



ATOMTEX[®]

*Научно-производственное унитарное предприятие
«АТОМТЕХ»*

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

Поле высокоэнергетического захватного гамма-излучения с энергией до 10 МэВ

Комар Д.И., Гузов В.Д., Лукашевич Р.В., Кожемякин В.А., Кутень С.А.

XIV Международное совещание «Проблемы прикладной
спектрометрии и радиометрии»
г. Москва, 4 - 6 октября 2017 г.



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





Формирование опорных полей высокоэнергетического гамма-излучения

Международный стандарт *ISO 4037-1:1996*

R – C: 4,44 МэВ реакция $^{12}\text{C}(\text{p}, \text{p} \ \gamma)$
R – F: 6,13 МэВ реакция $^{19}\text{F}(\text{p}, \text{p} \ \gamma)$ }

Мишени облучаются пучком протонов от ускорителя

Захватное гамма-излучение:

R – Ti: до 7 МэВ
R – Ni: до 10 МэВ }

Мишени из титана или никеля размещены в потоке тепловых нейтронов из реактора или термализованных нейтронов от радионуклидного источника нейтронов $^{238}\text{PuBe}$, ^{252}Cf и др.

Метрологическое обеспечение на производстве

Поле фотонов в стандартизированной геометрии с известными энергетическими и дозовыми характеристиками





Поверочная установка нейтронного излучения УПН-АТ140

При экспозиции источника нейтронов облучатель установки становится источником вторичного высокоэнергетического гамма-излучения

Монте-Карло моделирование

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



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

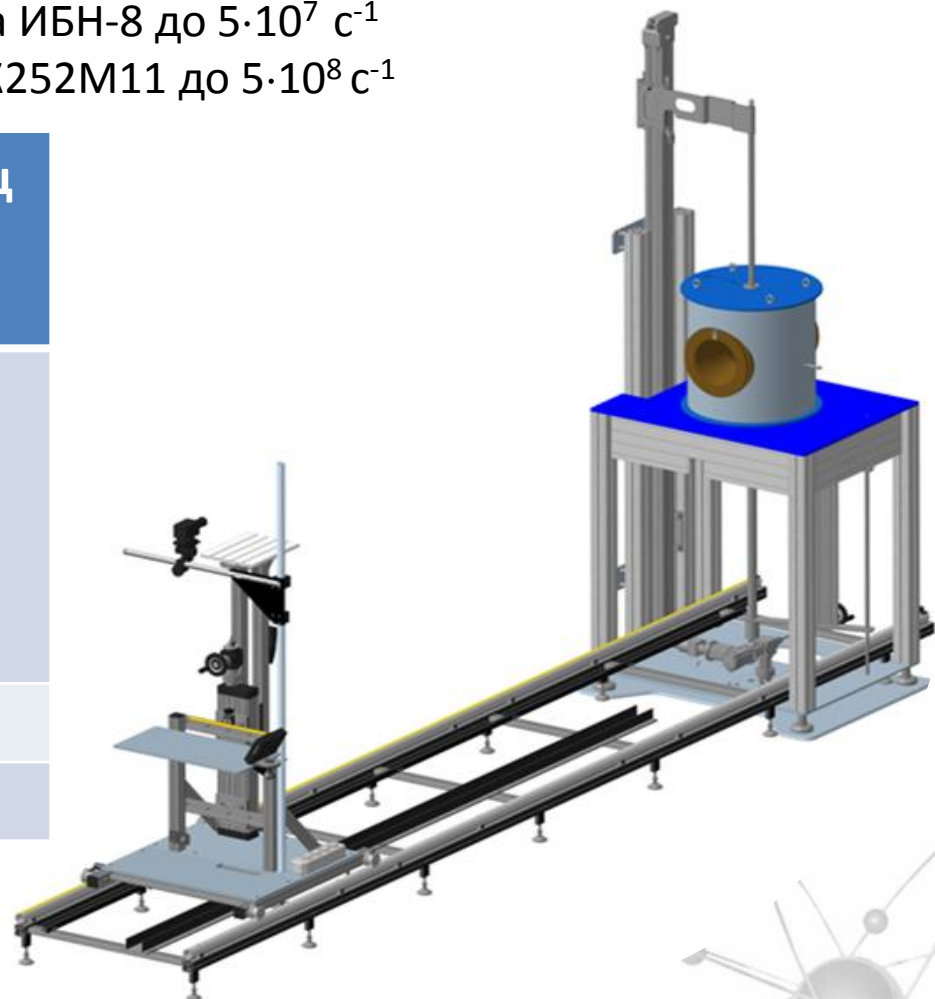
**амбиентного,
индивидуального
эквивалентов дозы**

