

# Блок Детектирования с CdTe P-I-N детектором с системой подавления поляризации

Ю. Петухов (1), Г. Путенис (1), С.Мулеванов(2),  
Д. Меркулов (3)

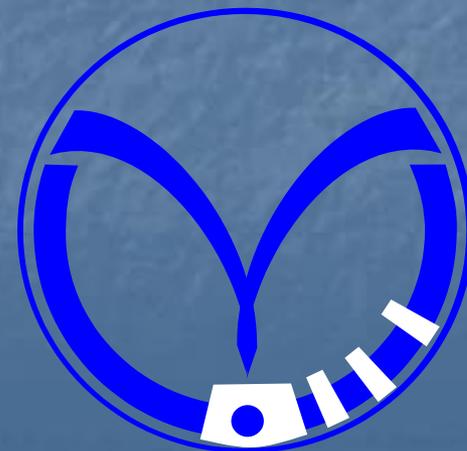
(1) Center of Radiation and Nuclear Safety (RNIIRP)  
Ltd, Riga, Latvia

(2) RSS Ltd, Riga, Latvia

(3) ELMI, Ltd, Riga, Latvia

**РНИИРП**

**Ganibu Dambis 26, Riga, LV-1005**  
**petoukhov@btv.lv**



# Немного о нас

Данная работа представлена лабораторией спектроскопии Центра радиационной и ядерной безопасности «РНИИРП» и выполнена совместно с компаньонами из фирм «RSS» и «Elmi».

Лаборатория спектроскопии создана в 1998 году и является правопреемником Отдела полупроводниковых детекторов и блоков детектирования на основе широкозонных полупроводников РНИИРПа времён СССР.

Лаборатория выполняет следующие работы:

- Исследование электрофизических параметров широкозонных полупроводников для изготовления детекторов
- Разработка технологии изготовления различных типов детекторов на основе широкозонных полупроводников
- Исследование электрофизических и спектрометрических параметров детекторов
- Разработка блоков детектирования на основе широкозонных полупроводников

# Содержание

- Вступление
- Анализ поляризации в CdTe p-i-n детекторах
- Экспериментальные результаты с CdTe p-i-n детекторами
- Заключение

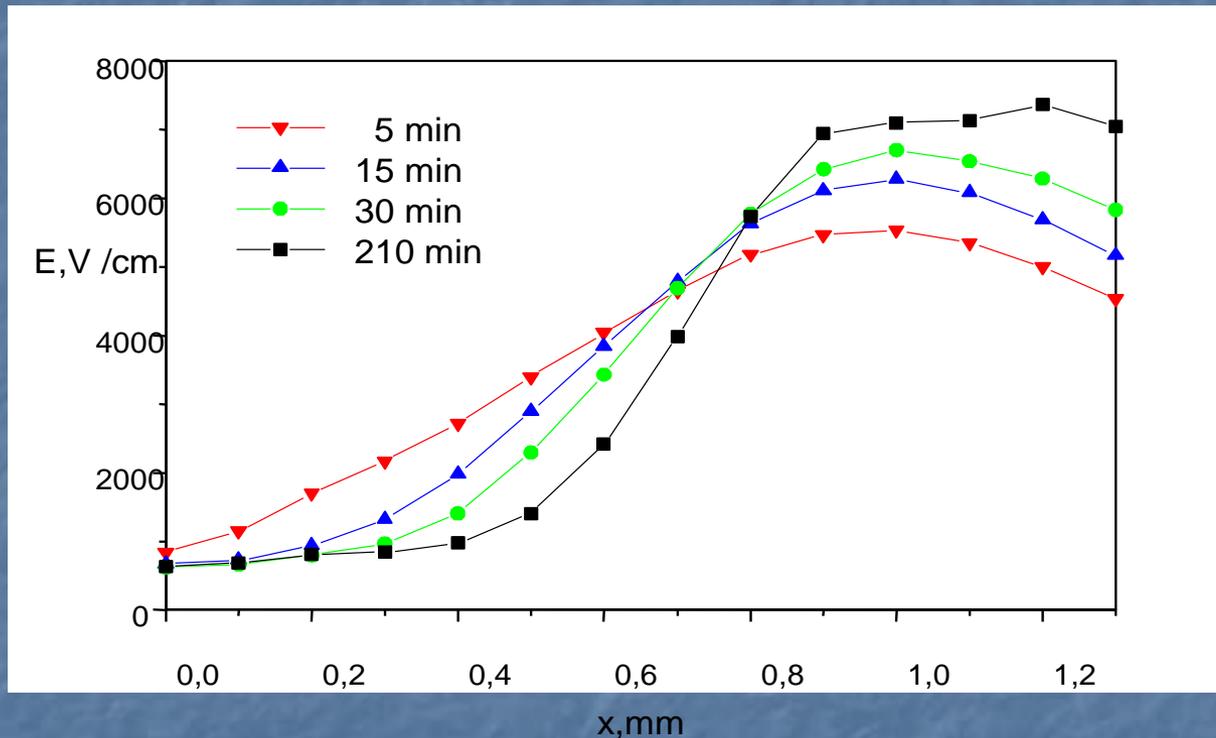
# Вступление

Детекторы из CdTe с P-I-N структурой в настоящее время широко применяются для спектрометрии рентгеновского и гамма излучения. Отличительной особенностью CdTe детекторов с PIN структурой является высокая эффективность регистрации, низкая величина темнового тока при высоком значении напряжения смещения детектора, что позволяет реализовать высококачественную спектрометрию рентгеновского и гамма излучений. В то же время нестабильность характеристик детектора во времени, вызванная его поляризацией, ограничивает его практическое применение. В настоящей работе приводятся результаты разработки Блока детектирования, снабженного специальной системой уменьшения влияния эффекта поляризации CdTe PIN детектора.

