



# Разработка учебного спектрометра гамма-излучения на базе кристалла NaI(Tl) и кремниевого фотоумножителя (SiPM)

Вахнина А.И.\*, Александров И.С., Калашников Д.Е., Хромов А.В.  
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
\*AlVakhnina@mephi.ru

# Проект RadLab

**RadLab** — это проект АО «РИТВЕРЦ», создающий учебные наборы для изучения радиоактивности. Наборы помогают понять основы ядерной физики через простые и наглядные эксперименты.

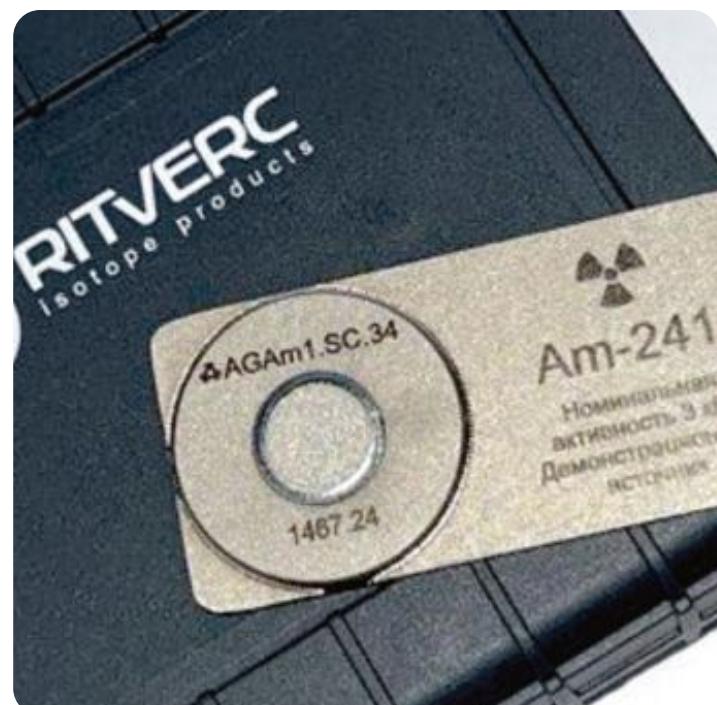
В каждый комплект входят источники излучения ниже МЗА и удобные измерительные приборы. Все компоненты подходят для школьных занятий и самостоятельных опытов.

→ **Демонстрационная камера**

→ **Радиометрический набор**

→ **Спектрометрический набор**

НИЯУ МИФИ активно включилось в работу по популяризации проекта. За сентябрь-октябрь 2025 наборы приняли участие в фестивале «НАУКА 0+», в научно-инженерном фестивале «Формула успеха», в фестивале «День физики», в фестивале «От Сердца к Сердцу». С наборами ознакомилось более 1500 тысяч человек.



## Проблематика

Промышленные спектрометры гамма-излучения являются дорогостоящим специализированным оборудованием, что не подходит для большого охвата образовательных организаций.

## Решение: создать простой и доступный учебный спектрометр

Использовать сцинтилляционный кристалл NaI(Tl) и кремниевый фотоумножитель (SiPM), максимально уменьшив цену прибора с сохранением функционала

Реализовать аналоговую и цифровую электронику на ПЛИС, что обеспечит высокую скорость обработки данных, стабильность и возможность модернизации

