

Проектирование и изготовление радиационной защиты для прецизионной спектрометрической аппаратуры

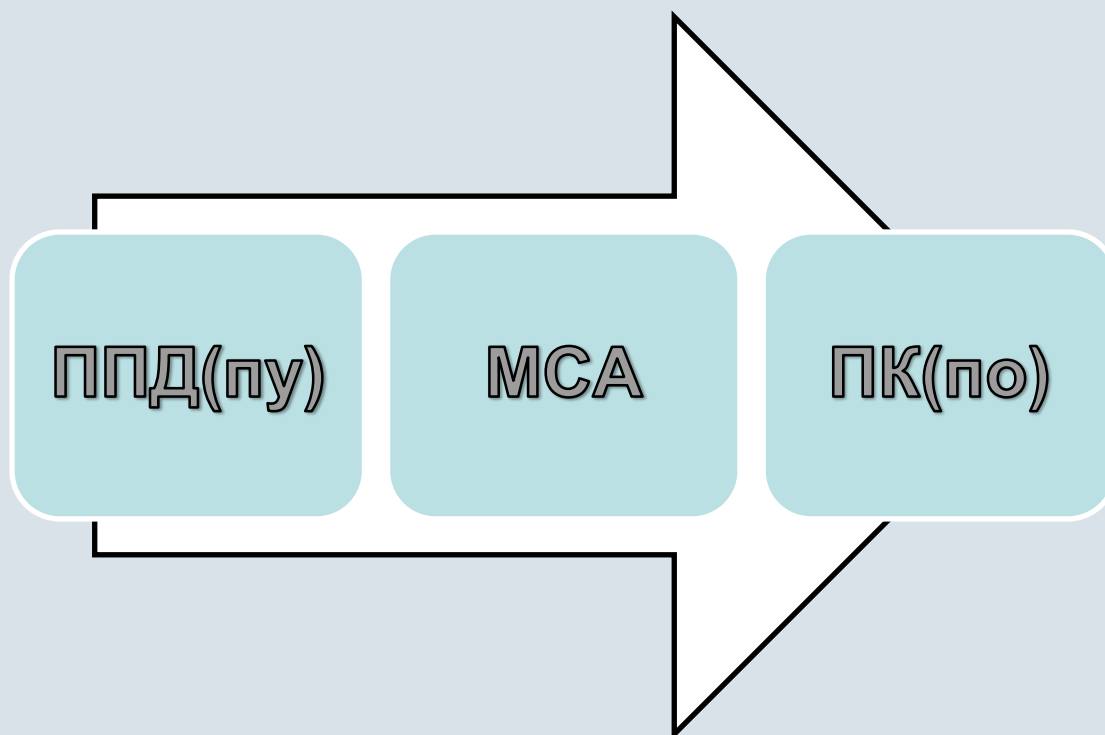
В. П. Мошак, Н. В. Ефремова, А. Р. Розите