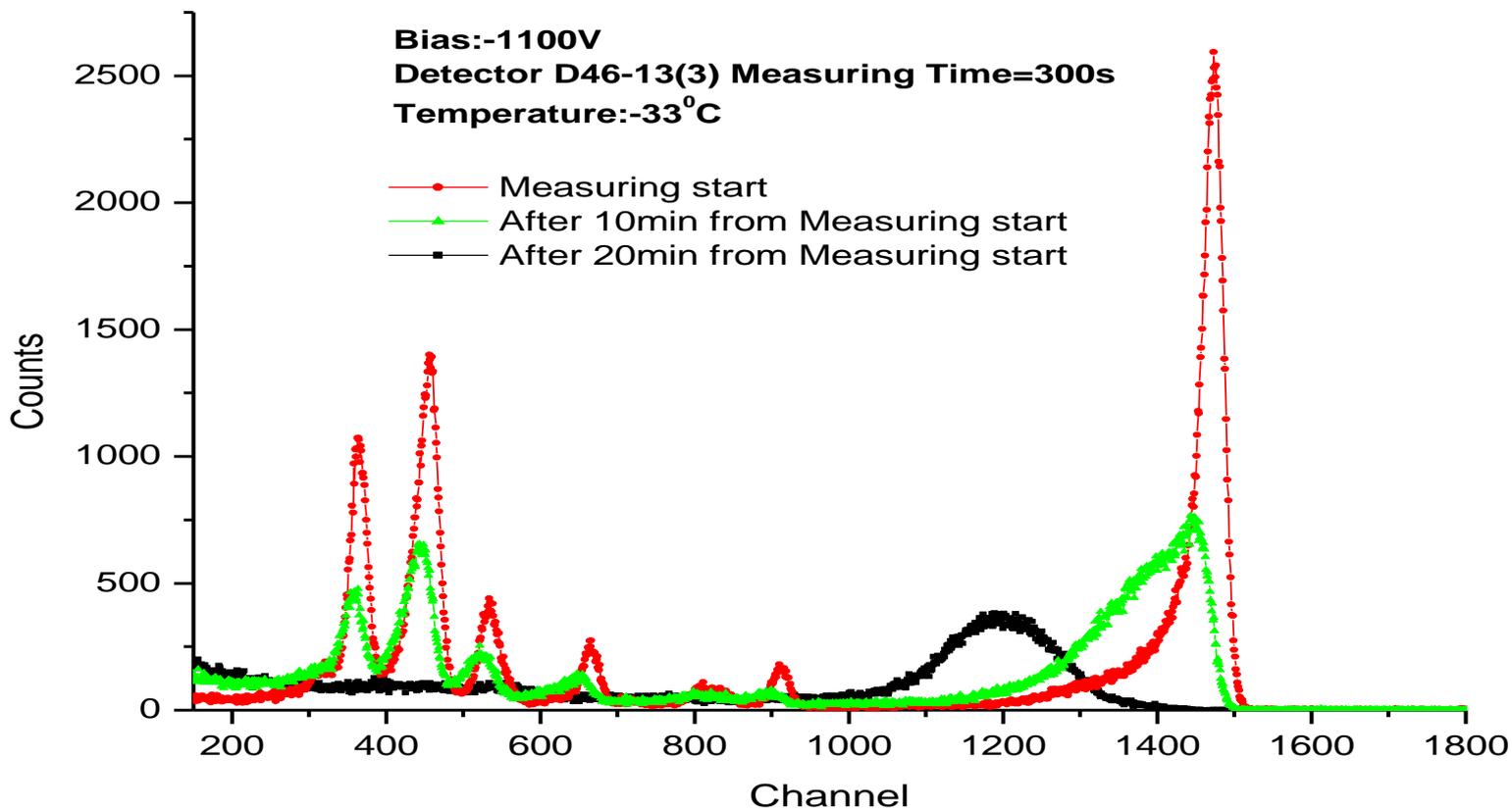
# Динамика поляризации после подачи напряжения на P-I-N структуру

1. Распределение электрического поля в P-I-N структура не является стабильным. После приложения обратного напряжения в I-области нарушается равновесие. Но это происходит не мгновенно, а во времени, продолжительность которого определяется постоянной времени  $T^* = 1 / N_T \sigma v \exp ( E_T / kT )$  где  $N_T$  - концентрация глубоких уровней  $E_T$ , находящихся в середине запрещённой зоны,  $\sigma$  – сечение захвата носителей,  $v$  - тепловая скорость носителей,  $k$  – постоянная Больцмана,  $T$  - температура кристалла .
2. Лучшие кристаллы CdTe имеют концентрацию глубоких уровней  $6 \times 10^{11} \text{ ат/см}^3$  до  $5 \times 10^{12} \text{ ат/см}^3$ . Используя такие кристалла можно сделать стабильные CdTe детекторы с P-I-N структурой с толщиной I-области менее 0,5мм.

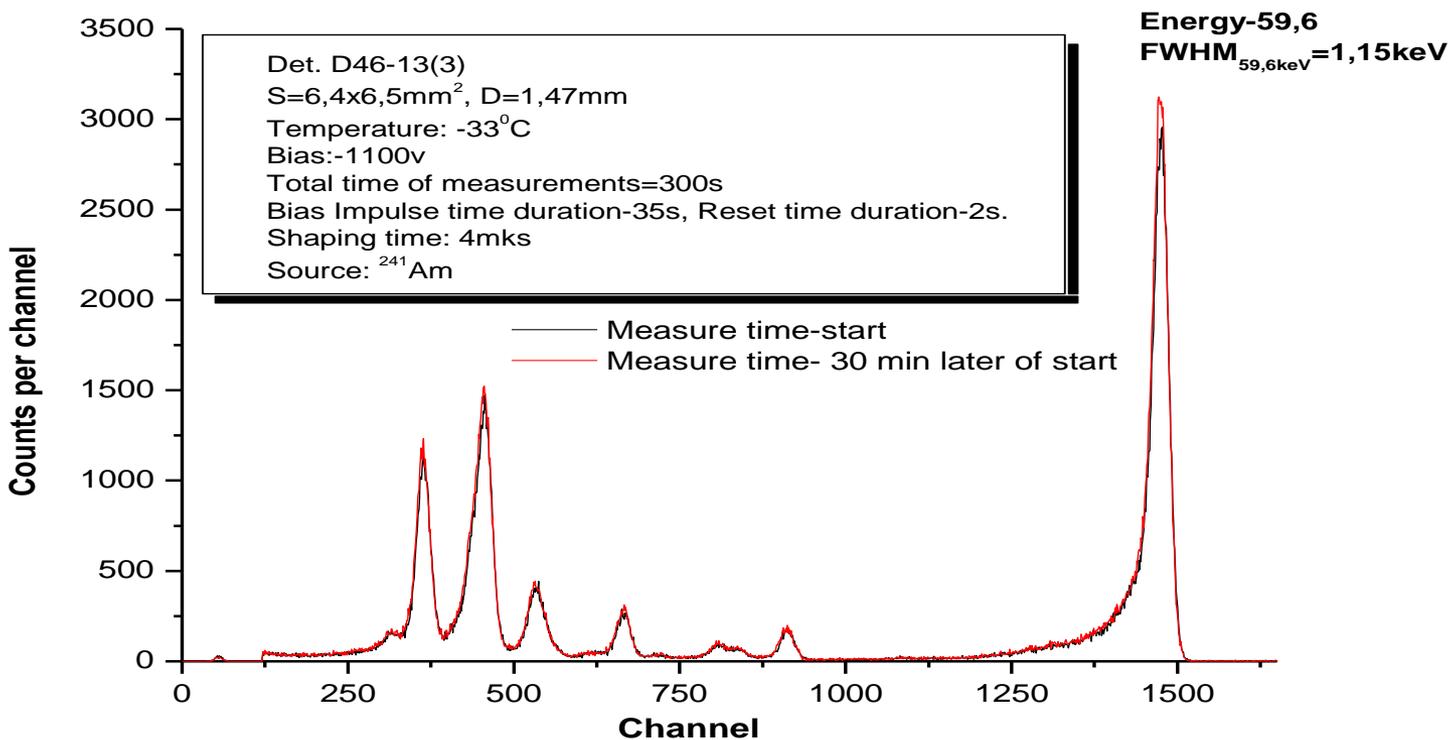
# Динамика изменения распределения электрического поля в чувствительном объёме CdTe p-i-n детектора