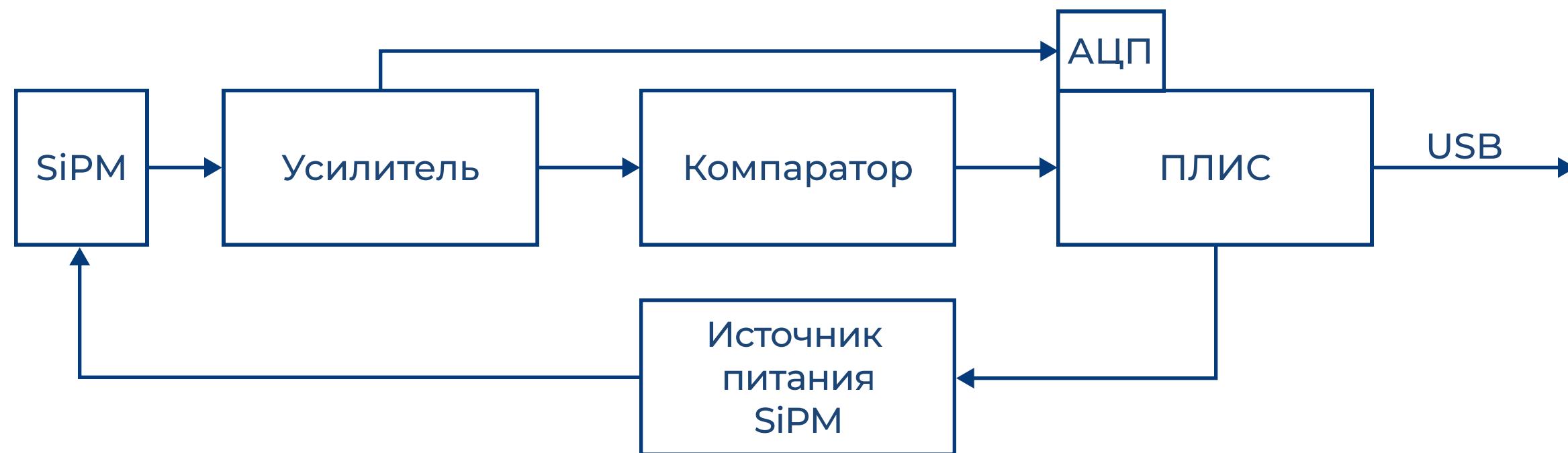
Разработать специализированное ПО с интуитивным интерфейсом для сбора, отображения и анализа спектров в реальном времени

Обеспечить полный учебный цикл: от регистрации частицы до интерпретации данных, формируя у обучающихся целостное понимание методики физического эксперимента