$3,5 - 4,5 \cdot 10^3 \text{ мкЗв/ч}$

$\pm 7\%$

Интервал расстояний: от 0,7 до 3,0 м

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

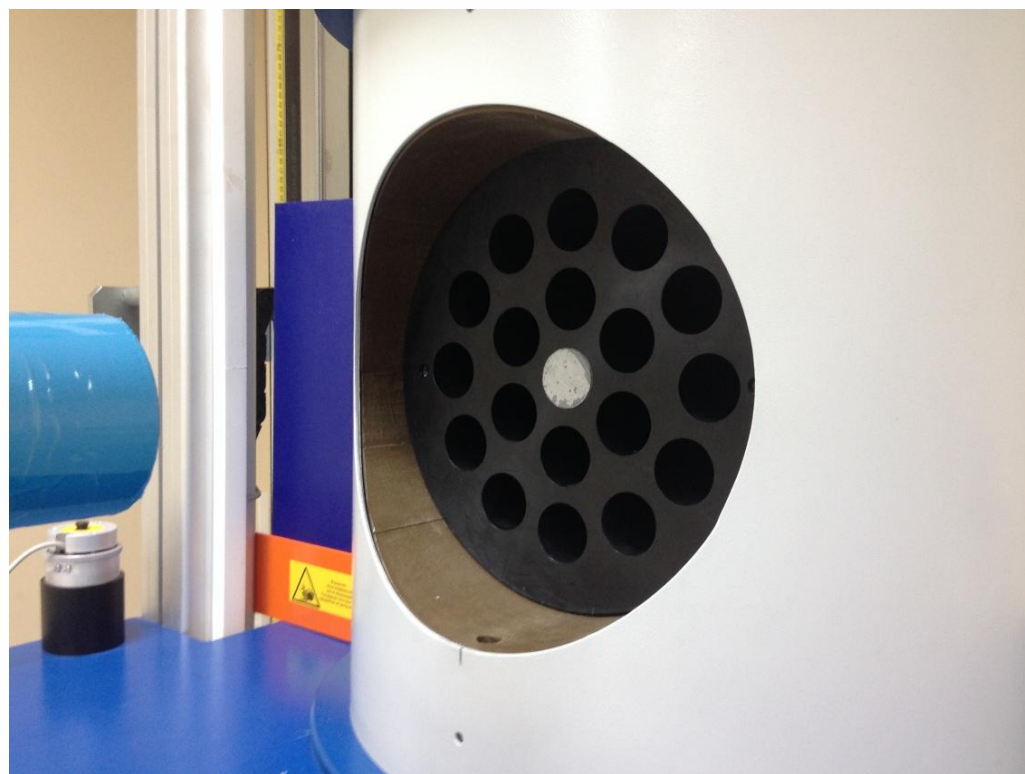
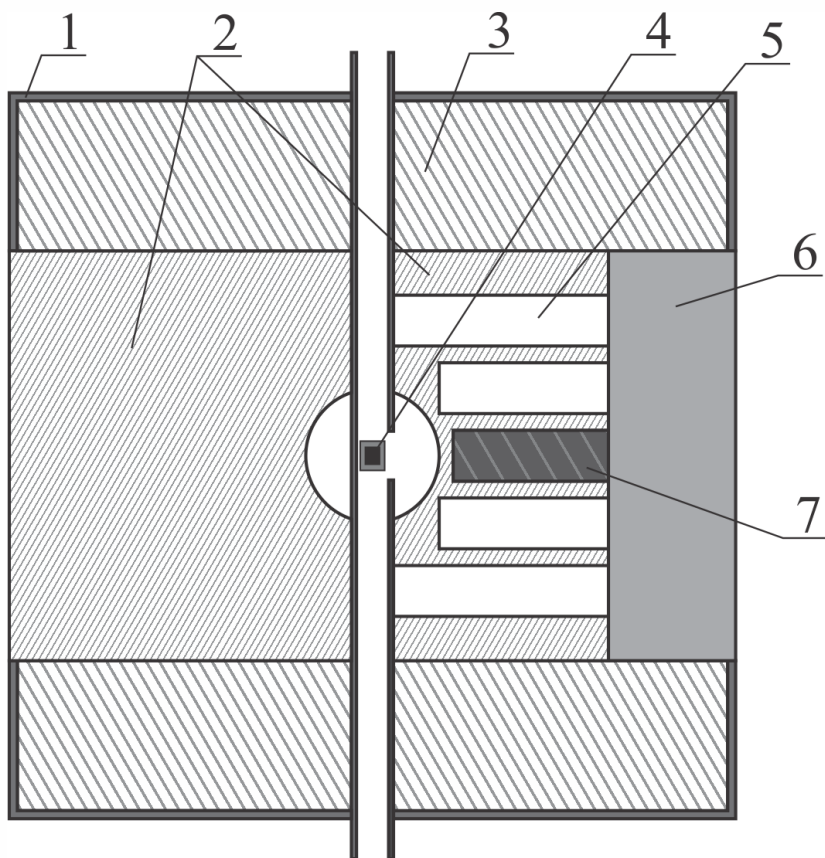


