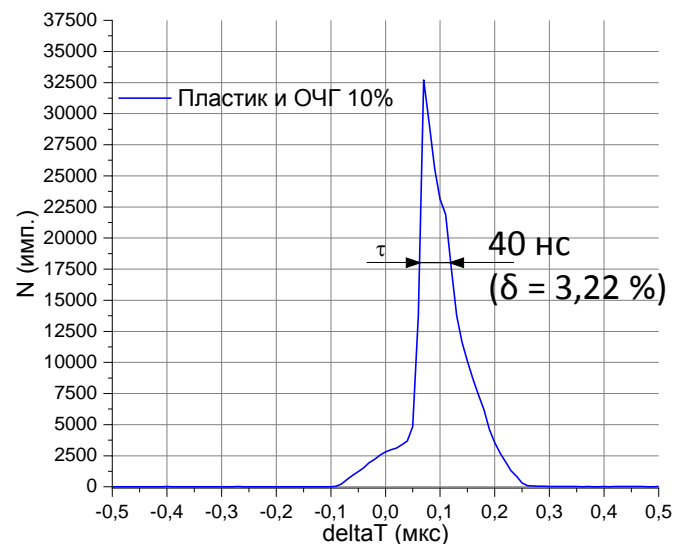
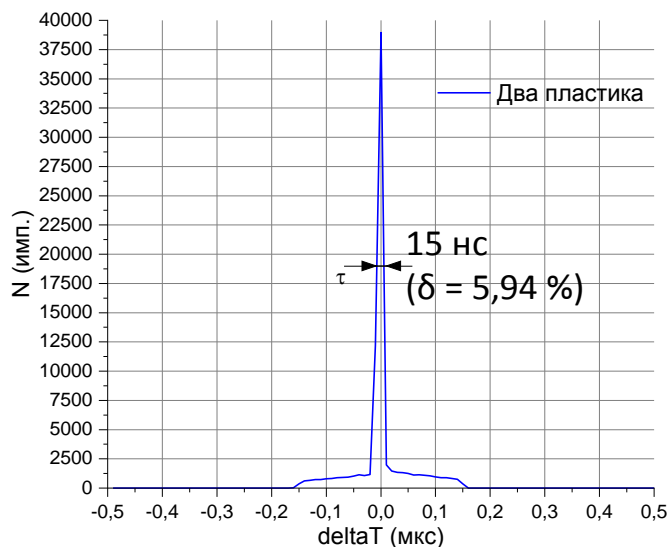