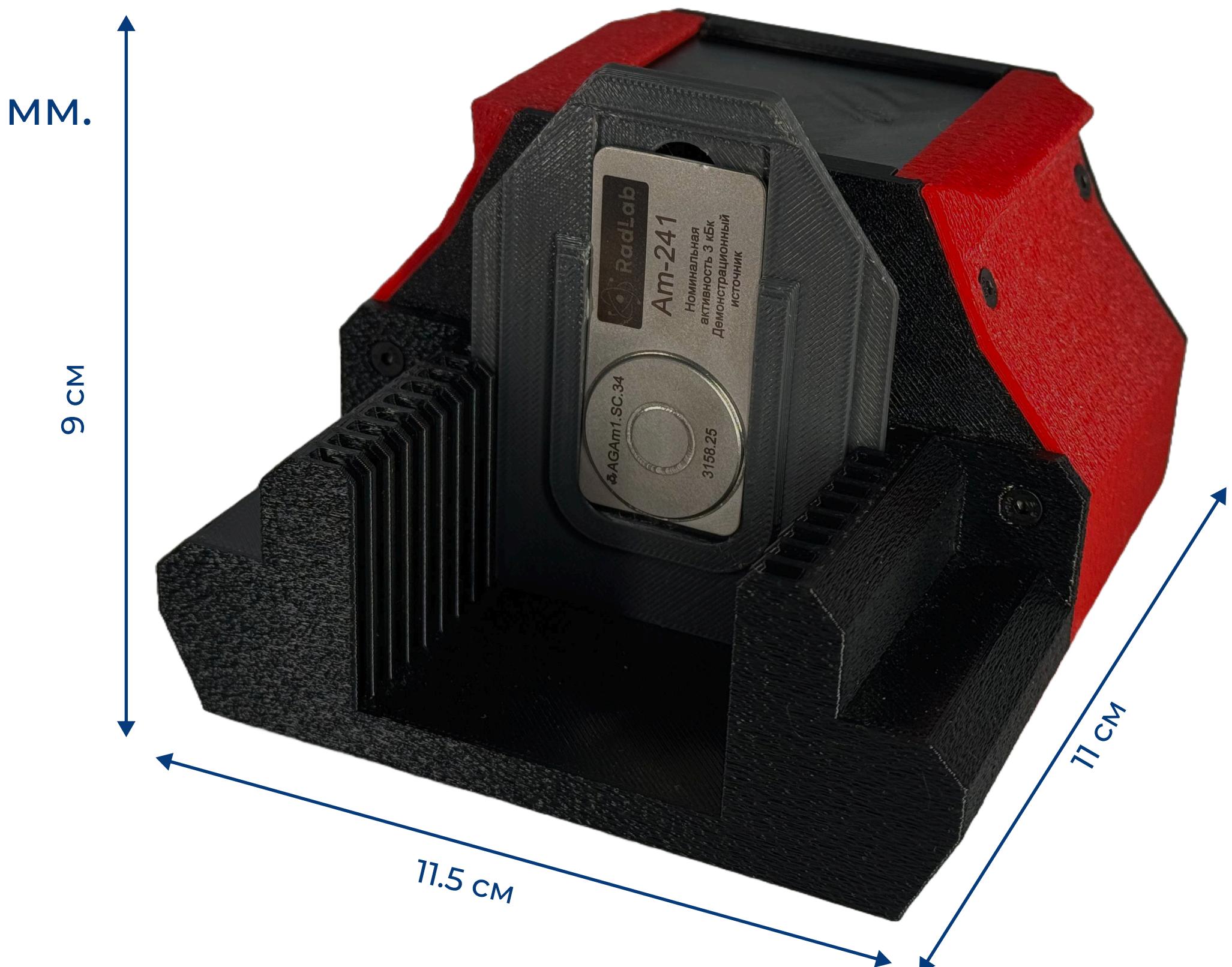
# Учебный спектрометр

В спектрометре используется корпус, разработанный АО Ритверц. В основе спектрометра используется сцинтиляционный кристалл NaI(Tl) размером  $25 \times 25$  мм. Регистрация вспышек света осуществляется с помощью современного кремниевого фотоумножителя SiPM SensL  $6 \times 6$  мм.