Рабочий эталон 1 или 2-го разряда по ГОСТ 8.031-82, ГОСТ Р 8.803-2012

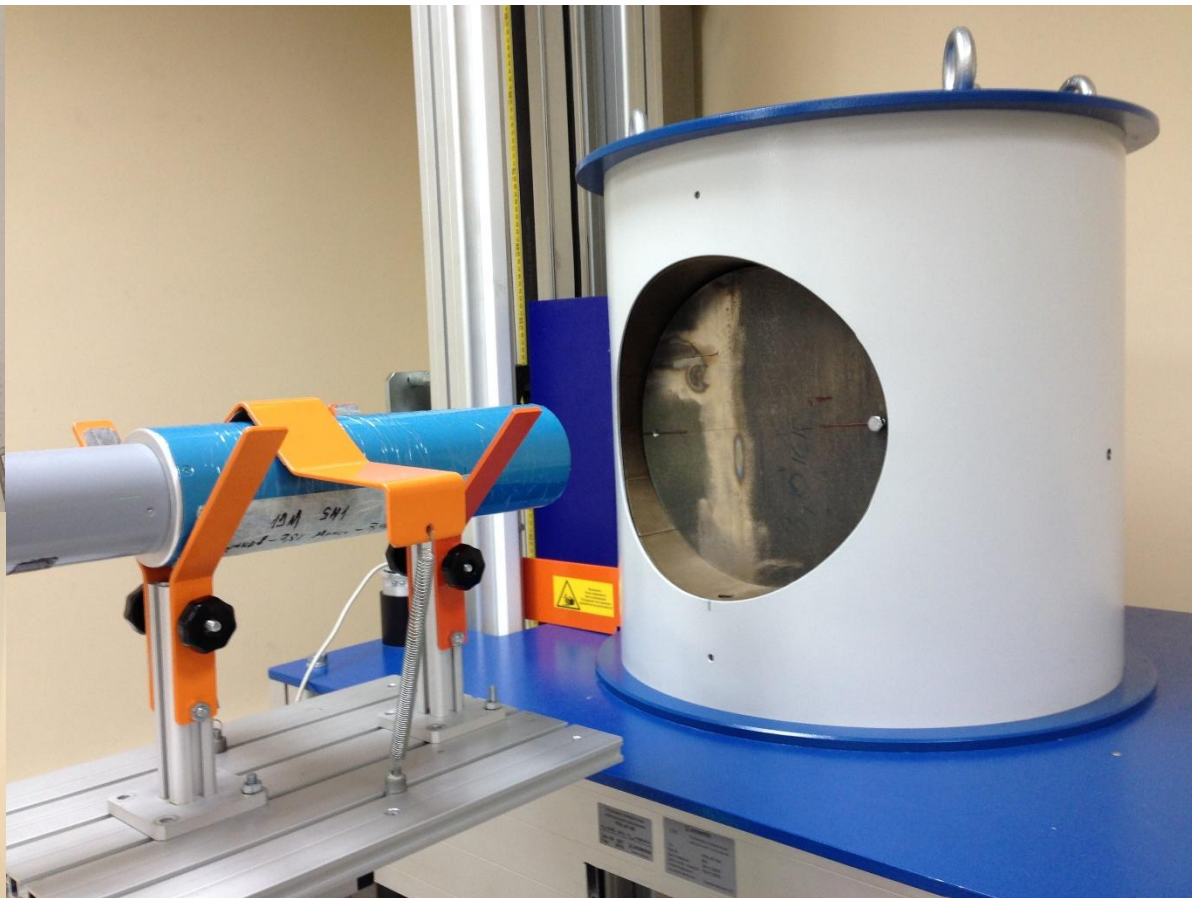
Номер в Госреестре СИ РФ 63549-16 (до 28.03.2021)