Рисунок 10 – Временные разрешения с Со-60

Аппаратурный спектр совпадений Co-60



РФЯЦ-ВНИИТФ
РОСАТОМ

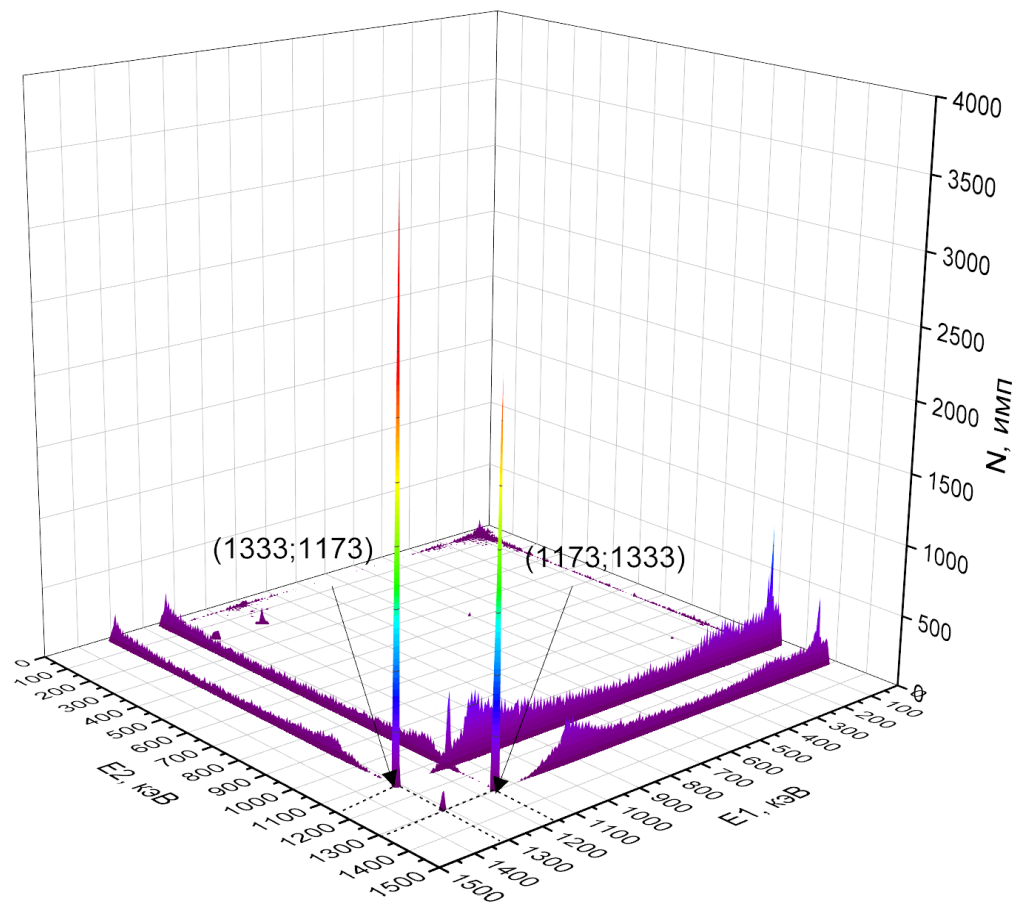


Рисунок 12 – спектр совпадений Co-60, полученные с ОЧГ



Схема подключения для измерений методом времени пролёта

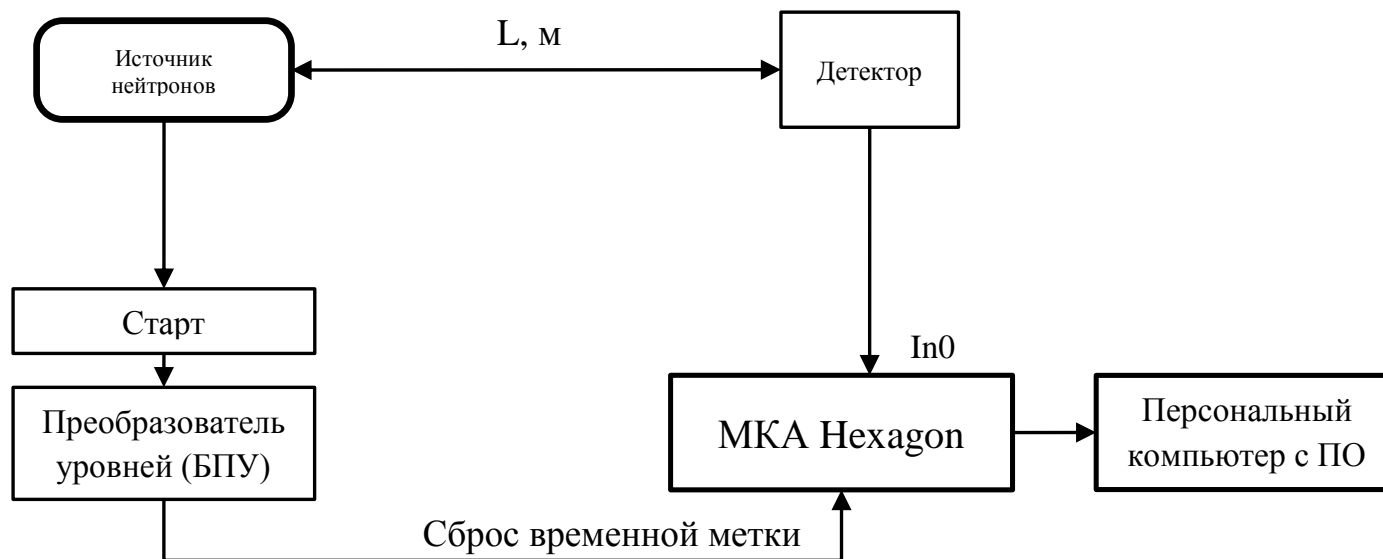


Рисунок 13 – Схема подключения

Схема измерений с Cf-252

