

*Научно-производственное унитарное предприятие
«АТОМТЕХ»*

*Республика Беларусь, г. Минск
info@atomtex.com*

Интеллектуальный блок детектирования на основе кристалла $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ с диапазоном от 30 кэВ до 10 МэВ для исследования поля захватного гамма-излучения

Комар Д.И., Антонов А.В., Антонов В.И., Верхуша Ю.А., Гузов В.Д., Лукашевич Р.В.

**Sixth International Conference
ISMART 2018
Engineering of Scintillation Materials and
Radiation Technologies**

9-12 October 2018



Дозиметрический контроль гамма-излучения на АЭС

Гамма-излучение с энергией **6,13 МэВ** от реакции $^{16}\text{O}(n, p)^{16}\text{N}$

Эталонные дозиметрические измерения:

- ^{241}Am 0,060 МэВ
- ^{137}Cs 0,662 МэВ
- ^{60}Co 1,250 МэВ

Рекомендации по расширению энергетического диапазона:

- Приборы радиационного мониторинга окружающей среды вокруг АЭС

IEC 61017:2016

до 7 МэВ

Дозиметры для контроля рабочего места, включая аварийные ситуации

IEC 60846-1:2009 и *IEC 60846-2:2015*

до 10 МэВ





Для исследования спектрометрических и дозиметрических характеристик полей высокоэнергетического гамма-излучения необходимо разработать блок-компаратор на основе сцинтилляционного кристалла.

Спектрометрические блоки детектирования ионизирующего излучения с кристаллом бромида лантана $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$, как известно, обладают значительно лучшим энергетическим разрешением по сравнению с детекторами на основе традиционных кристаллов $\text{NaI}(\text{Tl})$.

Лучшее энергетическое разрешение и эффективность регистрации позволяют проводить анализ сложных полей гамма-излучения в высокоэнергетической области.





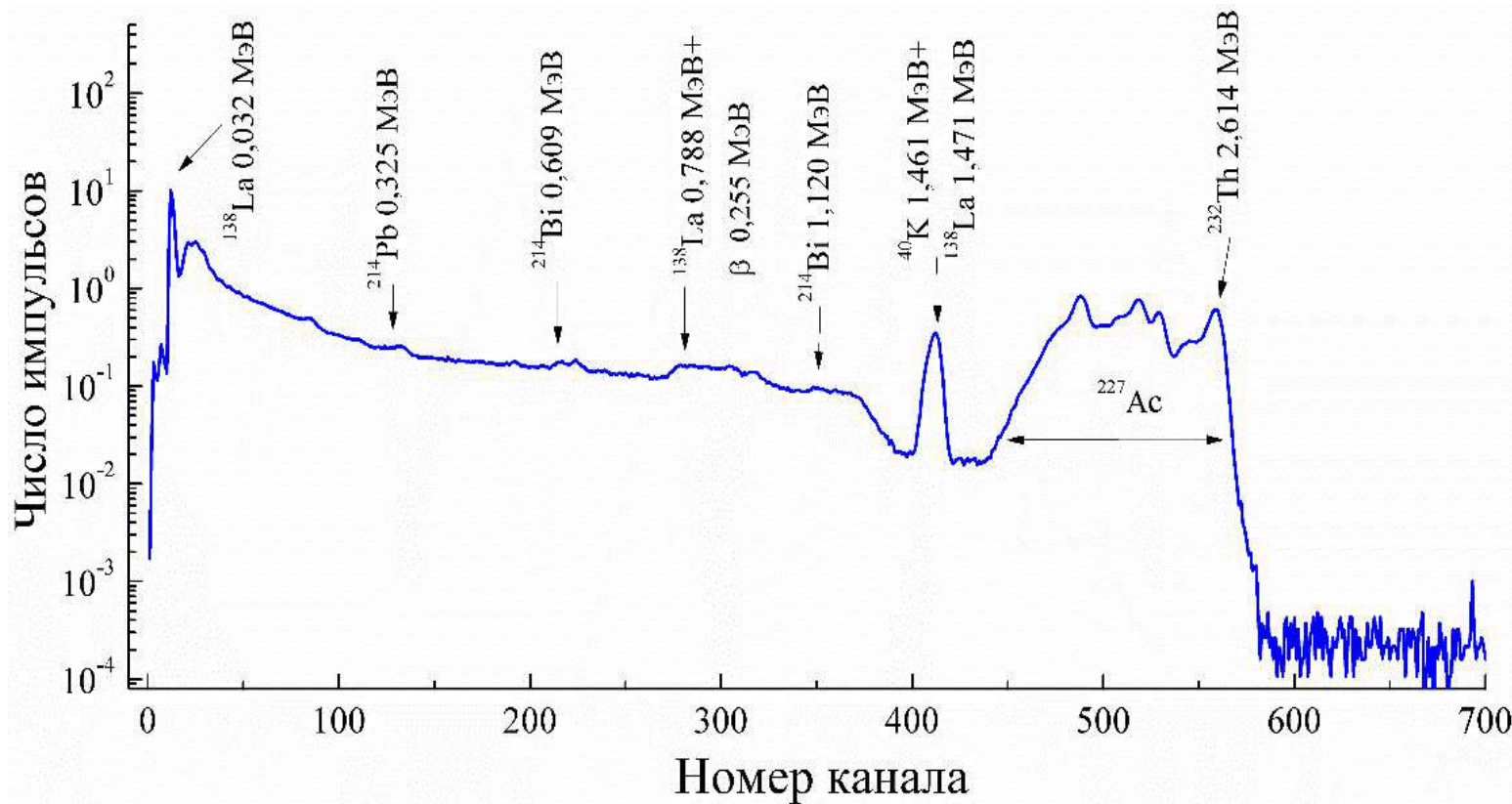
В УП «АТОМТЕХ» был разработан экспериментальный блок детектирования на основе $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ -кристалла размерами $\varnothing 38 \times 38 \text{ мм}$.