Энергетический спектр изотопа  $^{241}\text{Am}$ .  
CdTe P-I-N детектор  $6.4 \times 6.5 \times 1.47$  мм при рабочей  
температуре  $-33^\circ\text{C}$ .  
при постоянном напряжении смещения 1100В



Энергетический спектр изотопа  $^{241}\text{Am}$ .  
CdTe P-I-N детектор  $6.4 \times 6.5 \times 1.47$  мм при рабочей  
температуре  $-33^\circ\text{C}$ .  
при напряжении смещения 1100В в режиме  
периодического сброса



# Расчёт времени начала поляризации

Table 1  
Thermal release times of several trap levels at different temperatures

$E_v + E_t$	$\tau_D (+20^\circ\text{C}), T=293 \text{ K}$	$\tau_D (-30^\circ\text{C}), T=243 \text{ K}$	$\tau_D (-35^\circ\text{C}), T=238 \text{ K}$	$\tau_D (-40^\circ\text{C}), T=233 \text{ K}$
0.4 eV	$10^{-4} \text{ s}$	$2.18 \times 10^{-3} \text{ s}$	$3.5 \times 10^{-3} \text{ s}$	$5 \times 10^{-2} \text{ s}$
0.6 eV	$10^{-1} \text{ s}$	32 s	1 min	1.66 min
0.65 eV	1.9 s	5.8 min	10.8 min	21.6 min
0.7 eV	14 s	65 min	2 hr	4.4 hr
0.75 eV	2 min	0.5 day	1 day	2.3 days
0.8 eV	0.25 hr	5.5 days	12 days	27 days
0.9 eV	1 day	1.8 yr	4.5 yr	11 yr
1.0 eV	10 days	222 yr	603 yr	1650 yr
1.1 eV	3 yr			

$$\tau_D = 10^{-11} \exp[(E_v + E_t)/kT], \text{ after Lampert and Mark [3].}$$

В зависимости от качества материала время стабильной работы детектора:

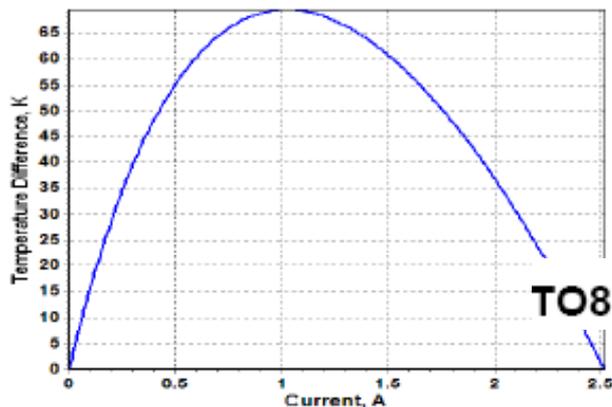
- При температуре (+20С) от 1,9 до 120 сек.
- При температуре (-30С) от 5,8 до 720 мин.
- При температуре (-40С) от 21,6 мин. до 2,3 дня

# Выводы

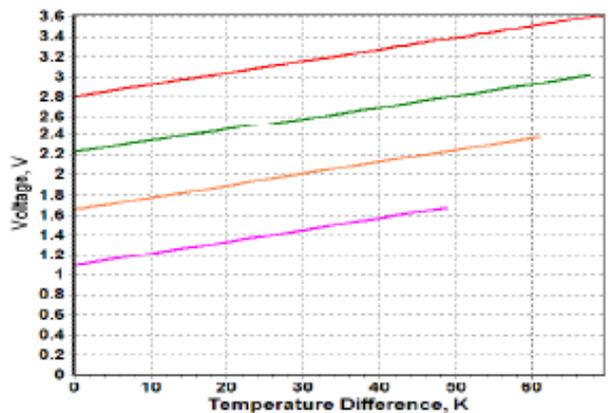
## Для стабильной долговременной работы детектора:

- 1 путь- Детектор надо отбирать по времени поляризации и охлаждать до температуры минус (-40) и менее.
- 2 путь- В зависимости от времени поляризации детектора периодически снимать напряжение с детектора и подавать его вновь.

# Характеристики стандартного ТЭМО Т0812.1МС0603015



T0812.1MS0603015



- Перепад темп.= 69 град. Ток=1А, Напряжение=3,4 В.
- Перепад темп.= 40 град. Ток=0,3А, Напряжение=1,4 В.