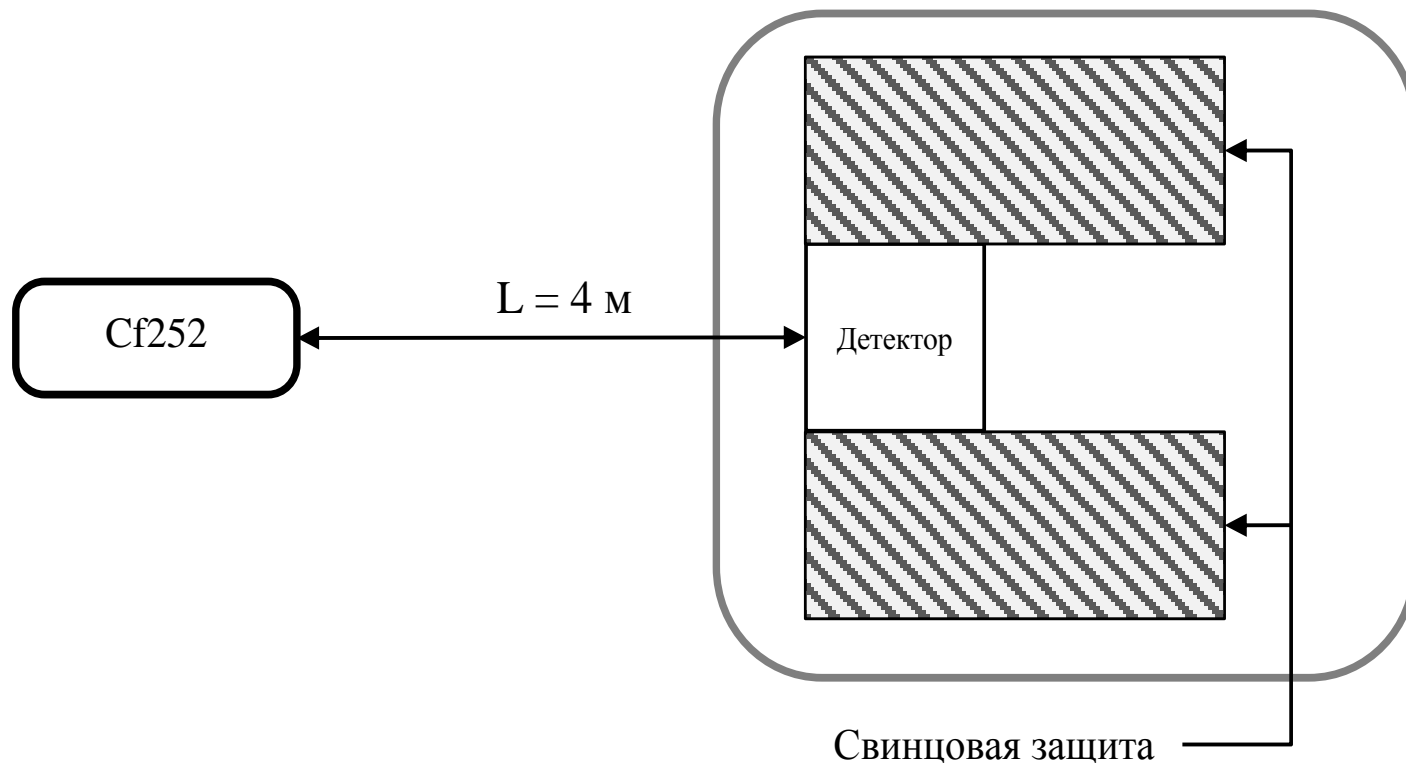


Рисунок 14 – Схема измерений с ионизационной камеры

Двухпараметрические спектры времени пролёта с Cf-252



РФЯЦ-ВНИИТФ
РОСАТОМ

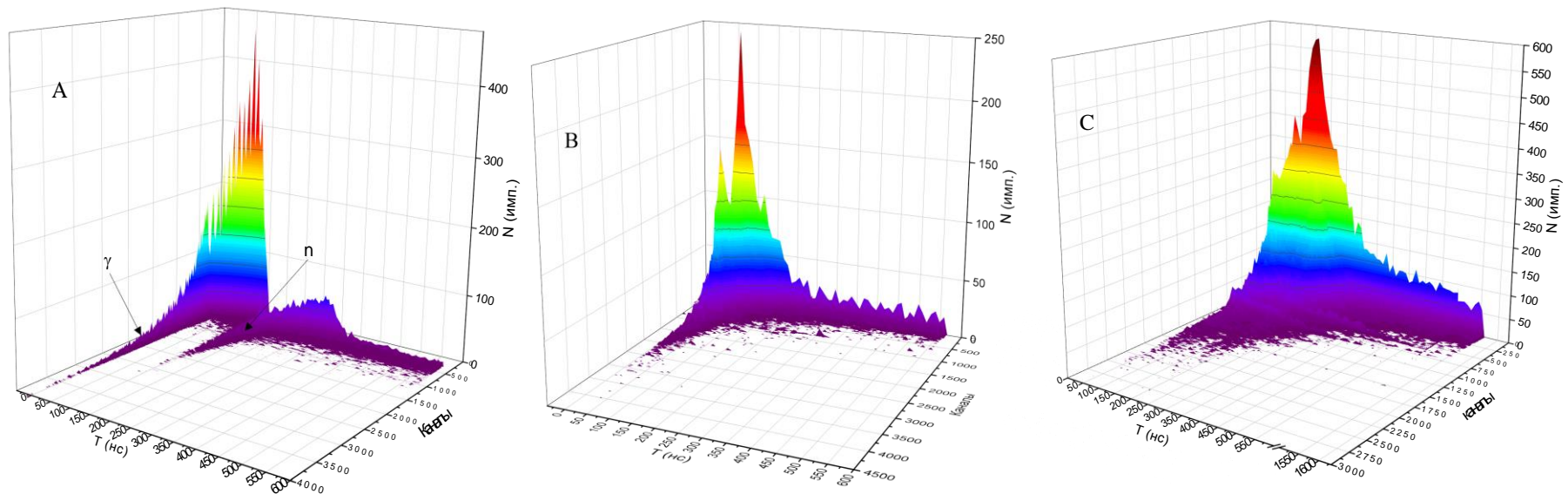


Рисунок 15 – Двухпараметрические спектры с
ионизационной камеры измеренные с помощью:
А – Пластикового сцинтиллятора, В – ОЧГ 10%, С – ОЧГ 50%