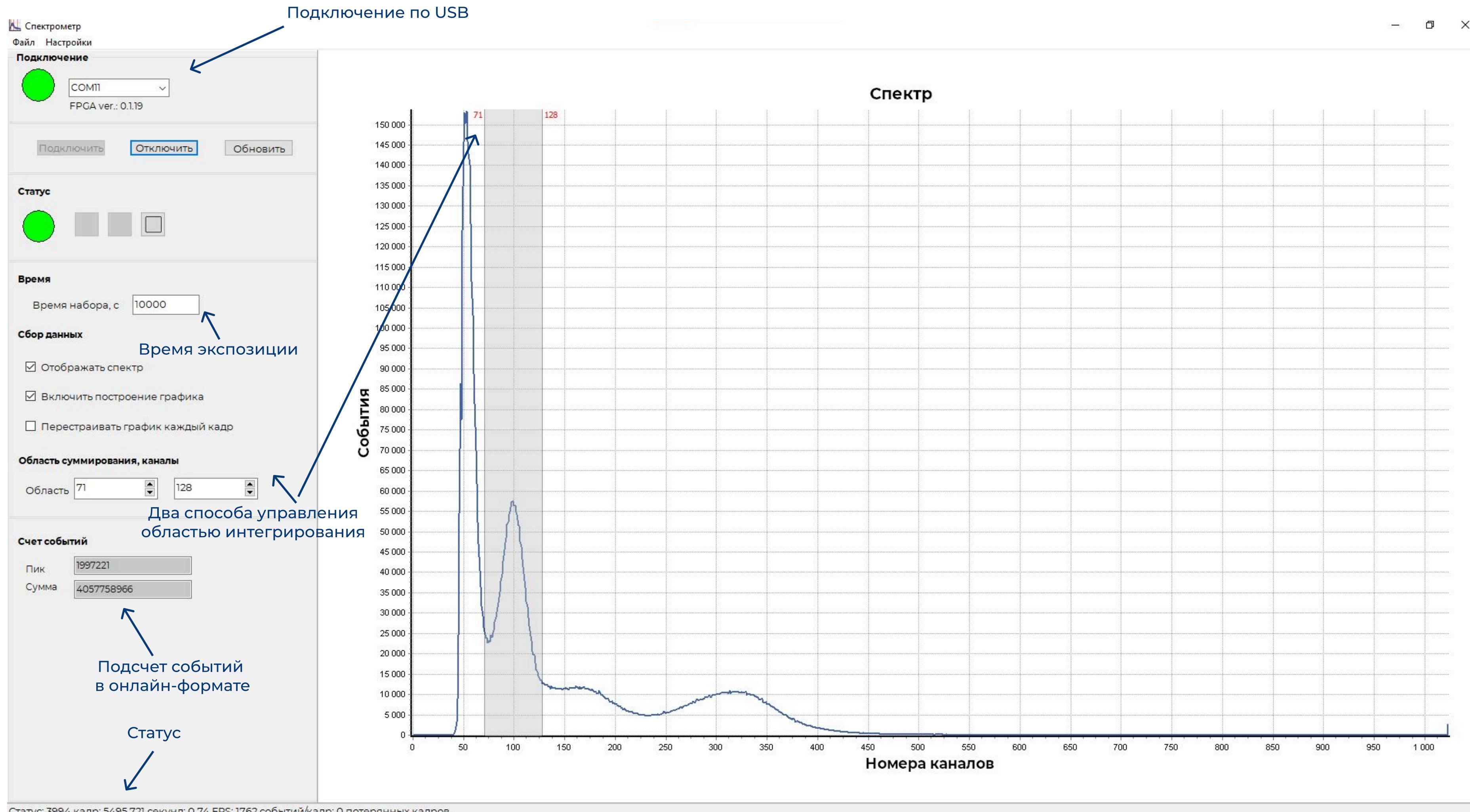
Электронная система спектрометра представляет собой обрабатывающую электронику, интегрированную в единый корпус, и включает в себя аналоговый тракт (усилитель), компаратор для установки порога регистрации излучения, аналого-цифровой преобразователь, а также управляющее ядро, реализованное на ПЛИС.