# Экспериментальные результаты с CdTe p-i-n детекторами

# Блок Детектирования

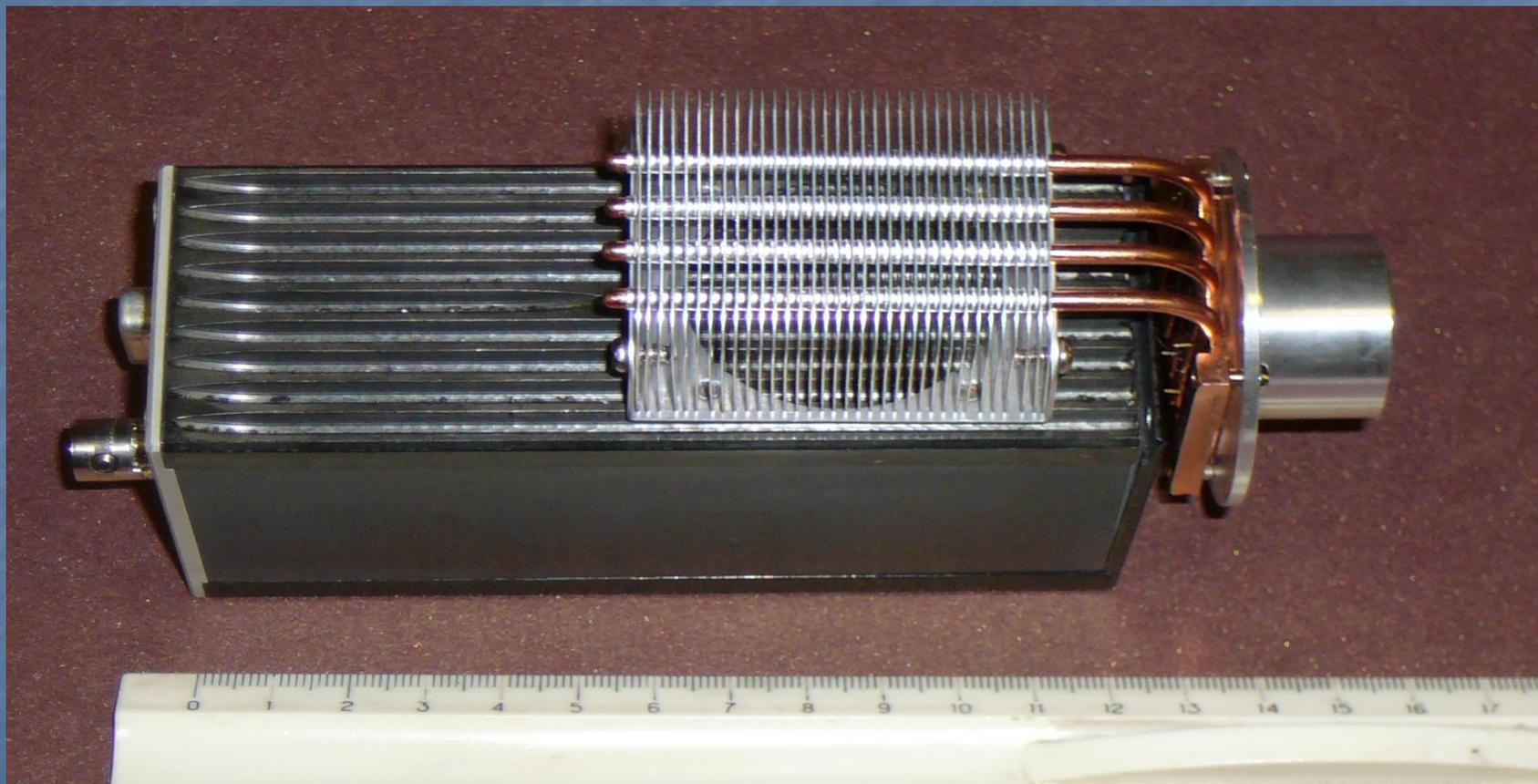
Габаритные размеры-  
160x55x60мм

Состав:

- Детектор с входным каскадом ЗЧПУ, установленный на ТЭМО
- Основная секция ЗЧПУ
- Корректор импульсов
- Микропроцессорный Блок управления режимами работы БД и детектора
- Высоковольтный блок питания для работы детектора



# Блок Детектирования

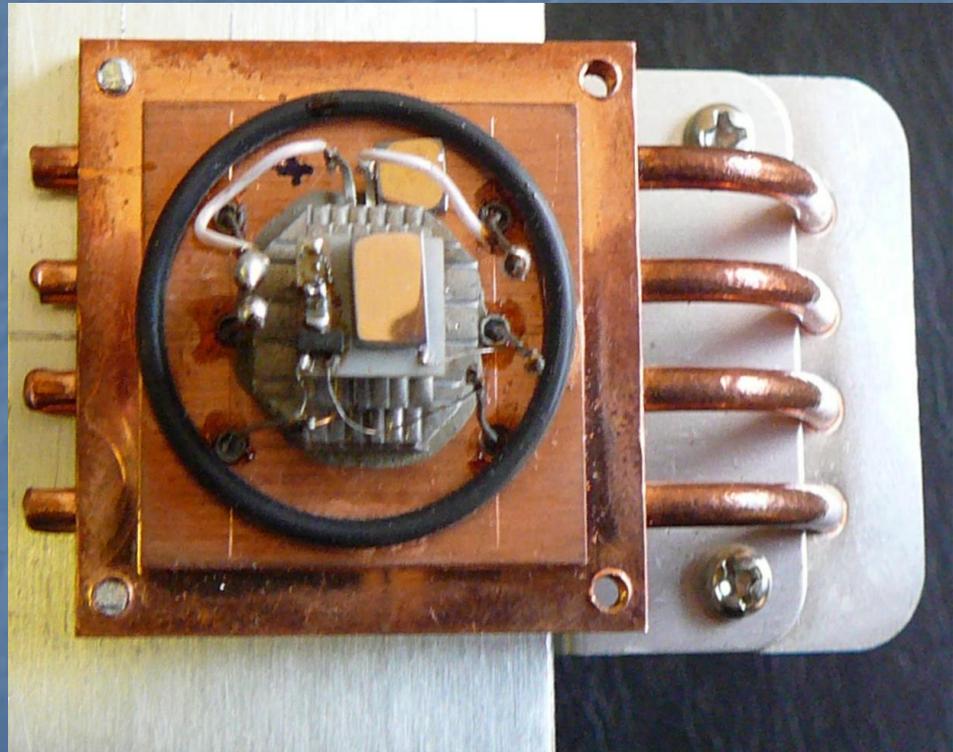


# Технические характеристики БД

- Диапазон регистрируемых энергий от 3 до 1500 кэВ
- Площадь детектора от 9 до 50 кв. мм
- Толщина детектора от 1 до 2 мм
- Энергетическое разрешение по линии 59,6 кэВ не более 1,3 кэВ
- Энергетическое разрешение по линии 122 кэВ не более 2,5 кэВ
- Энергетическое разрешение по линии 662кэВ не более 4,5 кэВ(0,7%)

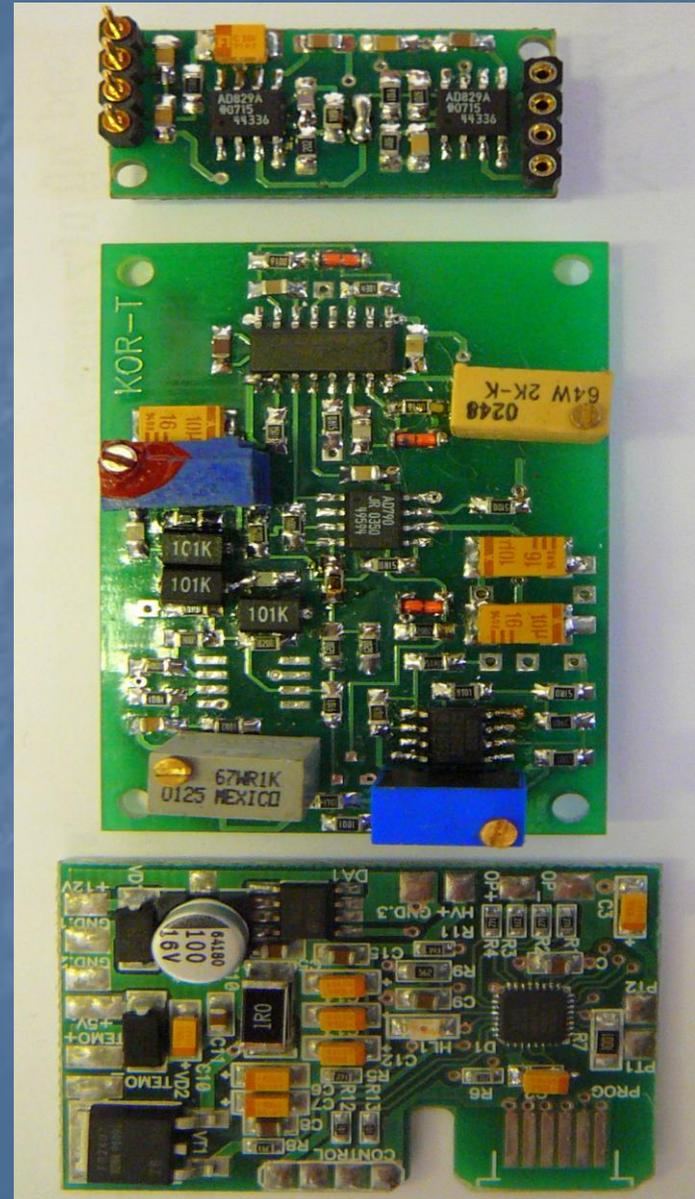
# Головной блок

- Детектор
- Входной каскад ЗЧПУ
- ТЭМО
- Радиатор с тепловыми трубами



# Узлы БД

- 1 - Основная секция ЗЧПУ
- 2 - Корректор импульсов
- 3 - Микропроцессорный Блок управления режимами работы БД и детектора