Блок имеет нелинейную характеристику преобразования канал-энергия в диапазоне до 10 МэВ с числом каналов АЦП, равным 1024.





Сцинтиллятор $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ обладает собственной внутренней активностью, обусловленной наличием нестабильного изотопа ^{138}La (0,09 %) и примесей изотопа ^{227}Ac



Однозначно идентифицируется наложенный пик ^{40}K (1,461 МэВ) и ^{138}La (1,436 МэВ) в районе 410 канала. Это дает преимущество при выполнении стабилизации энергетической шкалы без применения источников гамма-излучения, как в случае с детекторами на основе кристалла $\text{NaI}(\text{Tl})$.



Установка поверочная нейтронного излучения УПН-АТ140

Набор источников (до 3 шт.): $^{238}\text{Pu-Be}$ типа ИБН-8 до $5 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}$
 ^{252}Cf типа НК252М11 до $5 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$

**Воспроизведение и передача единиц
в коллимированном пучке или в
«открытой» геометрии**

**Плотность потока
быстрых нейтронов**

$2,5 - 3,5 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-2}$

**Плотность потока
тепловых нейтронов**

$1,0 - 1,4 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-2}$

$\pm 5\%$

Мощность

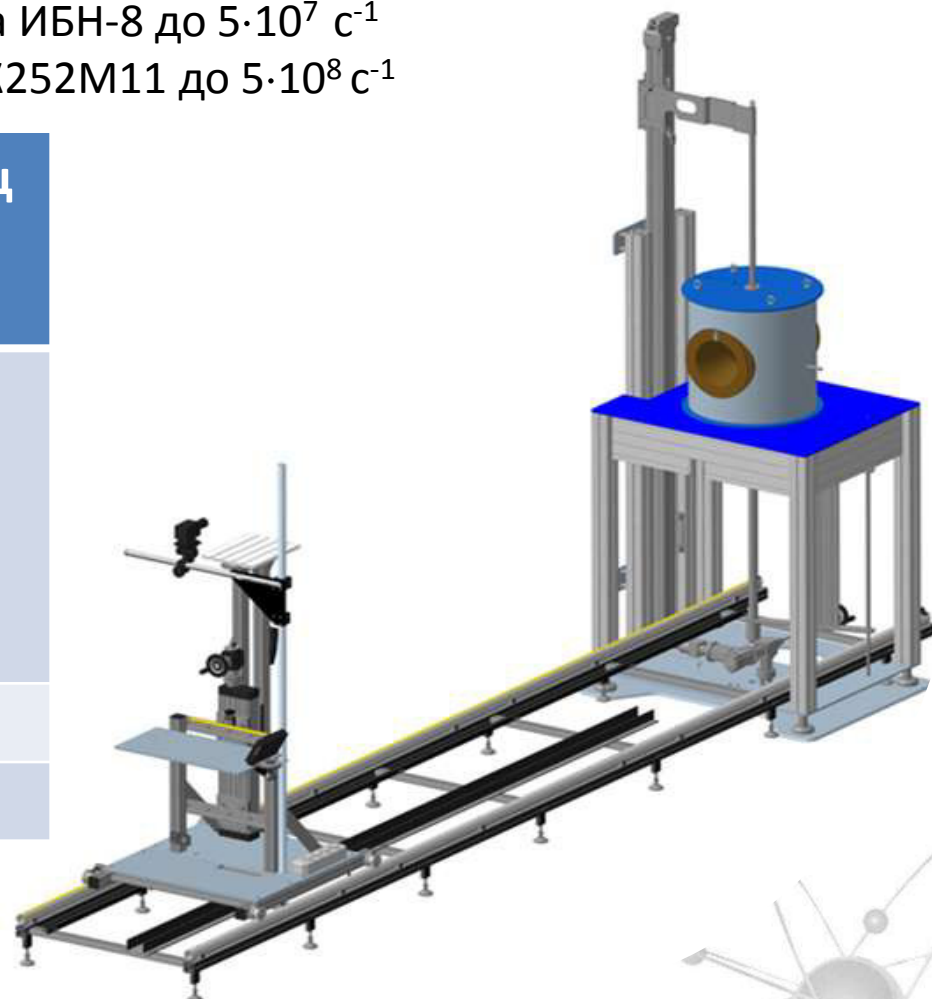
**амбиентного,
индивидуального
эквивалентов дозы**

$3,5 - 4,5 \cdot 10^3 \text{ мкЗв/ч}$

$\pm 7\%$

Интервал расстояний: от 0,7 до 3,0 м

Коэффициенты связи между значениями ППН и
МАЭД в соответствии со стандартом **ИСО 8529-3**



Рабочий эталон 1 или 2-го разряда по ГОСТ 8.031-82, ГОСТ Р 8.803-2012

Номер в Госреестре СИ РФ 63549-16 (до 28.03.2021)





На основании теоретических данных можно спрогнозировать какие линии гамма-излучения будут наиболее интенсивными в условиях тепловой геометрии УПН-АТ140

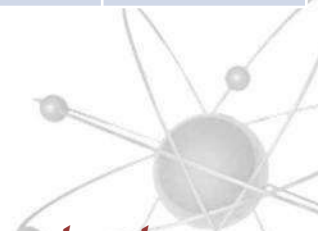
Наиболее интенсивные линии:

- 2,223 МэВ захват на ядре водорода
- 0,477 МэВ захват ядром бора
- 4,439 МэВ неупругое рассеяние на ^{12}C
реакция $^9\text{Be}(\alpha, n)^{12}\text{C}$ в источнике нейтронов

Существует возможность ослабления 4,439 МэВ от источника фильтром толщиной 10 см (свинец, вольфрам)