Baltic Scientific Instruments, Рига, Латвия

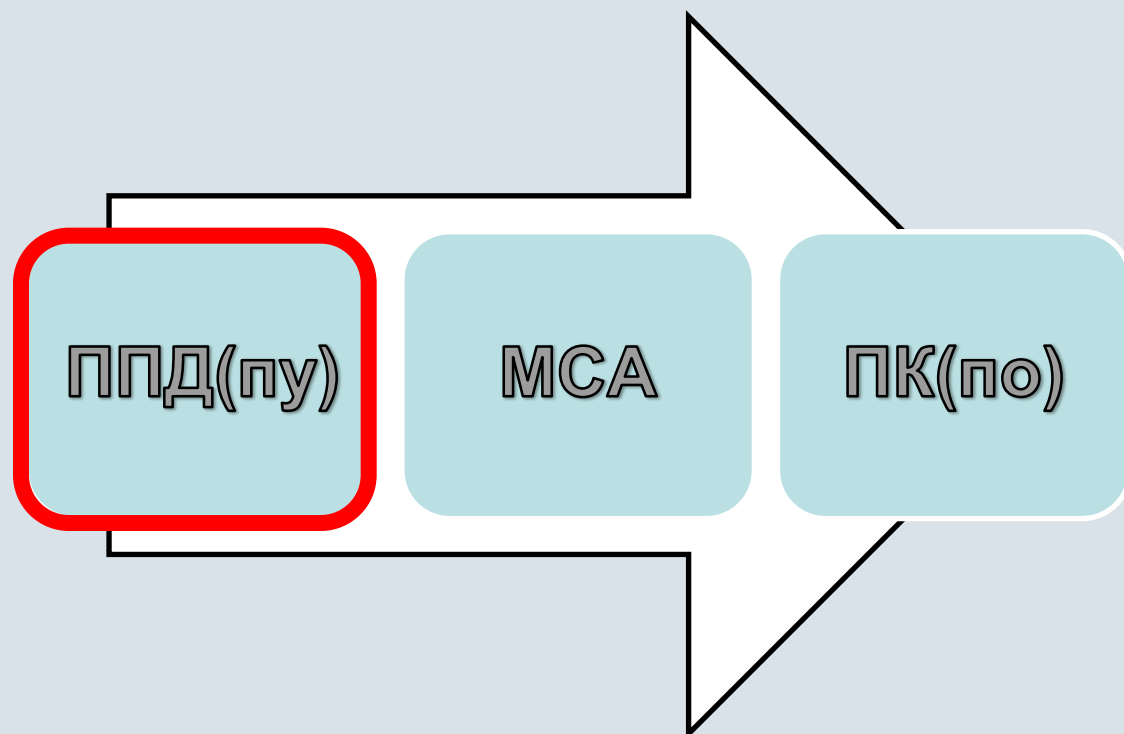
Baltic Scientific Instruments разрабатывает и изготавливает ППД на основе ОЧГ, Si и CdZnTe, а также спектрометры и системы регистрации рентгеновского и гамма-излучения.



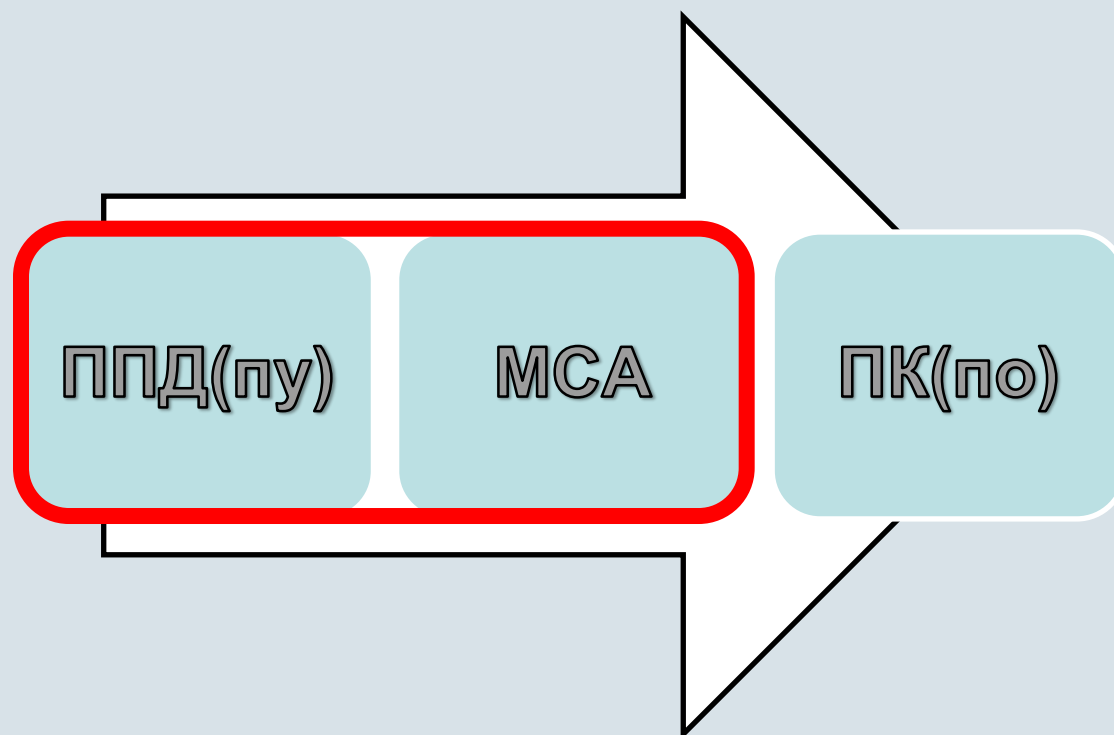
Упрощенная структура спектрометров на основе ППД



Упрощенная структура спектрометров на основе ППД



Упрощенная структура спектрометров на основе ППД



Низкофоновые измерения

- уменьшение внешнего фона с целью снижения пределов обнаружения радионуклидов.