Спектры времени пролёта с Cf-252

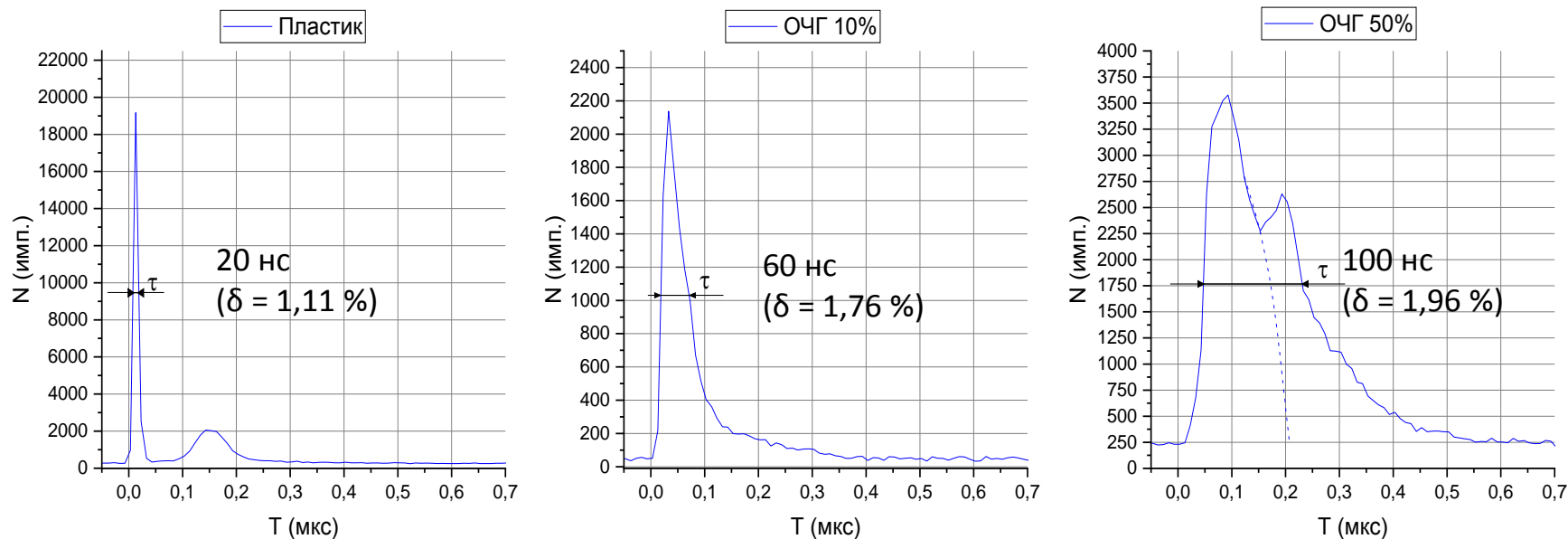


Рисунок 16 – Спектры времени пролёта с разных детекторов

Схема измерений на НГ-12

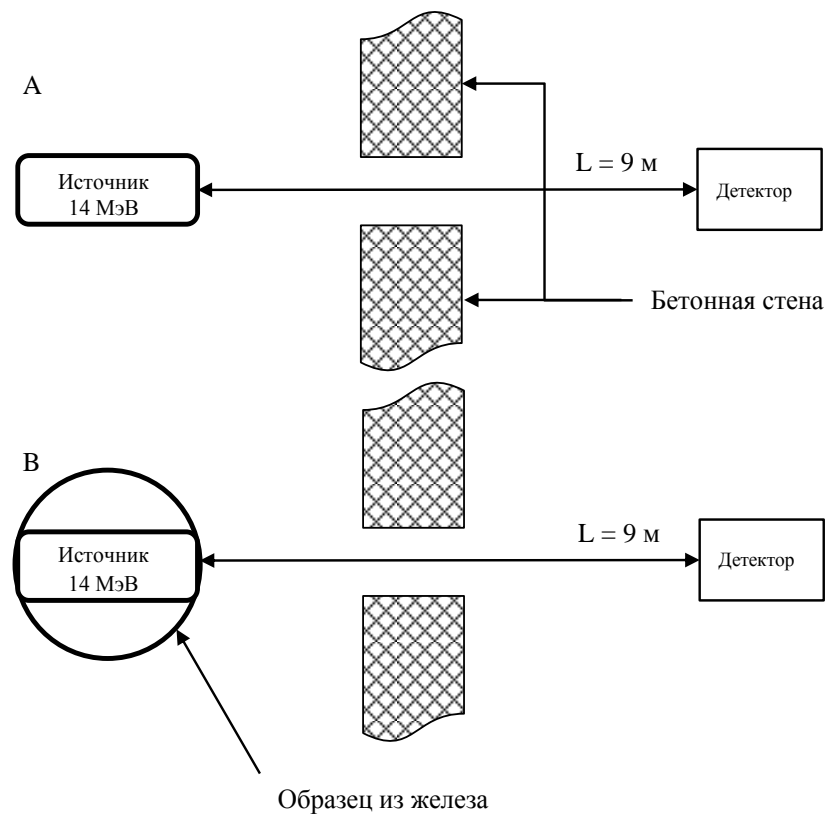


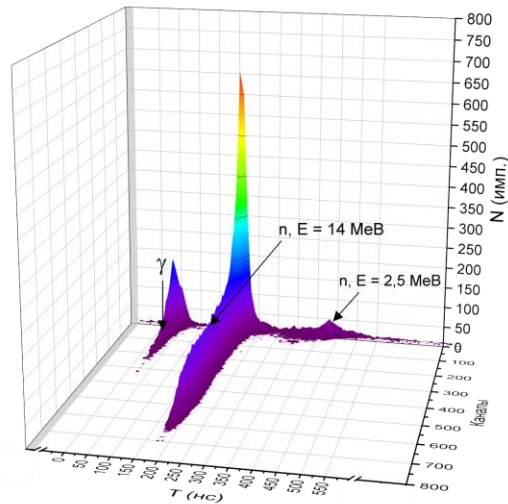
Рисунок 17 – Схема измерений на нейтронном генераторе
А – без образца В – с образцом из железа

Спектры с НГ-12 со стильбена

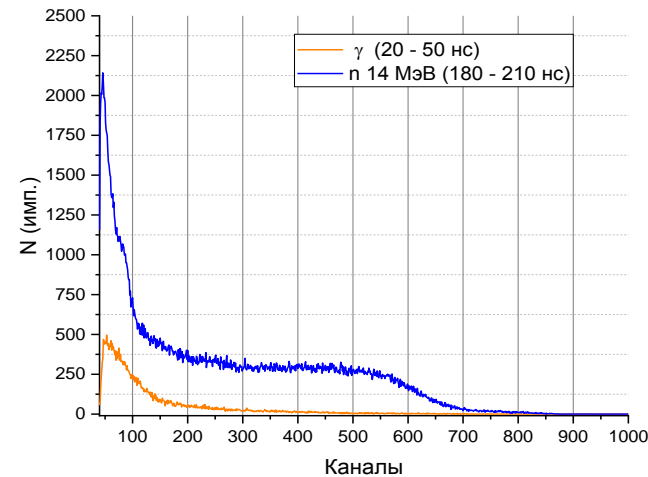


РФЯЦ-ВНИИТФ
РОСАТОМ

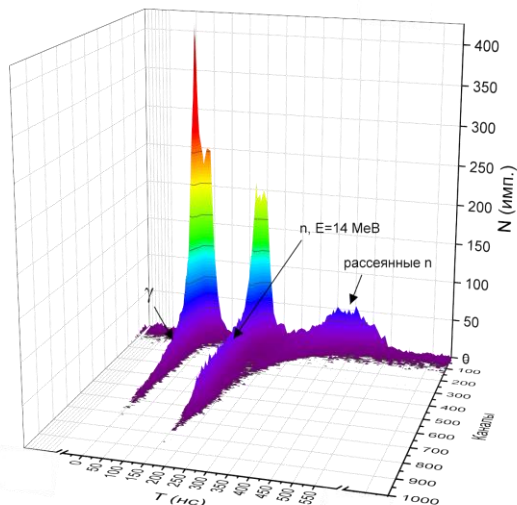
A1



A2



B1



B2

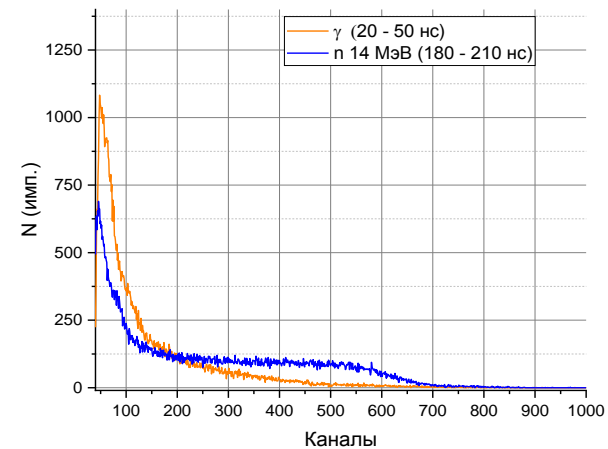


Рисунок 18 – Двухпараметрические спектры со стильбена (1)
и амплитудные спектры в области интересов (2)
А – чистый пучок В – с образцом из железа