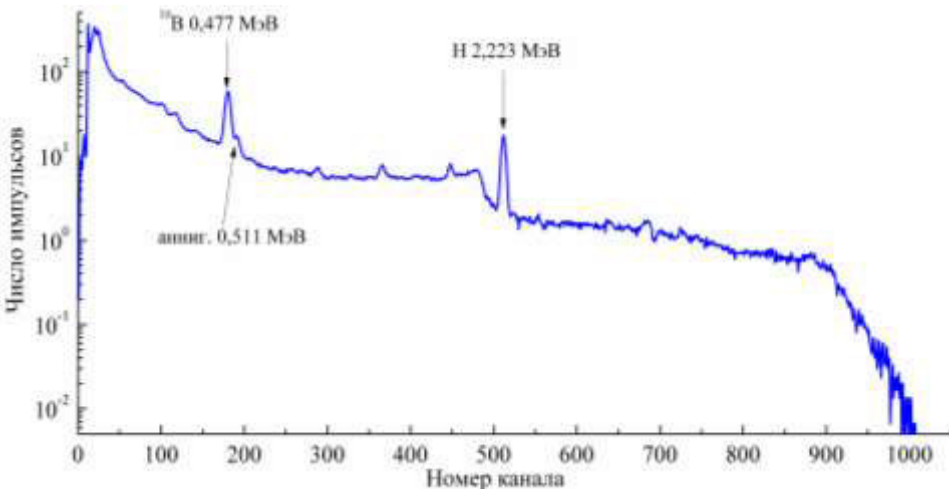
Мишени из титана и никеля

Титан		Никель	
Энергия фотонов, МэВ	Число фотонов на 100 захватов	Энергия фотонов, МэВ	Число фотонов на 100 захватов
0,342	26,3	0,283	3,3
1,381	69,1	0,465	13
1,498	4,1	0,878	3,9
1,586	8,9	6,581	2,3
1,762	5,6	6,837	10,8
4,882	5,2	7,537	4,5
4,869	3,6	7,819	8,2
6,418	30,1	8,121	3,1
6,557	4,7	8,533	17
6,761	24,2	8,999	37,7