Основные источники внешнего фона

- Радионуклиды естественного происхождения (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K и их дочерние продукты распада, в т. ч. радоны, тороны);
- Радионуклиды искусственного происхождения (^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{131}I , ^{241}Am);
- Радиоактивность объекта измерений;
- Космическое излучение (мюоны, нейтроны..).

Применение защиты 2



Работа с высокоактивными материалами

- уменьшение внешнего фона
- защита элементов спектрометра от мощного радиационного излучения

Основные источники излучения

Высокоактивные радионуклиды искусственного происхождения

(^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{131}I , ^{241}Am);

Материалы защиты

материалы с высокой плотностью:

Pb - свинец (плотность 11.34 г/см³)

W - вольфрам (плотность 19,3 г/см³)

Активность ²¹⁰Pb в свинце:

< 50 Бк/кг, < 5 Бк/кг, < 0.3 Бк/кг

Толщина стенок: 5 см, 10 см, 15 см

Свинец обладает собственной радиоактивностью.

Для поглощения рентгенофлуоресцентного

излучения свинца используется:

- **Cu** - медь (плотность 8.92 г/см³)
- **Sn** - олово (плотность 7,31 г/см³)
- **Cd** - кадмий (плотность 8.65 г/см³)

Особенности проектирования

Дизайн защиты:

Вес

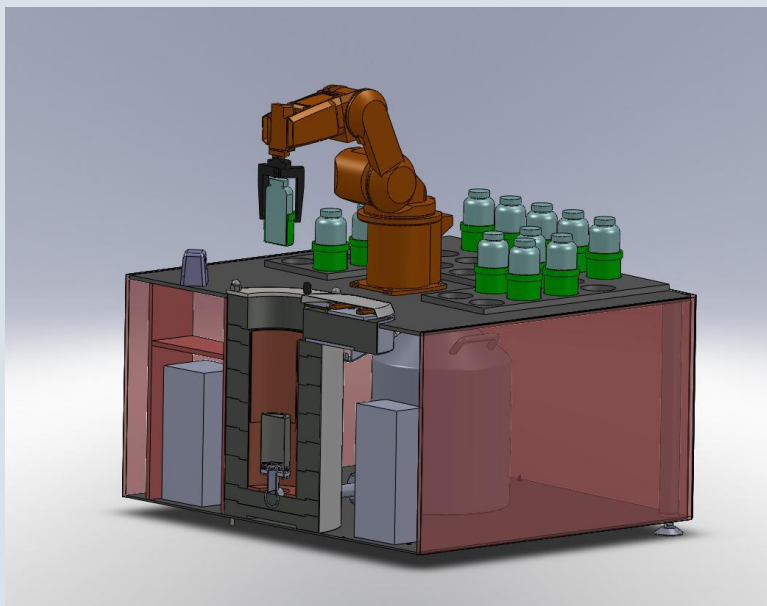
модульная конструкция

сборка защиты - усилиями двух человек. Защита комплектуется приспособлениями для сборки.

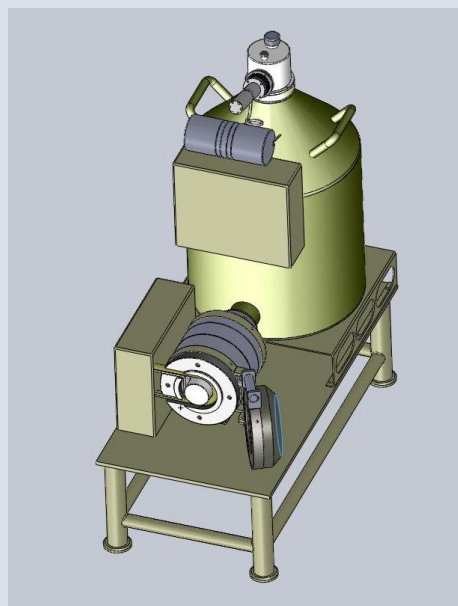
Цилиндрическая конструкция оптимальна, поскольку позволяет сократить вес защиты.