Спектры с НГ-12 со стильбена



РФЯЦ-ВНИИТФ
РОСАТОМ

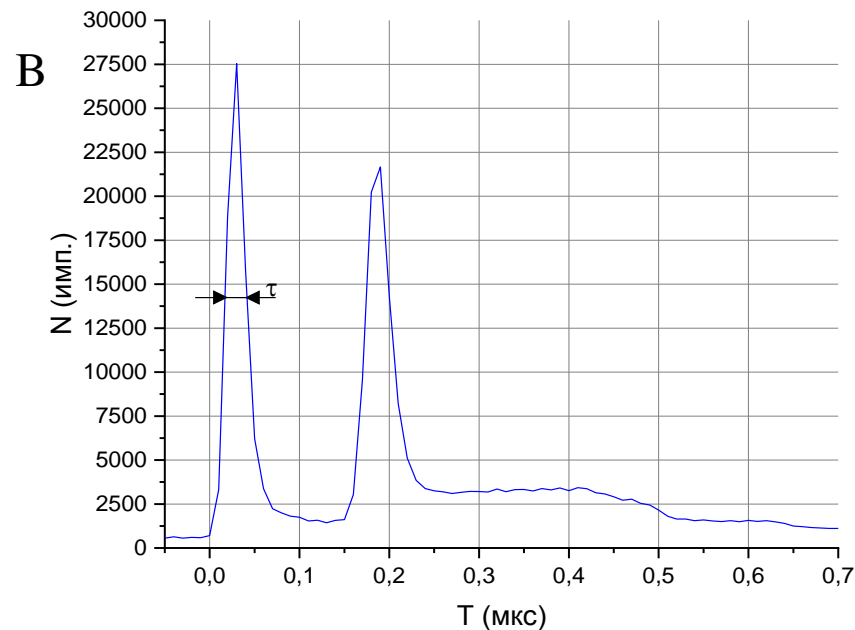
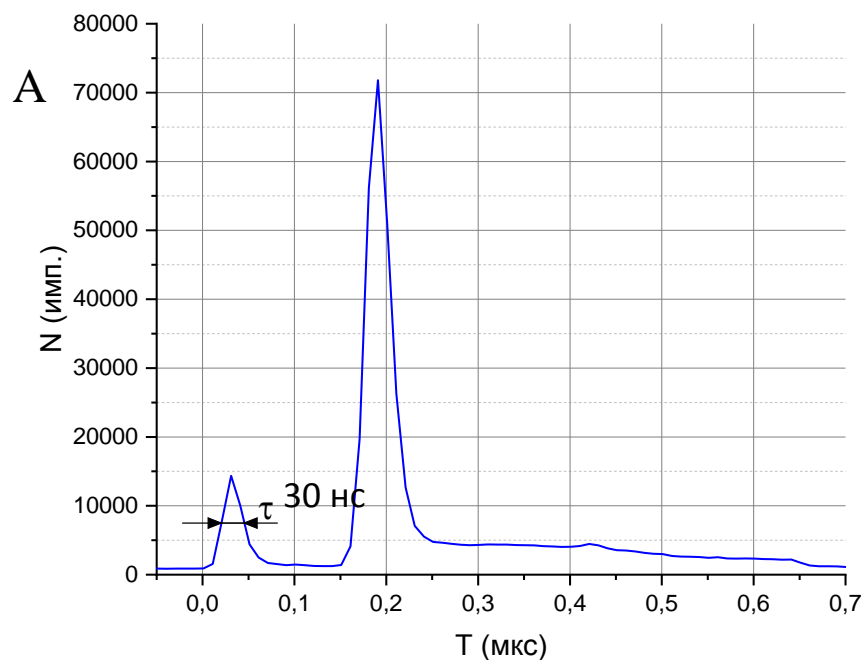


Рисунок 19 – Времяпролетный спектр нейтронного генератора со стильбена:

А – Без образца В – с образцом

Спектры с НГ-12 с ОЧГ 10%



РФЯЦ-ВНИИТФ
РОСАТОМ

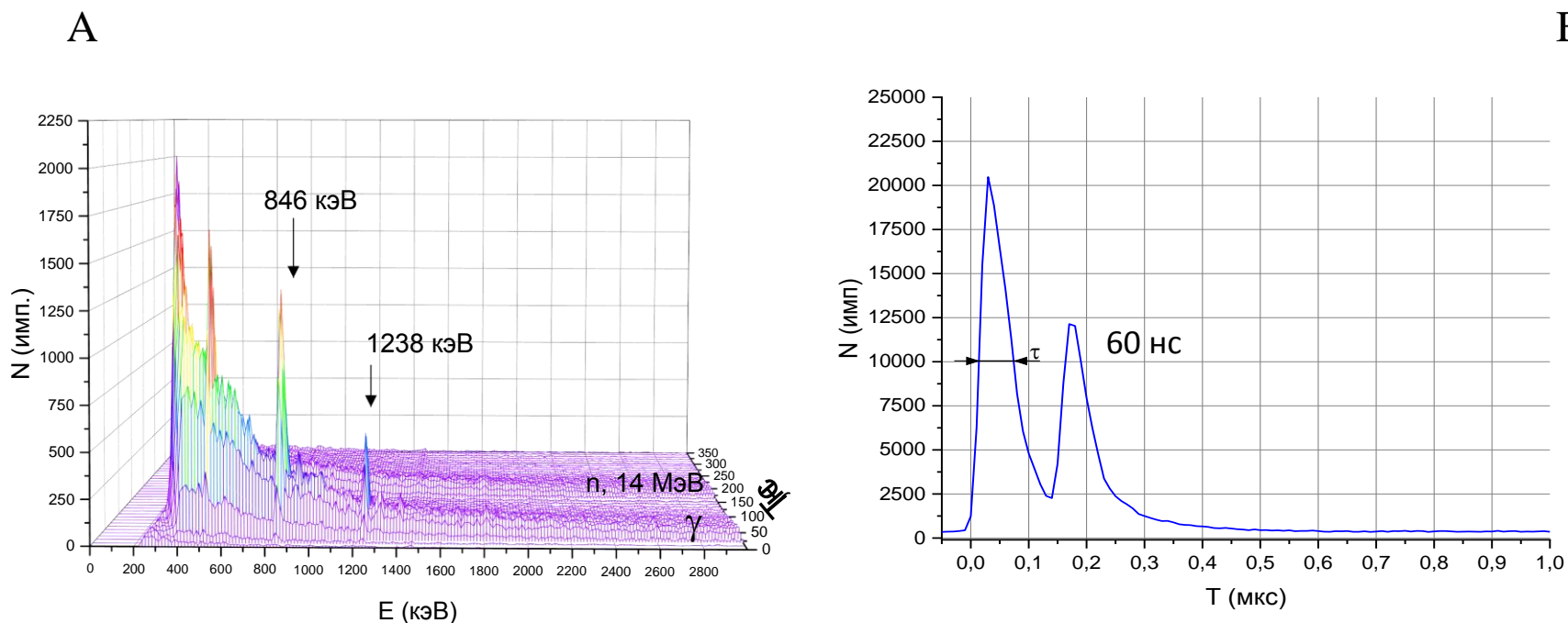


Рисунок 20 – Спектры нейтронного генератора с образцом из железа с 10% ОЧГ детектора

А – двухпараметрический В – времени пролёта

Амплитудный спектр с ОЧГ 10%



РФЯЦ-ВНИИТФ
РОСАТОМ

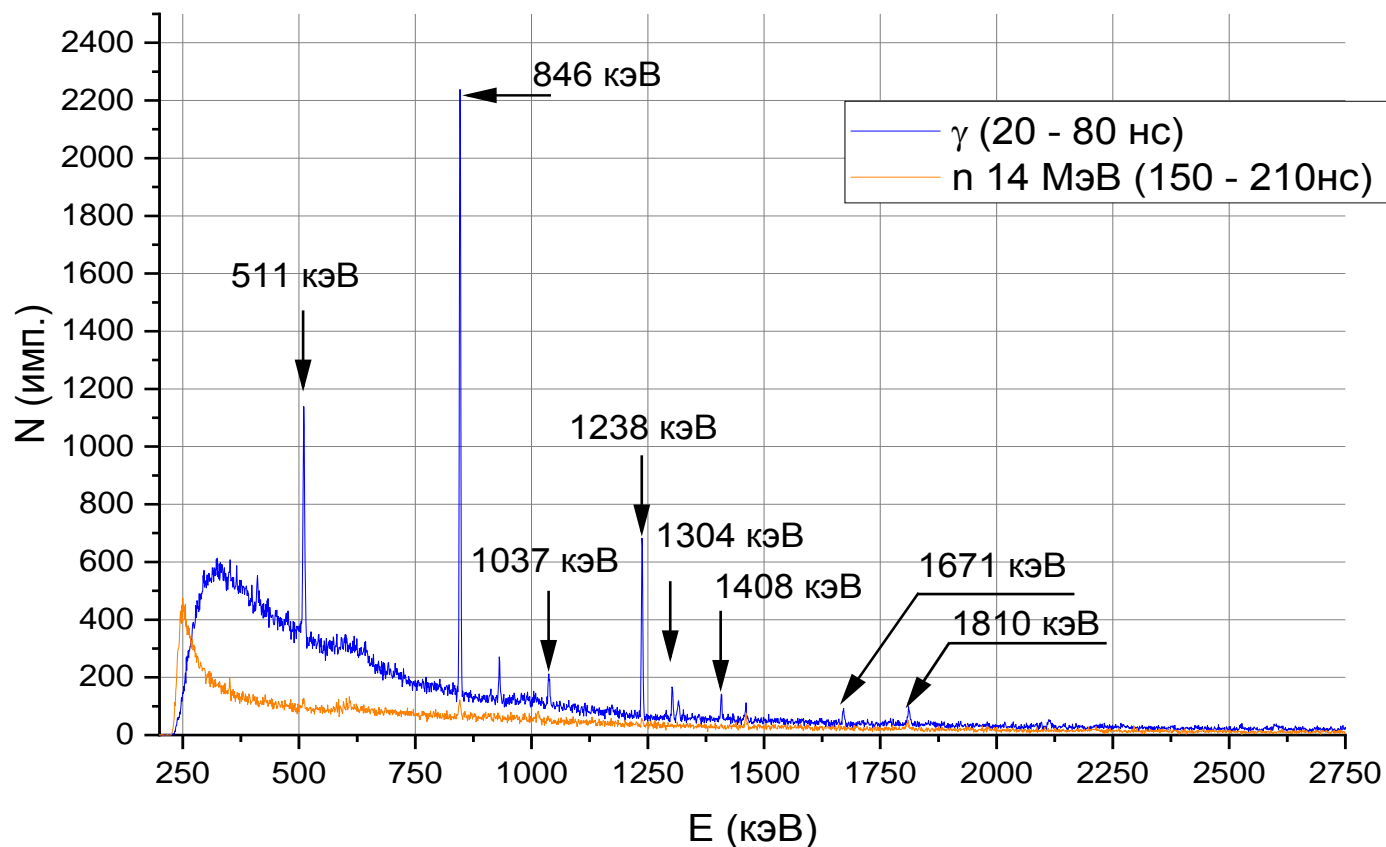


Рисунок 21 –Спектры нейтронного генератора с железной мишенью с 10% ОЧГ детектора