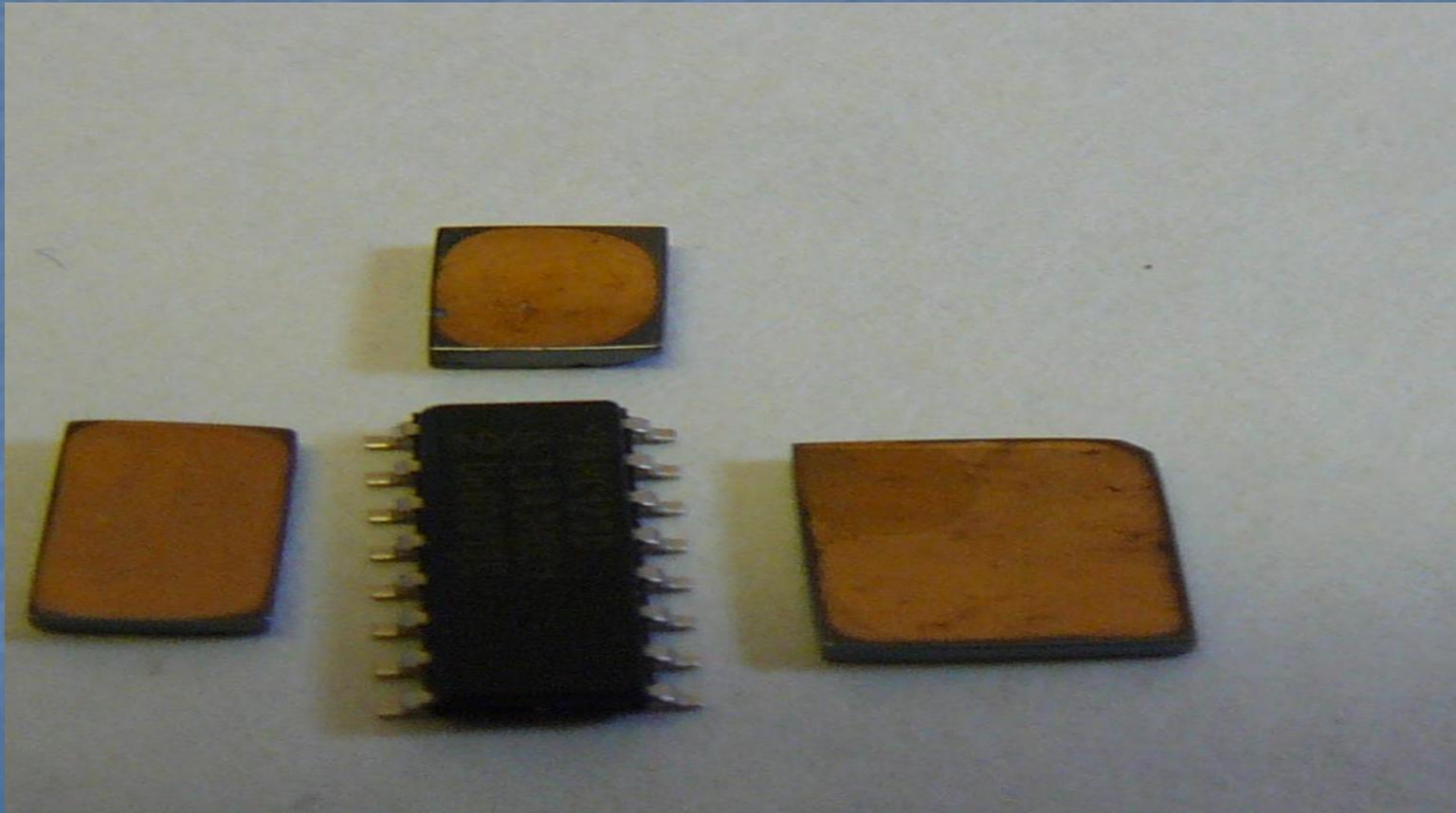


# Микропроцессорный Блок управления

- Габариты 30x43x7 мм.
- Питание от 6,5 до 12 Вольт, потребление электроникой без ТЭМО - 70мА , с ТЭМО от 0,5 до 1,5 Ампера (зависит от ТЭМО). Установка температуры -50 до +50 с шагом 1 градус , термодатчик платиновый, абсолютная точность температуры не хуже 0,1 градуса по Цельсию.
- Установка опорника для HV от 0 до 2000 Вольт, с шагом 10 Вольт.
- Установка скорости нарастания HV от 10 до 200 Вольт в секунду.
- Установка времени между срабатываниями оптореле от 1 до 300 секунд, с шагом 1 секунда.
- Установка длительности удержания оптореле от 0,1 до 5 секунд, с шагом 0,1 секунда.

Все параметры блока управления настраиваются внешним программатором, после отсоединения которого все установки сохраняются в энергонезависимой памяти микроконтроллера Atmega8

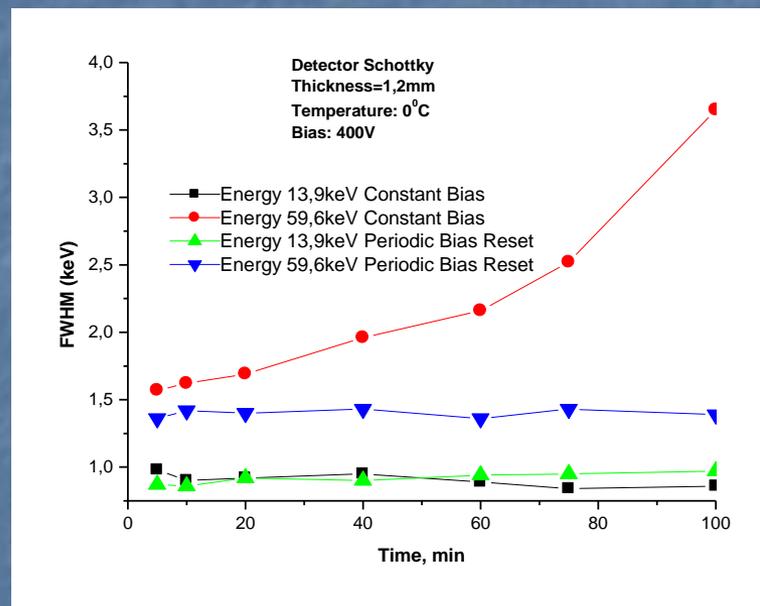
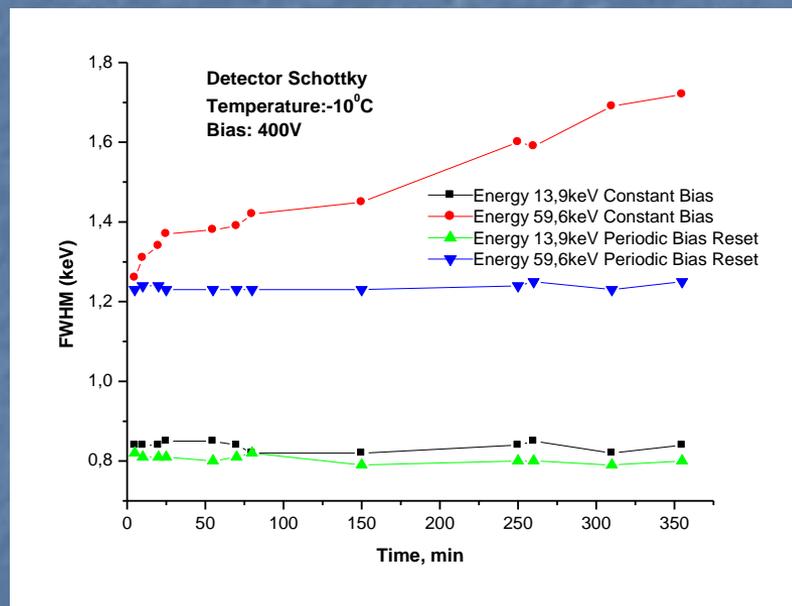
# Детекторы