Блок-схема электроники



# Программное обеспечение



## Меню настройки

Настройки

Сбор данных, мс 1000

АЦП

АЦП Уреф. В 3,3

ADC 0: 1,00

ADC 1: 1,00

Настройки сбора данных

Порог 20

Установить

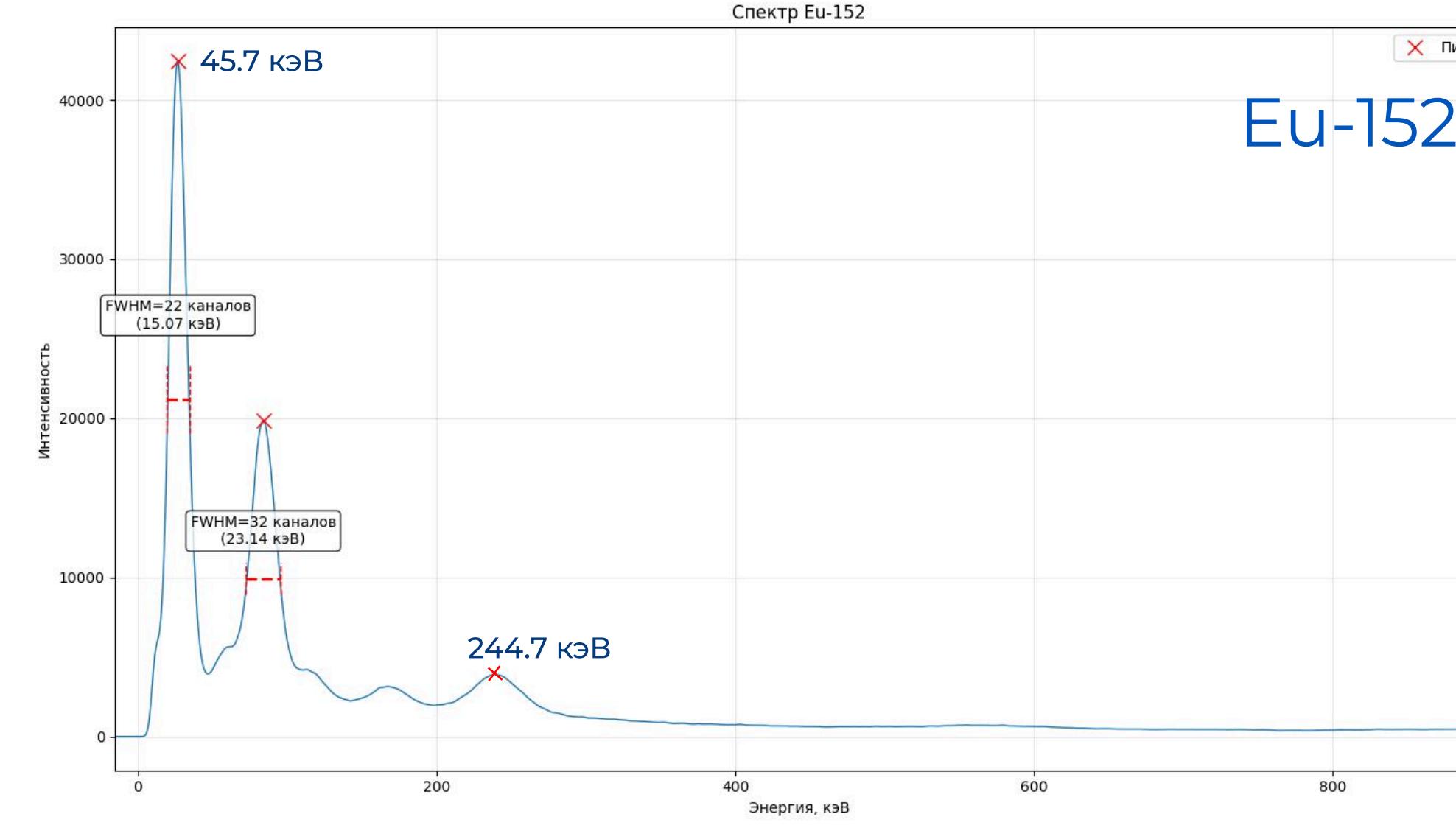