Спектры с ОЧГ 50%



РФЯЦ-ВНИИТФ
РОСАТОМ

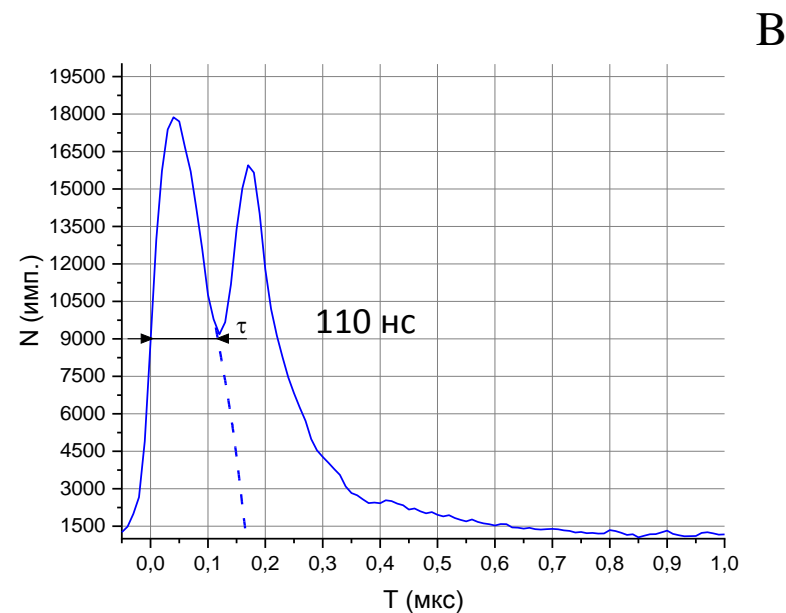
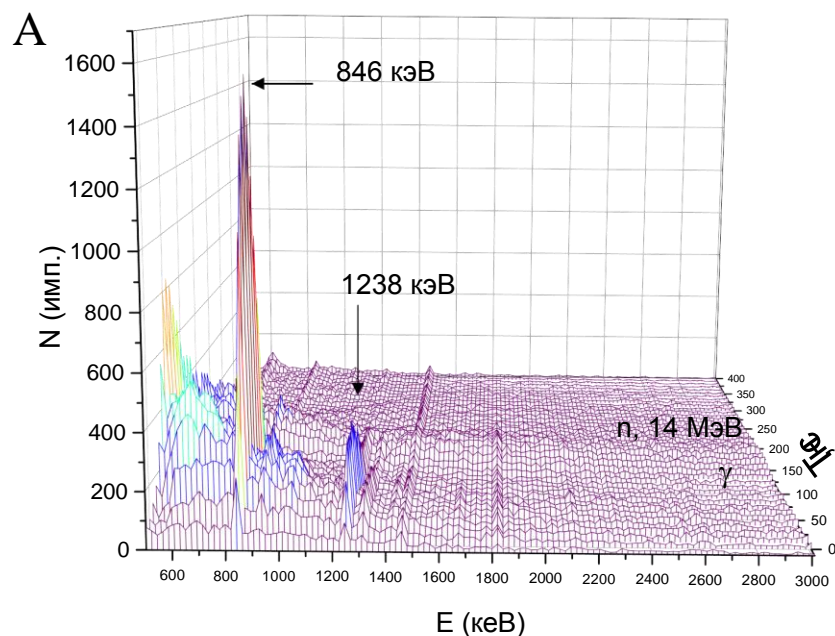


Рисунок 22 – Спектры нейтронного генератора с образцом из железа с 50% ОЧГ детектора