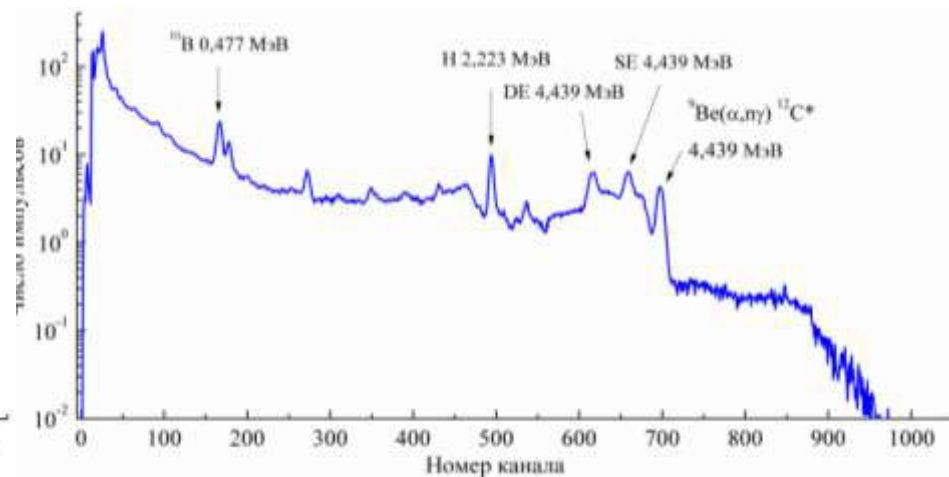




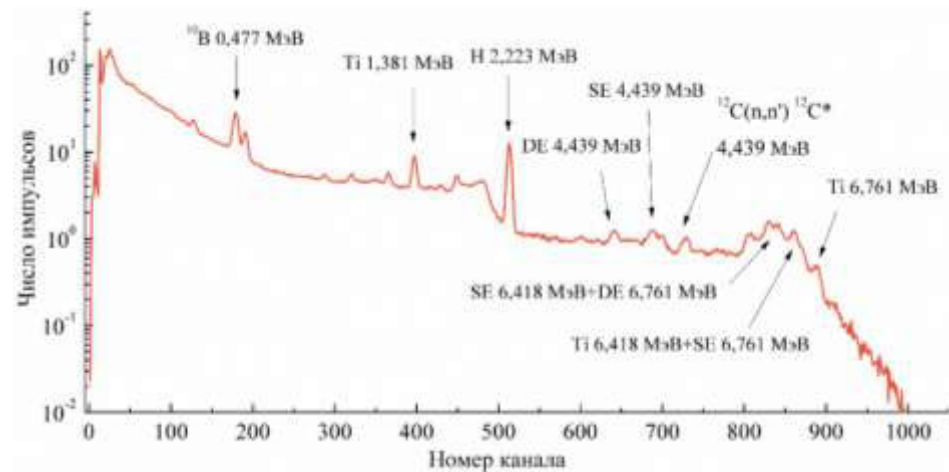
$^{238}\text{PuBe}$ с фильтром 10 см свинца $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$