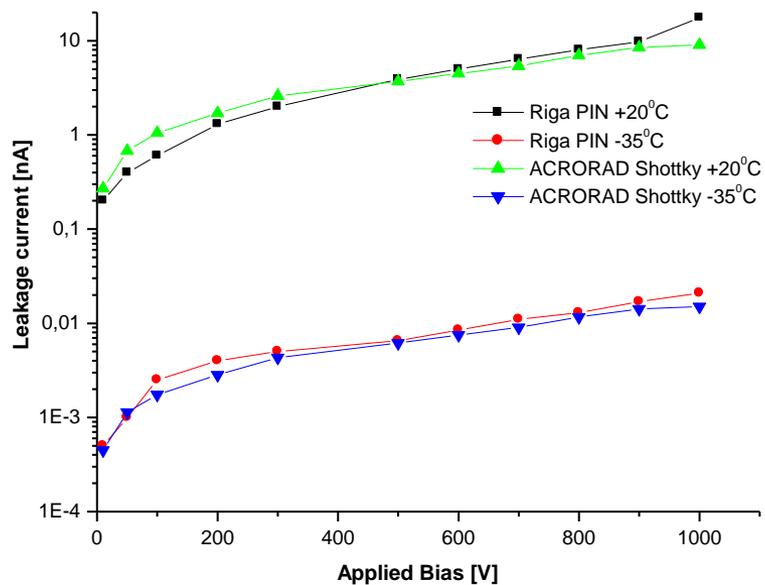
# Зависимость энергетического разрешения от времени непрерывной работы CdTe детектора при постоянном рабочем напряжении и периодическом импульсном питании при разных температурах детектора.

Рабочая температура детектора  $-10^{\circ}\text{C}$

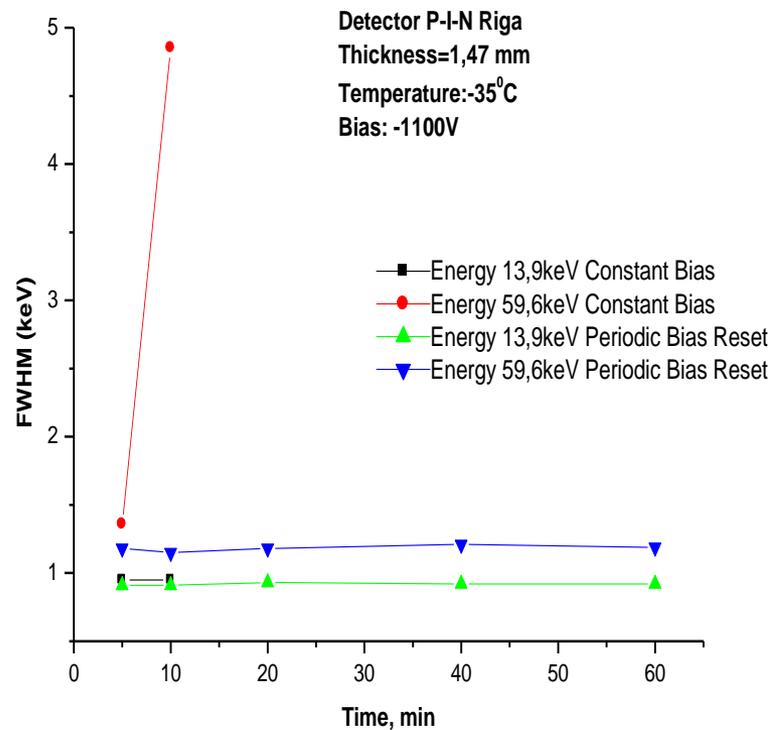
Рабочая температура детектора  $0^{\circ}\text{C}$