SolidWorks – система автоматизированного проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения. Предназначена для проектирования деталей и сборок в трехмерном пространстве (3D проектирование), а также для оформления конструкторской документации,

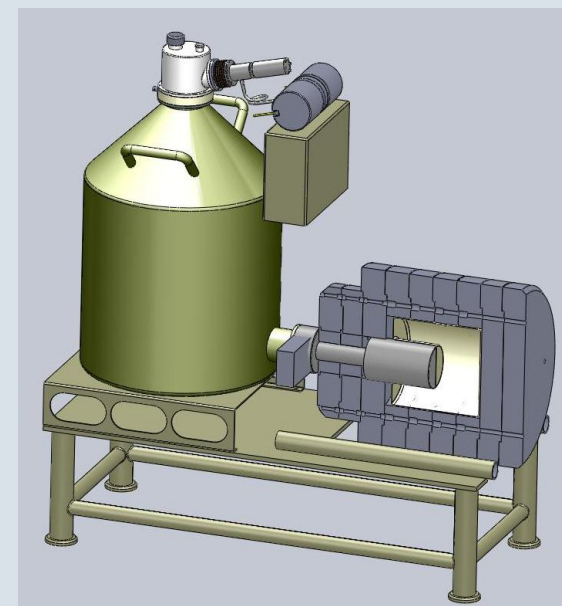
Объекты проектирования – спектрометры с защитой



Автоматизированный
гамма-спектрометр

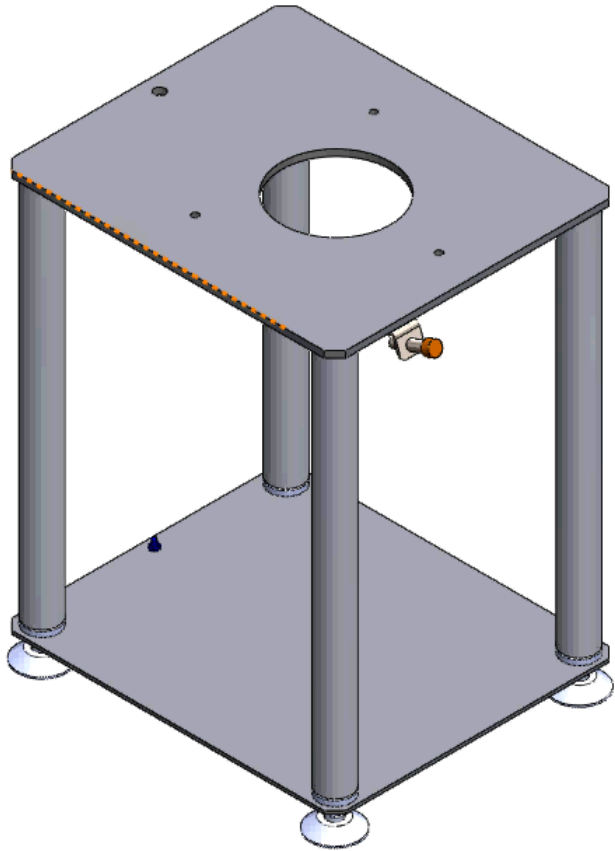


Анализатор
жидкостей



Анализатор газов

- Assembly
 - bsi2.098.555 (Default<Display State-1>)
 - Sensors
 - Annotations
 - Lights, Cameras and Scene
 - Front Plane
 - Top Plane
 - Right Plane
 - Origin
 - (f) 03.09.09-bsi5.098.004 KRaust1
 - (-) 03.09.09bsi8.098.001<1> (Defa
 - (f) a03.09.09bsi8.098.002<1> (Defa
 - 03.09.09bsi8.098.003<1> (Default)
 - (-) 03.09.09bsi8.098.009<1> (Defa
 - 03.09.09bsi8.098.004<1> (Default)
 - (-) a03.09.09bsi8.098.004-01<1> (
 - (-) 03.09.09bsi6.098.011 KR<1> (D
 - (-) a03.09.09bsi8.098.005<1> (Def
 - (-) 03.09.09bsi8.098.068<2> (Defa
 - a03.09.09bsi6.098.004 KR<1> (Def
 - (-) 03.09.09bsi5.098.001 KR<1> (D
 - (-) 03.09.09Djuar-obrazec<1> (Flo
 - (-) 03.09.09-bsi2.094.002ver01<1>
 - (-) Chashka_Marinelli<1> (Default)
 - (-) 03.09.09bsi8.098.007<2> (Defa
- Mates
 - LocalPattern1