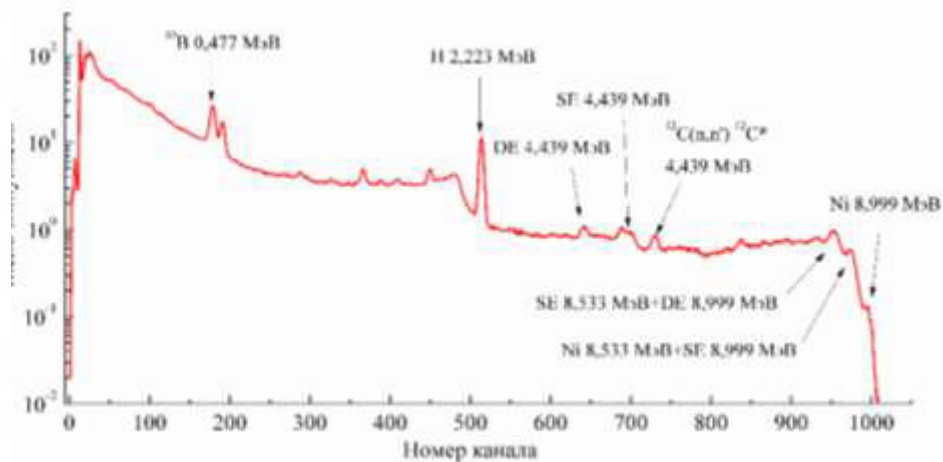
$^{238}\text{PuBe}$ без фильтра

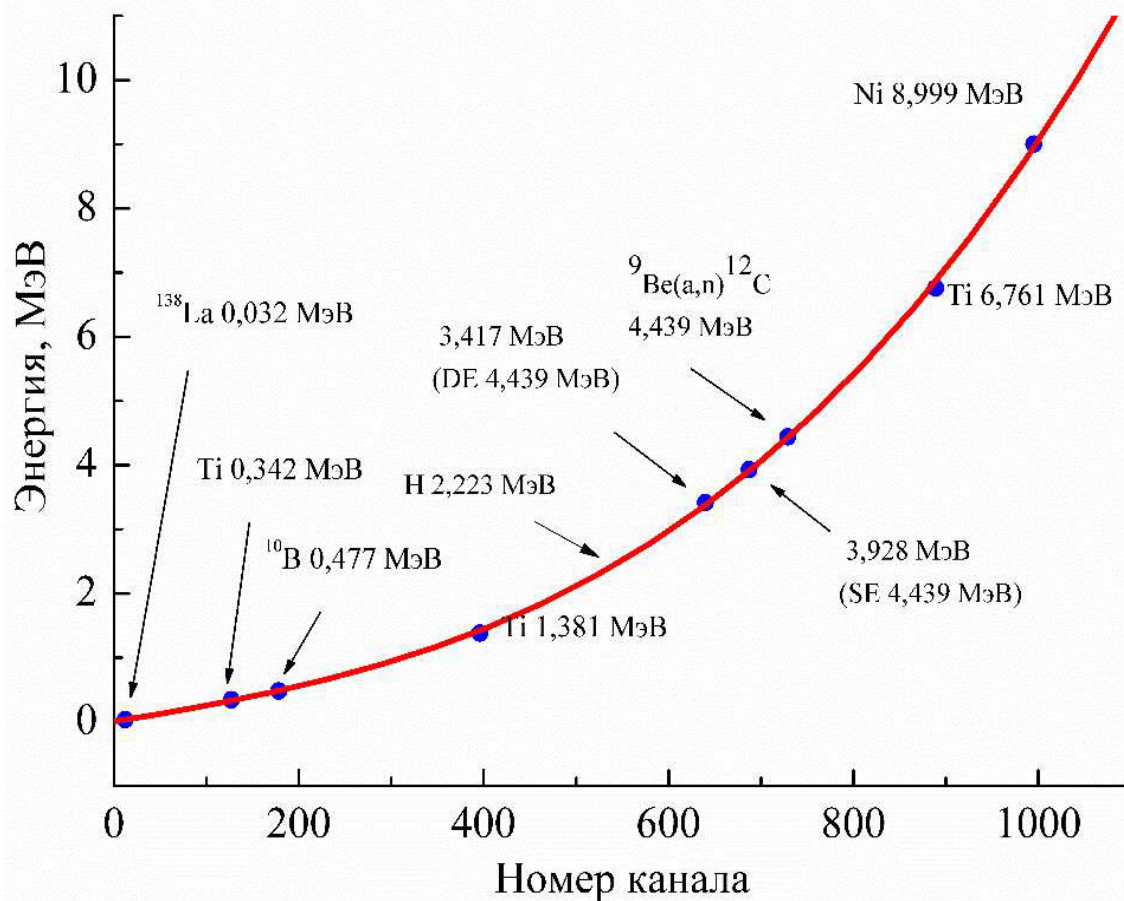


Мишень из титана



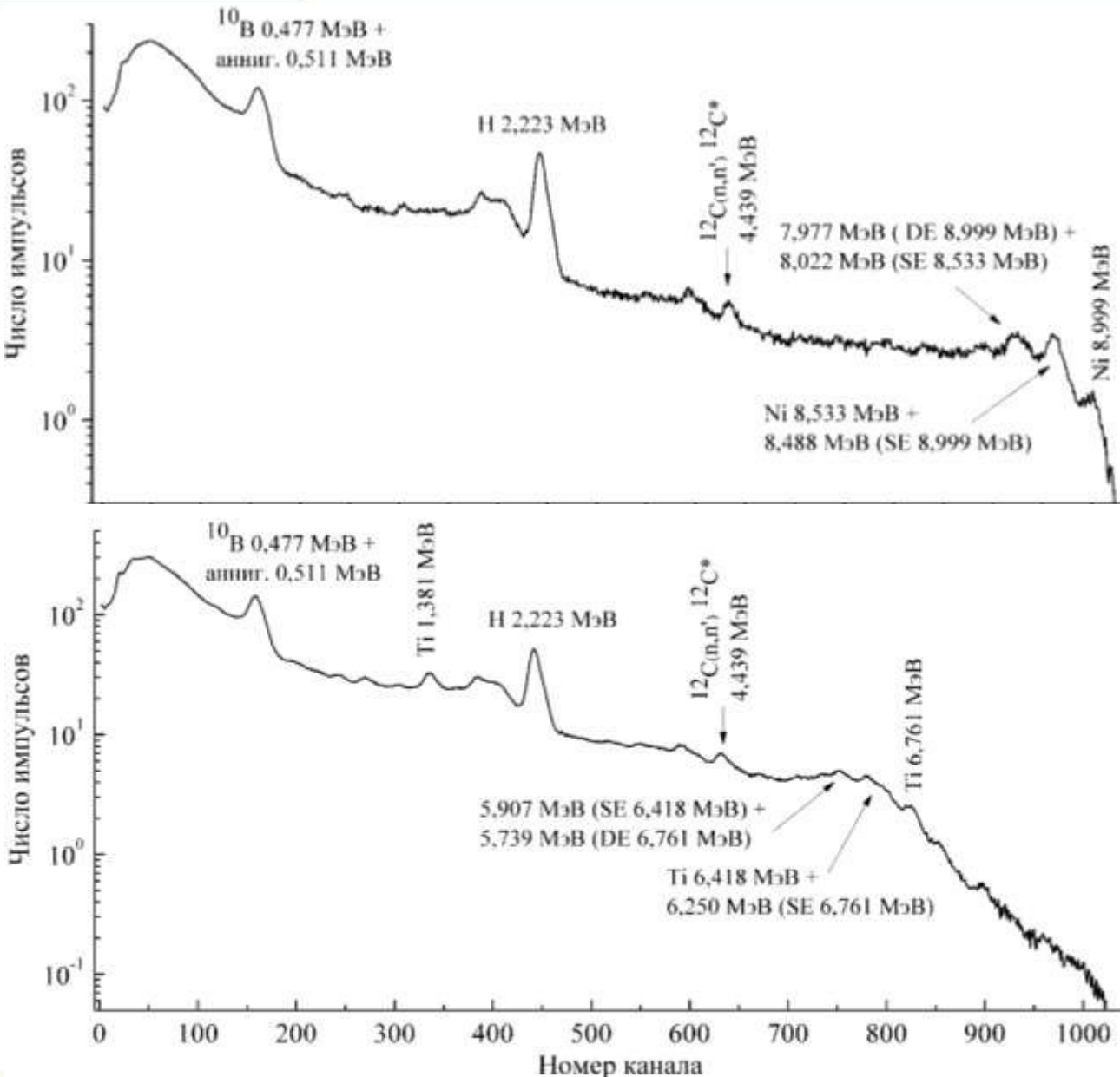
Мишень из никеля





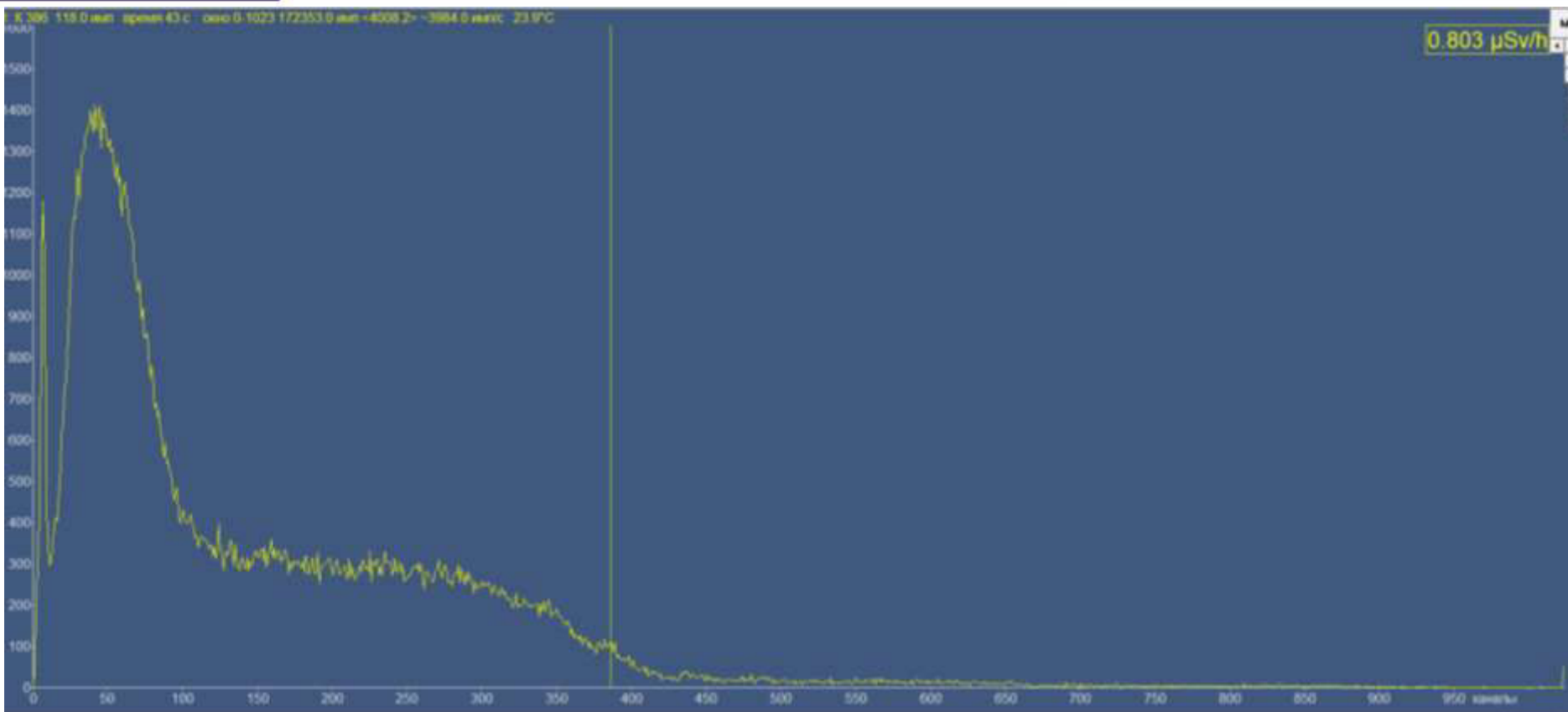
Зависимость «канал-энергия», полученная с использованием мишеней из титана, никеля, открытого источника ^{238}Pu -Be и линий собственной радиоактивности детектора $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$

Градуировочная характеристика может быть получена без использования источников ОСГИ



В аналогичных условиях
были проведены
измерения с
использованием