■ В\A характеристика в зависимости от температуры Детектора



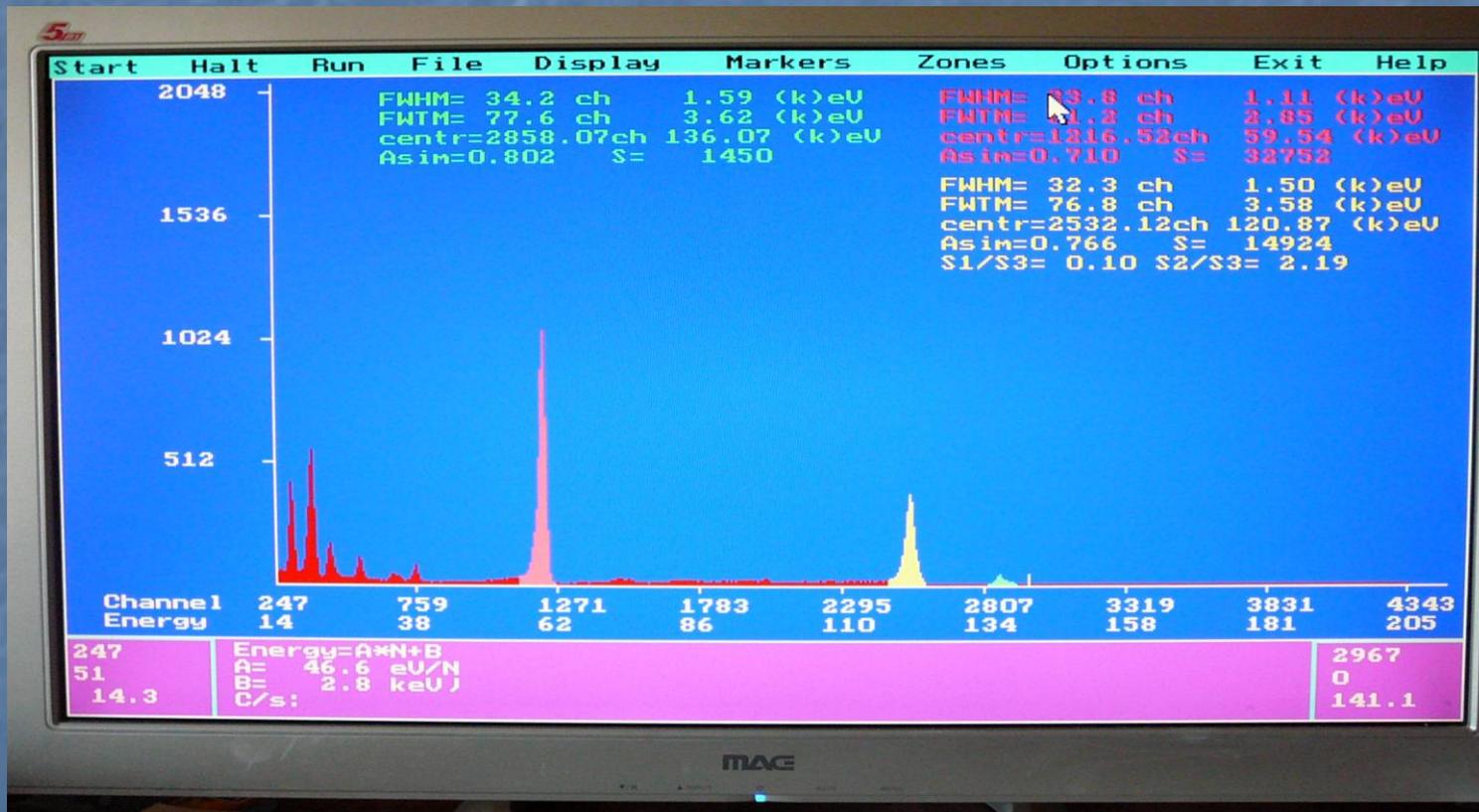
■ Рабочая температура детектора -35°C



# Резюме

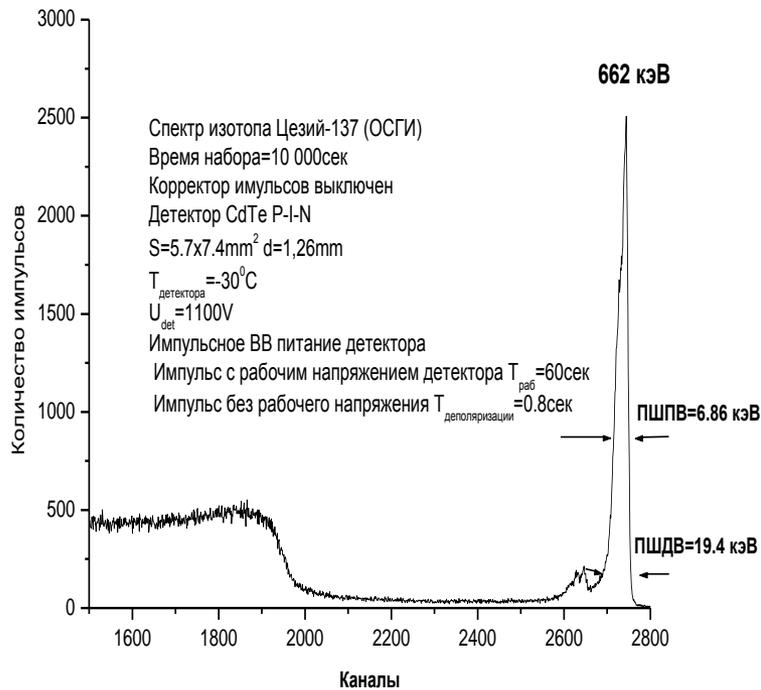
- Наглядно видно, что при постоянном смещении детектора его спектр деградирует во времени. При использовании же импульсного питания детектора его спектр стабилен **ПРИ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ.**
- Потеря во времени измерения, затрачиваемое на периодическое переключение ВВ напряжение детектора составляет величину не более **1%** от общего времени измерений