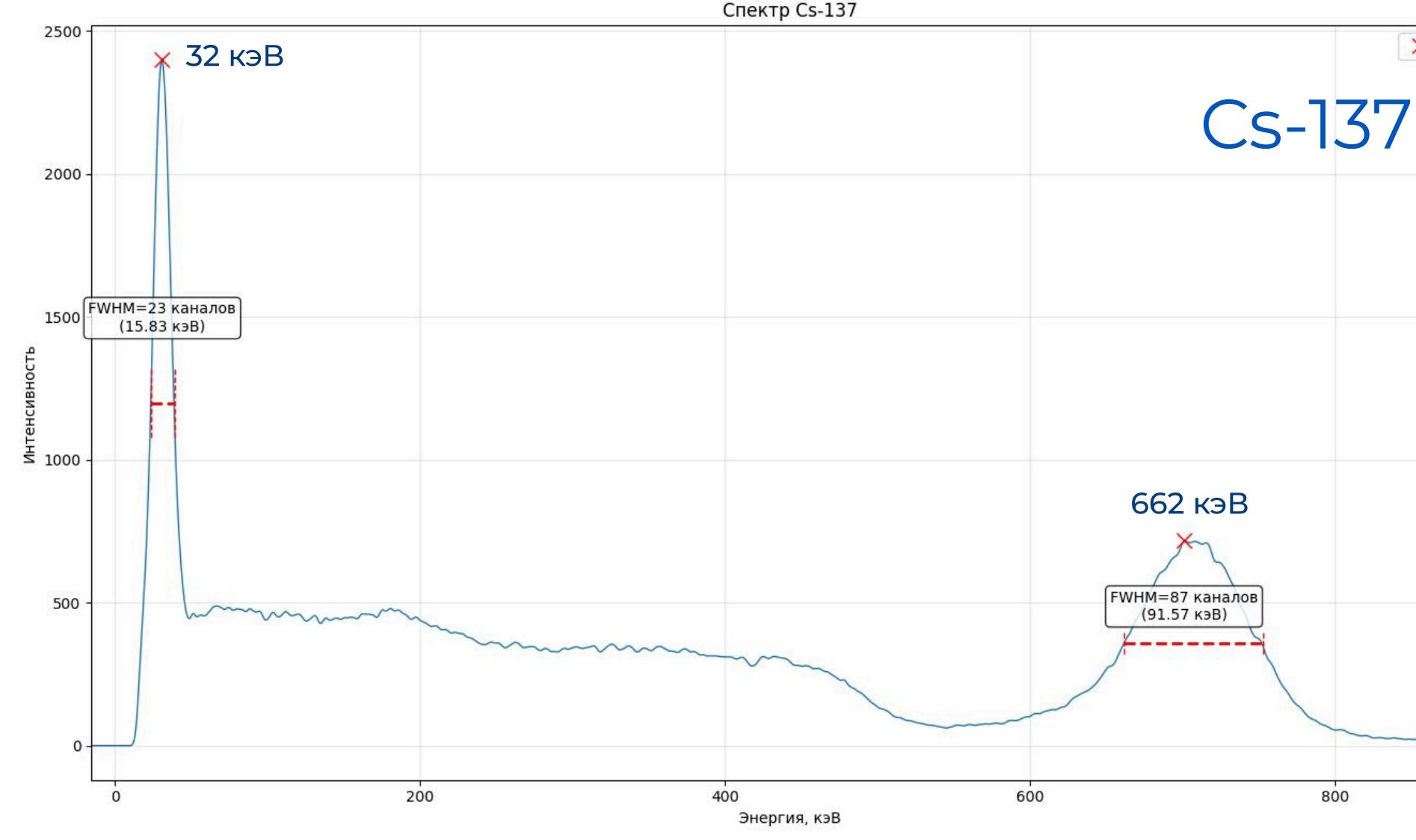
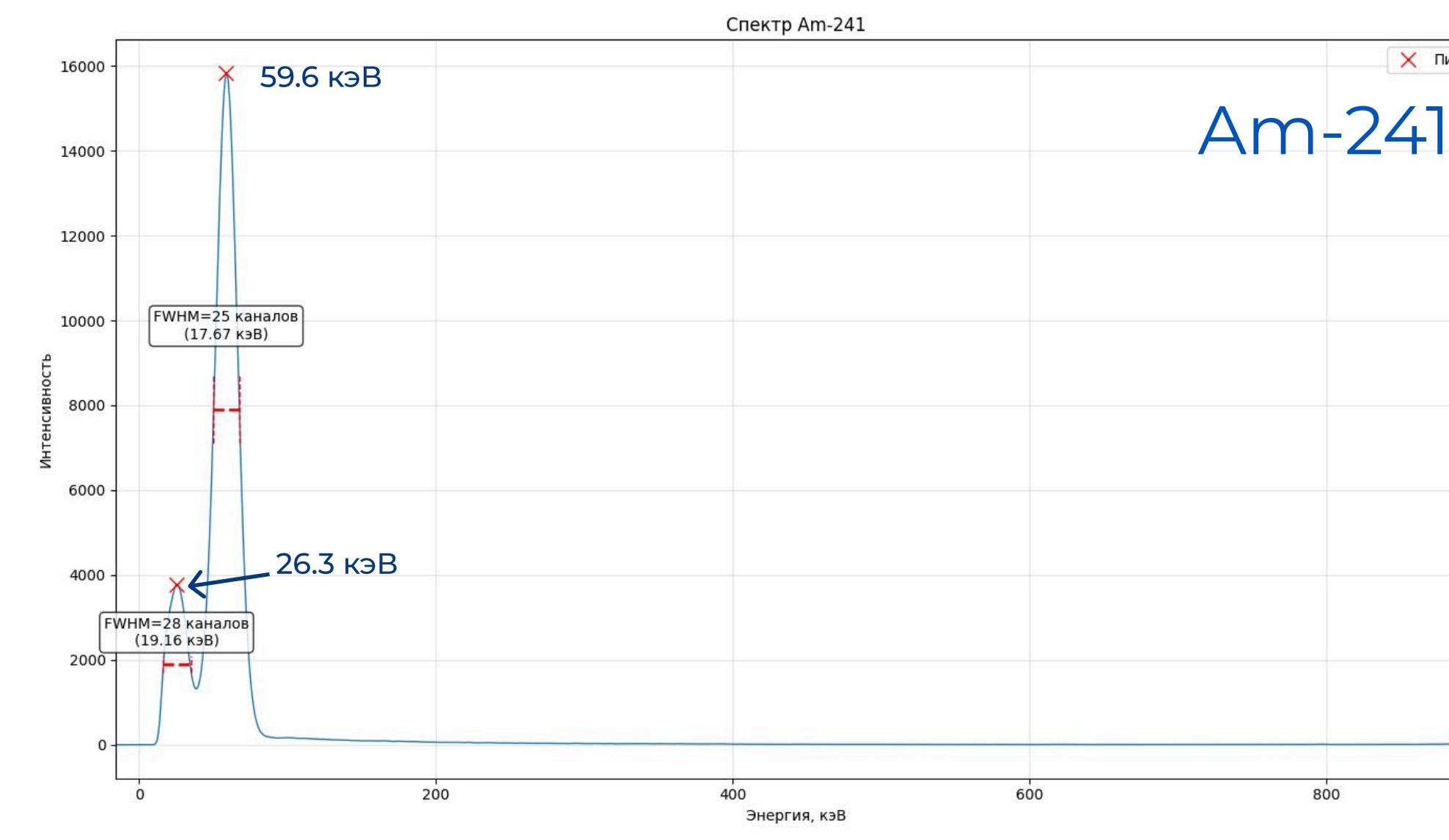
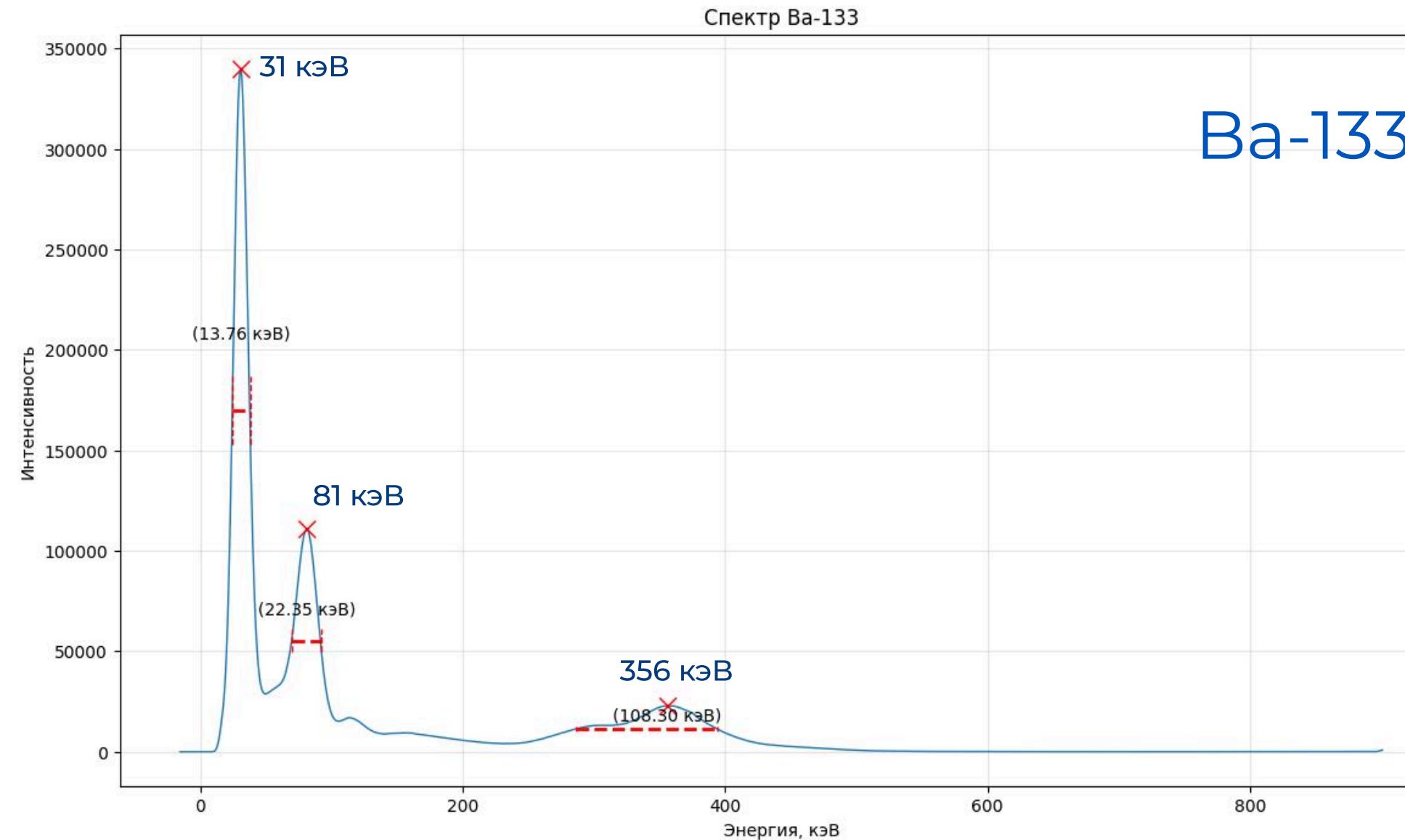
Установить Сохранить