А – двухпараметрический В – времени пролёта

Амплитудный спектр с ОЧГ 50%

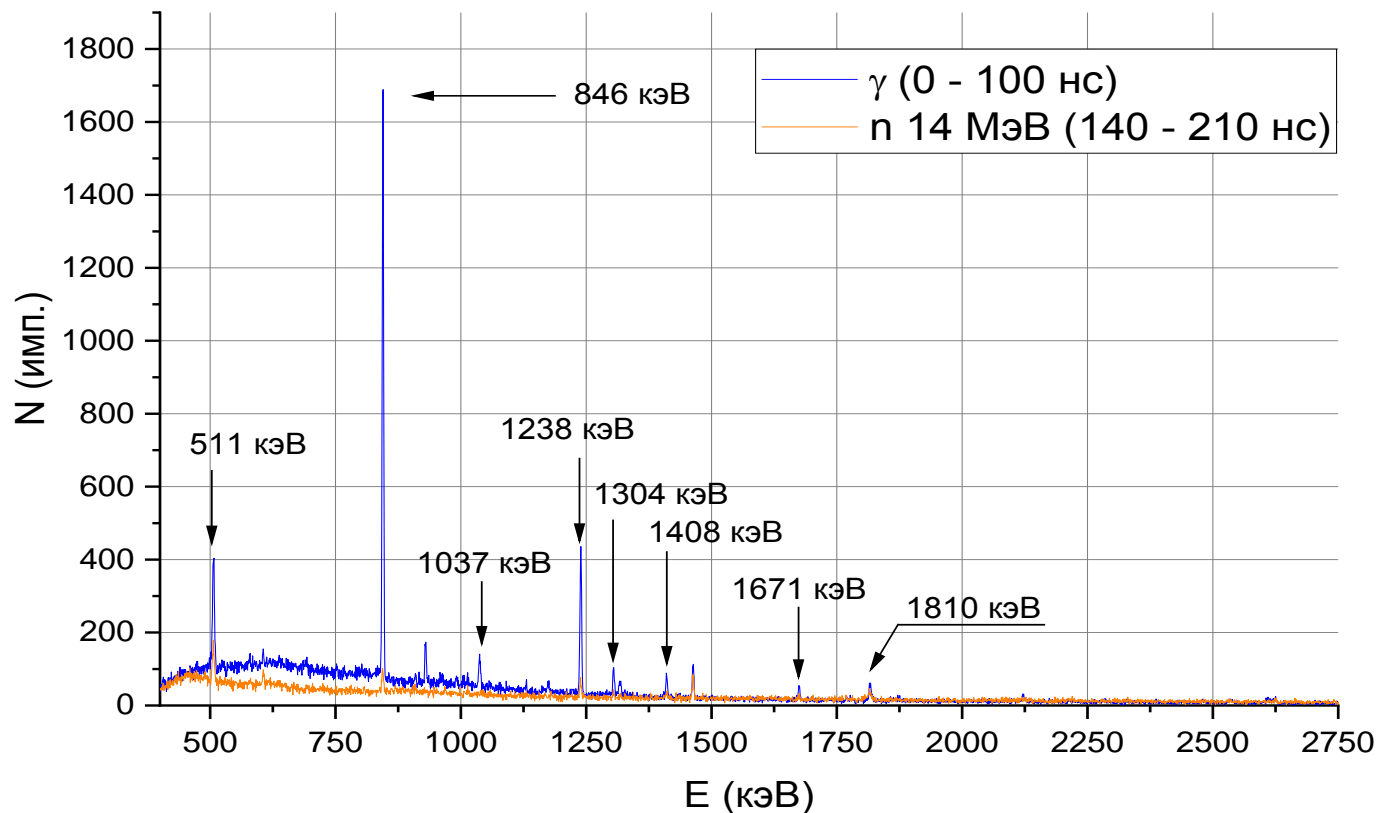


Рисунок 23 –Спектры нейтронного генератора с железной мишенью с 50% ОЧГ детектора

Заключение

Проведено тестирование двухпараметрической системы измерений, в ходе которой получены следующие результаты:

- Определены временные разрешения представленных систем;
 - Пластиковый сцинтиллятор: ~15 нс, ОЧГ 10%: ~60 нс, ОЧГ 50%: ~100 нс.
- Получены спектры γ - γ совпадения с Со-60;
- Получены 2х параметрические спектры с ионизационной камеры и нейтронного генератора;
- Для времяпролетных спектров с нейтронного генератора рассмотрены аппаратные спектры во временных областях соответствующие гамма-квантам и нейтронов. Продемонстрирована возможность селективности аппаратных спектров.

Созданная двухпараметрическая система измерений будет использована в интегральных экспериментах на нейтронном генераторе НГ-12И, а полученные результаты учтены при постановке этих экспериментов.

Список используемых источников



1. Намаконов В.В., Андреев С.А., Габбасов Д.М., Зацепин О.В., Соколов Ю.А., Хатунцев К.Е., Хмельницкий Д.В. //Измерение спектральных характеристик гамма-нейтронного излучения при взаимодействии 14 МэВ-нейтронов с конструкционными материалами. ВАНТ Серия: ядерно-реакторные константы, выпуск 2, 2018.
2. Намаконов В.В., Андреев С.А., Габбасов Д.М., Мосеева А.Р., Сергина Д.И. Измерения прохождения нейтронов с энергией 14 МэВ через слои гидридов лития методом времени пролета. //ВАНТ Серия: ядерно-реакторные константы, выпуск 4, 2020.
3. Воронин Г.Г., Морозов А.В., Мокичев Г.В. и др. Современное состояние и перспективы развития генератора нейтронов НГ-12И для нейтронной терапии и прикладных исследований // Атомная энергия, 2003, т. 94, вып. 2, с. 166-171.
4. Каталог 2006 Московское представительство Pribori Oy официальный представитель ORTEC. Web site: www.pribori.com.
5. Абрамов А.И., Казанский Ю.А., Матусевич Е.С. Основы экспериментальных методов ядерной физики. - М.: Энергоатомиздат, 1985, 488 с.
6. Марион Дж., Фаулер Дж. Физика быстрых нейтронов. Том I. Техника эксперимента. М., 1963
7. Бушуев А. В., Петрова Е. В., Кожин А. Ф. Практическая гамма-спектрометрия. М., МИФИ, 2006.
8. В.И. Юевич, Спектрометрия высокоэнергетических нейтронов, Физика элементарных частиц и атомного ядра, 2012, т.43, Вып.3.
9. Руководство пользователя на многоканальный анализатор, DS6511 – Hexagon Digital Multi-Channel Analyzer with Quantus Spectroscopy Software.
10. Ali Biganeh, Banin Shakeri Jooybari, Design of a two-dimensional pseudo coincidence Compton suppressor system for neutron activation analysis. Radiation Physics and Engineering 2022; 3(4):17–21. DOI: <https://doi.org/10.22034/rpe.2022.335909.1067>.
11. Демидов А.М., Говор Л.И., Черепанцев Ю.К. и др. Атлас спектров гамма-излучения от неупругого рассеяния быстрых нейтронов реактора. - М., Атомиздат, 1978, 326 с.
12. N. A. Fedorov et.al. Inelastic scattering of 14.1 MeV neutrons on iron. Eur. Phys. J. A (2021) 57:194. DOI: <https://doi.org/10.1140/epja/s10050-021-00503-x>

Спасибо за внимание

Миргородских К.С. – инженер исследователь СИ
Намаконов В.В. – инженер исследователь СИ 1 категории
ФГУП РФЯЦ ВНИИТФ