*Isometric

Model Motion Study 1

Особенности изготовления

**Вес,
габариты,
вязкость свинца,
жесткость вольфрама.....**

Лабораторный ОЧГ спектрометр с защитой



Материалы защиты и дизайн

Снаружи - свинец

Толщина стенок: 10 см,

Активность ^{210}Pb в свинце:

< 50 Бк/кг или < 5 Бк/кг,

Изнутри – медь

Толщина вставки: 9 мм

Размеры измерительной камеры:

202 x 300 мм (диаметр x высота)



Анализатор радиоактивности теплоносителя первого контура ядерного реактора



Толщина **свинцовой защиты** – 5 см

Геометрия измерений – проточная трубка U-образной формы из стекла

Алгоритм работы – набор фона, подача образца, измерение, промывка



Автоматизированный ОЧГ спектрометр для радионуклидного анализа жидкостей



Основные компоненты:

1. ОЧГ детектор в криостате L-типа с удаленным предусилителем сигналов
2. Модульная **свинцовая защита** (5 см)



Автоматизированный ОЧГ спектрометр для радионуклидного анализа газов



Основные компоненты:

1. ОЧГ детектор в криостате U-типа с удаленным предусилителем сигналов
2. Модульная **свинцовая защита** (10 см)
3. Система ожижения паров азота на базе охладителя Стирлинга
4. Измерительный блок – система клапанов, измерительная кювета



Мобильный ОЧГ спектрометр для полевого применения

Состав системы:

1. Блок детектирования на основе ОЧГ детектора в портативном сосуде Дьюара
2. Кольцевая **свинцовая защита** детектора (толщиной 25 и 50 мм) и коллиматоры
3. Тыловая свинцовая защита детектора
4. Передвижная платформа с гидравлическим подъемником



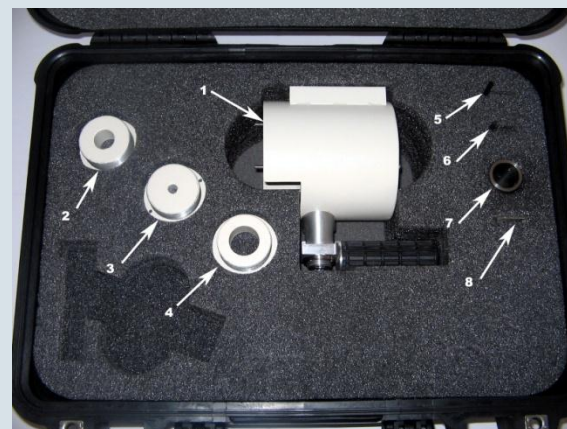
Портативный ОЧГ спектрометр HANDY



Материал защиты и коллиматоров:

Свинец (толщина 10 мм)

Изнутри и снаружи - стальное покрытие
толщиной 2 мм



Портативный ОЧГ спектрометр HANDY

Материал защиты и коллиматоров:

Сплав вольфрам/никель/медь 90/6/4

Толщина – 7 мм

4 коллиматора разного диаметра:

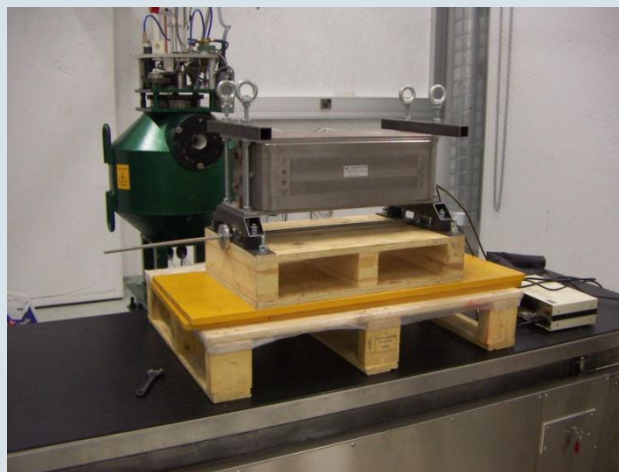
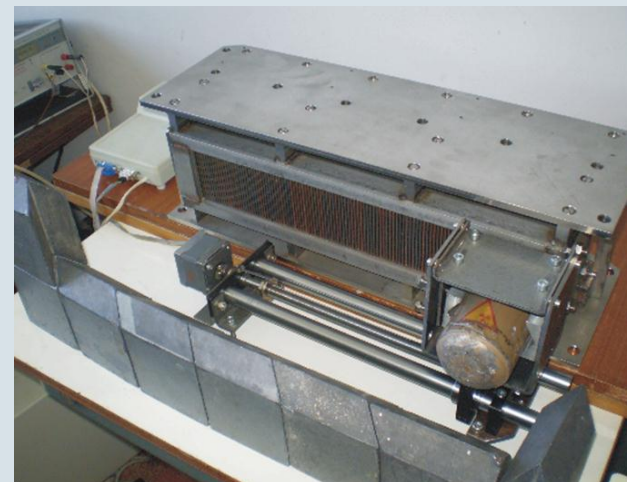
25, 15, 10 и 5 мм