Усиление 100

Установить

Настройка усиления и порога

# Демонстрация работы спектрометра



Данные набирались при одинаковых настройках спектрометра

# Лабораторные работы

Разрабатывается комплекс лабораторных работ различной сложности для школьников и студентов

- **Набор и анализ спектров источников ионизирующего излучения**
- **Определение энергетического разрешения, методика проведение калибровок**
- **Определение коэффициента поглощения материалов**
- **Идентификация неизвестного изотопа по энергии**

Ведется апробация лабораторных работ на базе Института ядерной физики и технологий НИЯУ МИФИ



Сравнение размеров лабораторной установки по определению коэффициента поглощения (активность Cs-137  $3 \cdot 10^9$  Бк) с размерами разработанного спектрометра

# Дальнейшие шаги

Разрабатывается несколько методик по работе с набором для использования в просветительских целях:

- Научно-популярные и благотворительные фестивали НИЯУ МИФИ
- Олимпиады и соревнования для одаренных школьников
- Профориентационные мероприятия для школьников и студентов
- Работа с учителями физики в рамках проекта «Лига лучших»

## Ближайшие мероприятия:

Мероприятие совместно с АО «Ритверц» для высокомотивированных студентов и школьников-победителей предметных олимпиад по физике и математике

Проведение этапов Московской предпрофессиональной олимпиады школьников в 2025/2026 (победители получают право поступления без вступительных испытаний/100 баллов за ЕГЭ по физике)



В прошлом учебном году задача финала Московской предпрофессиональной олимпиады школьников была связана с солнечными опреснителями. В этом году планируем задачу по определению неизвестного изотопа

**Спасибо  
за внимание!**



[AlVakhnina@mephi.ru](mailto:AlVakhnina@mephi.ru)

*«Идея должна работать не в принципе,  
а в металлическом корпусе»*

Д.И. Менделеев