сцинтилляционного блока
детектирования с
кристаллом NaI(Tl)
диаметром 63 мм и
высотой 160 мм.





При облучении нейтронами происходит активация кристалла NaI(Tl), что делает некорректными измерения в смешанных гамма-нейтронных полях .





Экспериментальный блок детектирования обладает рядом существенных преимуществ по сравнению со сцинтилляционными блоками детектирования на основе NaI(Tl), такими как:

- энергетическое разрешение (3,2 % по линии радионуклида ^{137}Cs с энергией 662 кэВ против 7,5 % для детектора NaI(Tl));
- высокая максимальная входная статистическая загрузка ($2 \cdot 10^5$ имп/с) без существенного ухудшения энергетического разрешения;
- выполнение стабилизации энергетической шкалы с использованием собственной радиоактивности детектора $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ без применения источников гамма-излучения;
- высокая эффективность регистрации детектора $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ в энергетическом диапазоне 5–10 МэВ, позволяющая выполнить калибровку энергетической шкалы блока детектирования в диапазоне до 10 МэВ при малом выходе основных линий захватного гамма-излучения на поверочной установке нейтронного излучения УПН-АТ140.



Результаты исследований предполагается в дальнейшем использовать при разработке блоков детектирования со сцинтилляционным детектором на основе $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$, предназначенных для измерения энергетического распределения гамма-излучения и решения различных задач радиационного контроля, в частности, идентификации радионуклидов.

На основе данного блока планируется разработать блок-компаратор высокоэнергетического гамма-излучения до 10 МэВ.





ATOMTEX®

Спасибо за внимание!

*Республика Беларусь
220005, Минск, ул. Гикало, 5
Тел./Факс: +375-17-292-81-42*

info@atomtex.com

www.atomtex.com