# Спектр америций-241 и кобальт-57 с корректором и имп. пит.

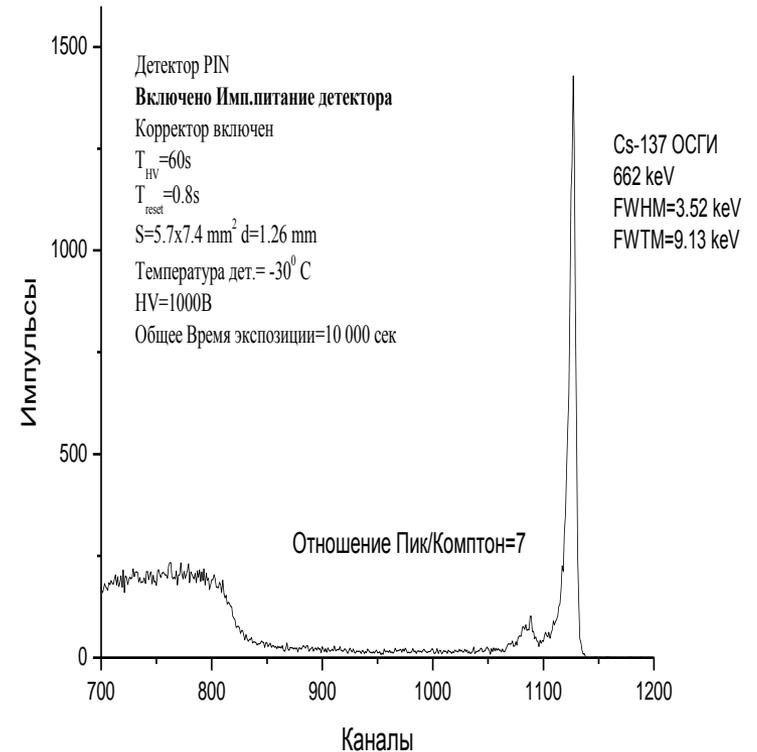


# Детектор CdTe P-I-N с импульсным ВВ питанием

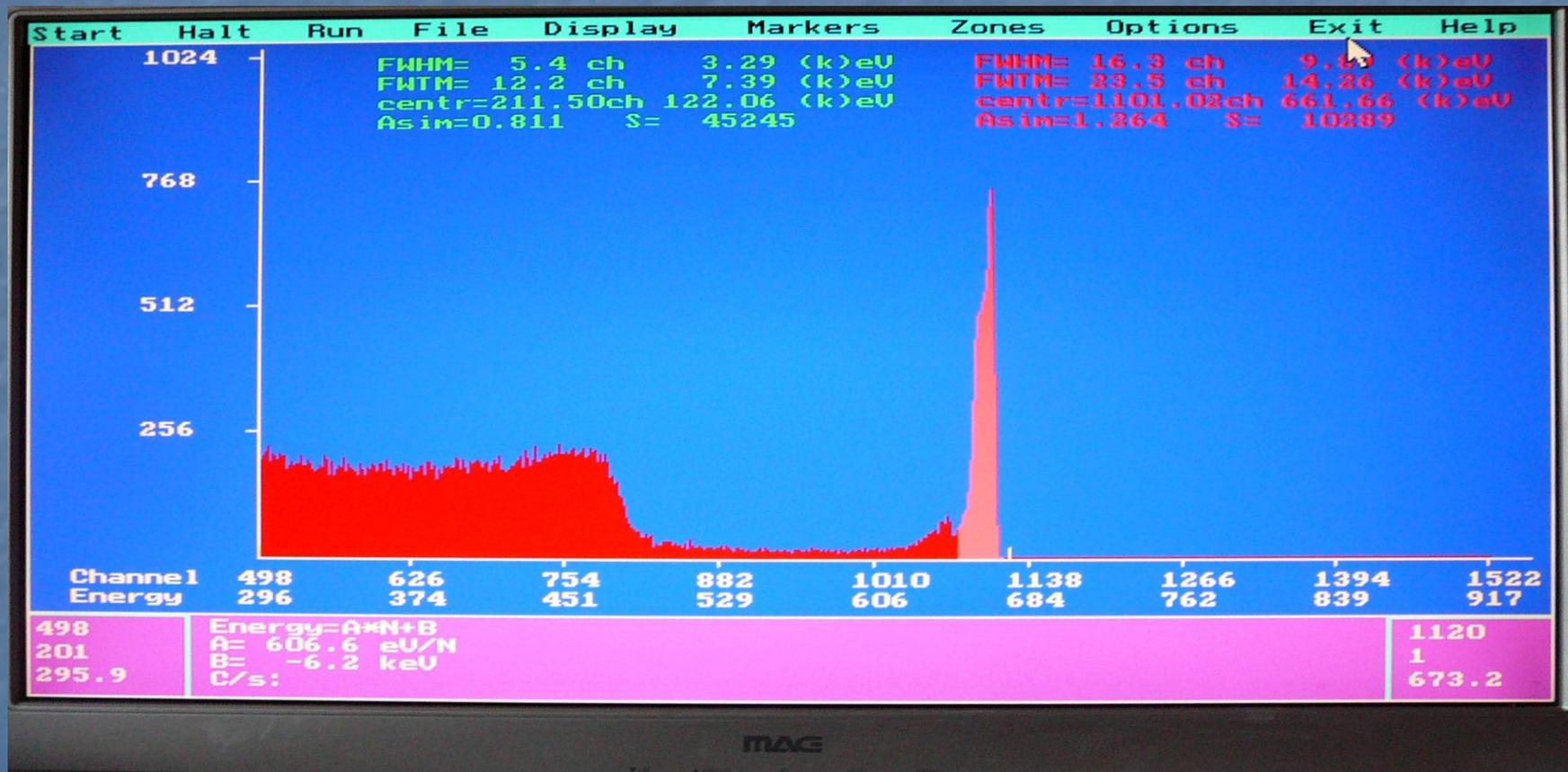
- Без коррекции импульсов



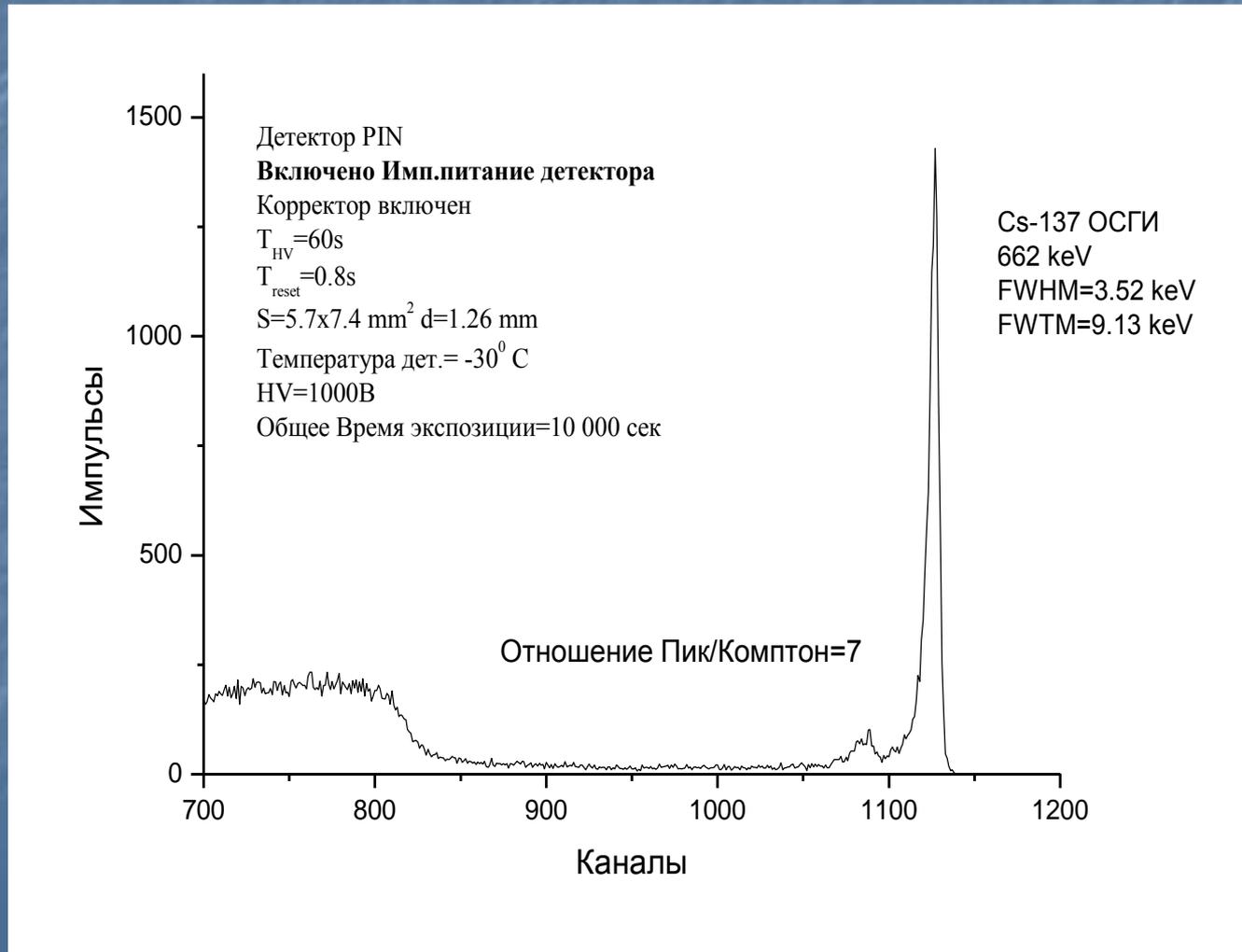
- С коррекцией импульсов



# Спектр изотопа цезий-137 без корректора и имп. пит.



# Детектор CdTe P-I-N с импульсным питанием и с корректором



# Заключение

- Наглядно видно, что при постоянном смещении детектора его спектр деградирует во времени. При использовании же импульсного питания детектора его спектр стабилен ПРИ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ.
  - Потеря во времени измерения(мёртвое время), затрачиваемое на периодическое переключение ВВ напряжение детектора составляет величину не более 1% от общего времени измерений
  - При использовании импульсного питания детектора становится возможным применять их при повышенных температурах, что позволяет, соответственно, снизить потребляемую мощность ТЭМО, используемого для термостатирования ППД, упростить и уменьшить конструкцию БД
- Развитие работ по дальнейшему изучению методов стабилизации во времени характеристик CdTe P-I-N детекторов позволит способствовать созданию новых блоков детектирования, предназначенных для создания портативных и с малым энергопотреблением приборов на их основе.

**Спасибо за внимание!**

**Юрий Петухов**

**«РНИИРП»**

**Ganibu Dambis 26, Riga, LV-1005**

**[petoukhov@btv.lv](mailto:petoukhov@btv.lv)**