Изнутри - слой меди толщиной 1,5 мм

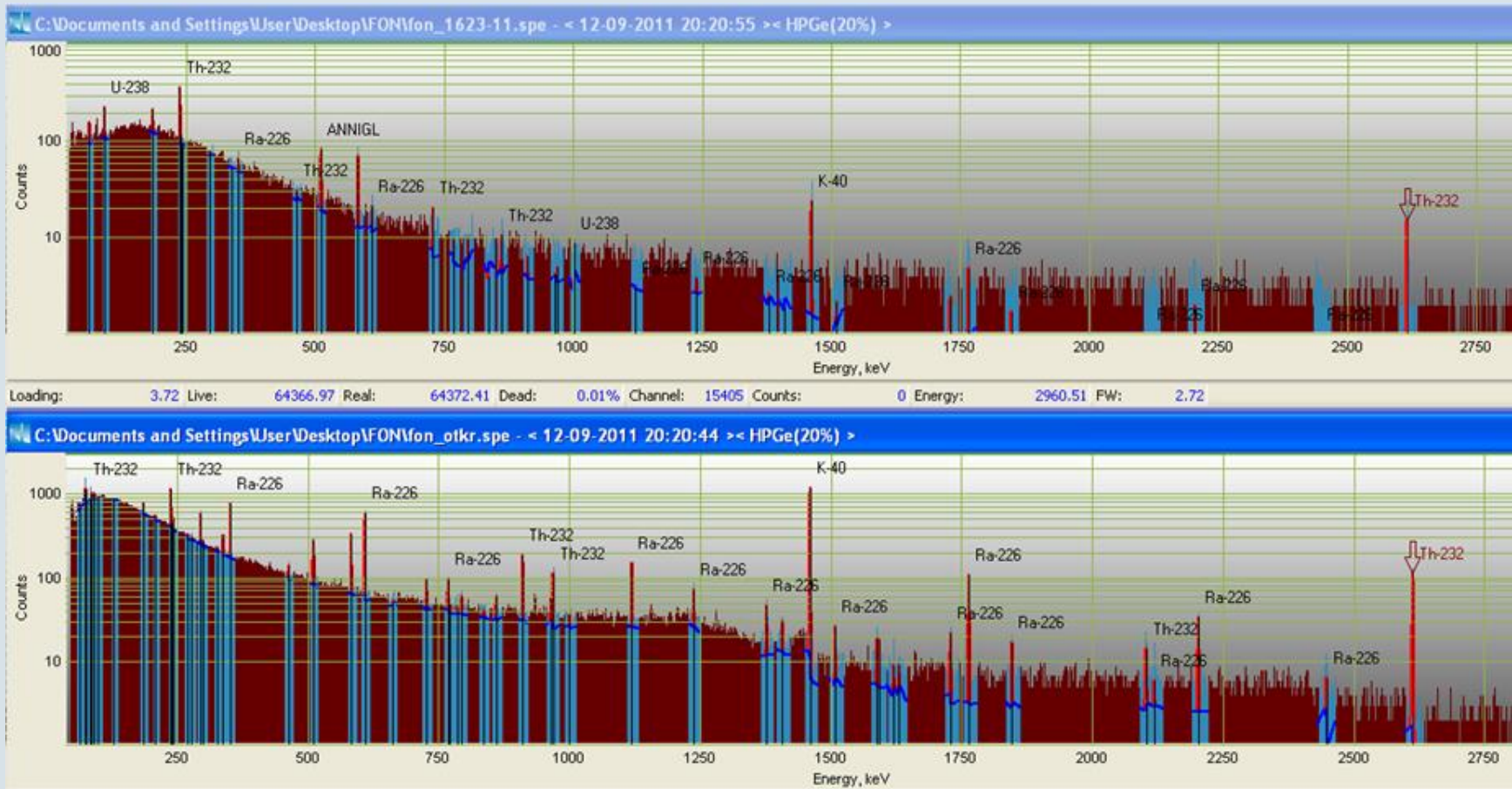


Томографическая система контроля сборок отработанного ядерного топлива

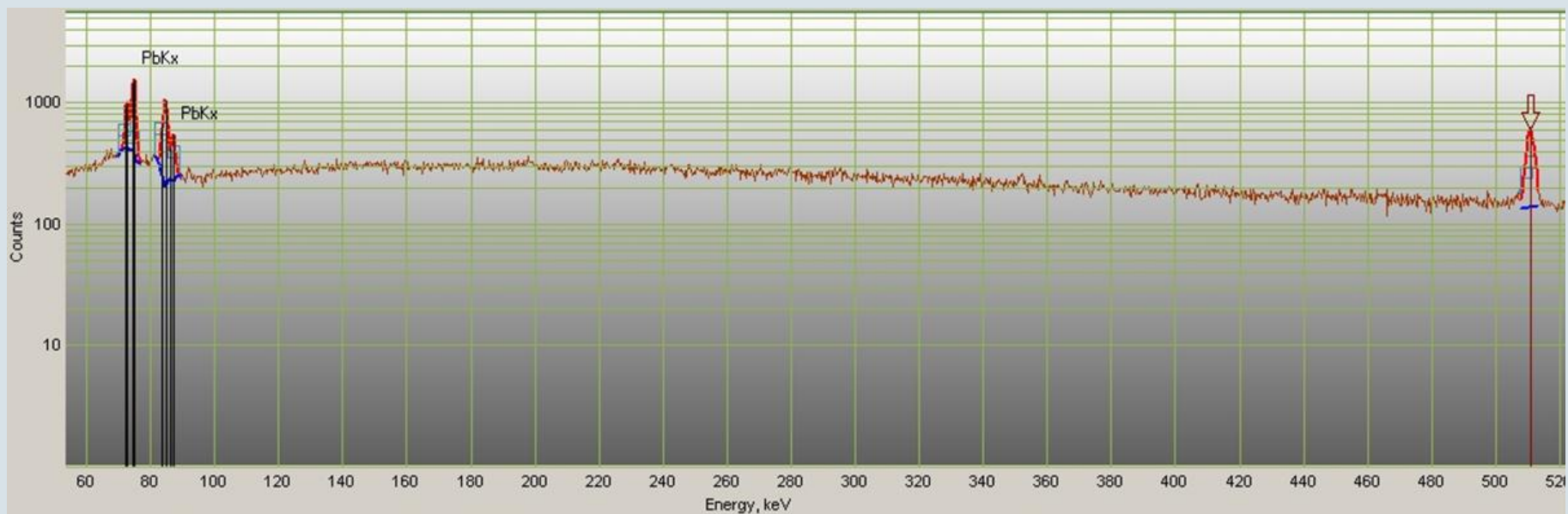
Включает в себя две линейки по 104 CdTe
детектора, установленных в **защиту из
вольфрама** с многощелевым коллиматором.



Сравнение спектров фона 50% ОЧГ детектора в стандартной закрытой защите (верхний) и в открытой защите



Фоновые характеристики



Спектр фона в энергетическом диапазоне от 50 до 520 кэВ 160% ОЧГ детектора р-типа в низкофоновом Al криостате в свинцовой защите толщиной 50 мм без внутреннего медного покрытия.

Выводы



1. Пассивная радиационная защита – важный элемент низкофоновых и ультранизкофоновых спектрометров на основе ППД
2. Проектирование и подготовка изготовления ведется в среде **SolidWorks**
3. Дизайн – модульной конструкции
4. Изготовление имеет ряд специфических особенностей, принимая во внимание вес и свойства применяемых материалов
5. Различные варианты защиты реализованы в аппаратуре фирмы