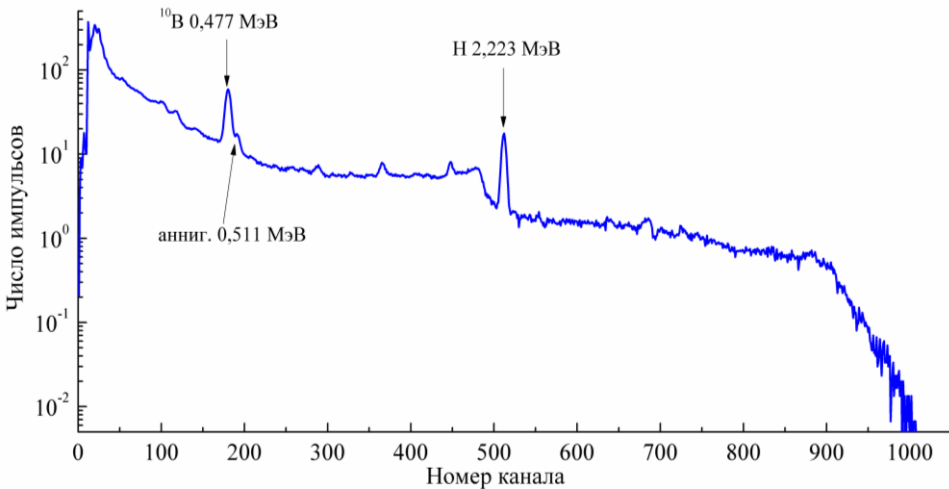
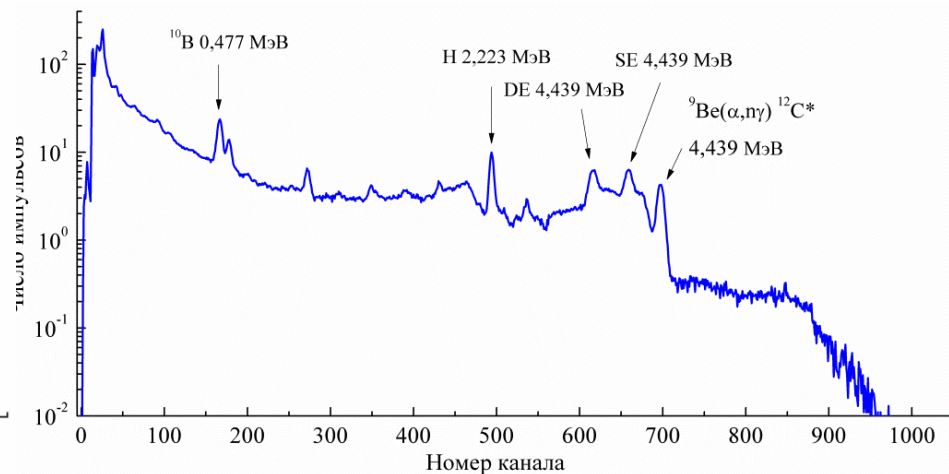
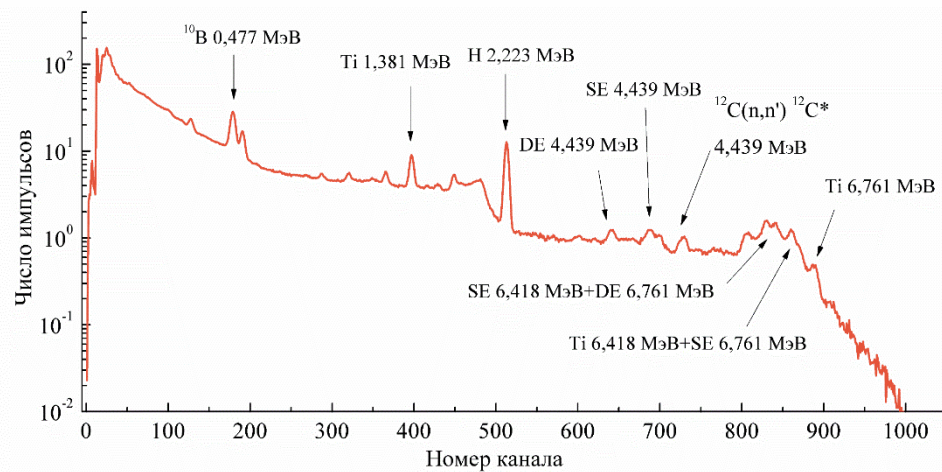
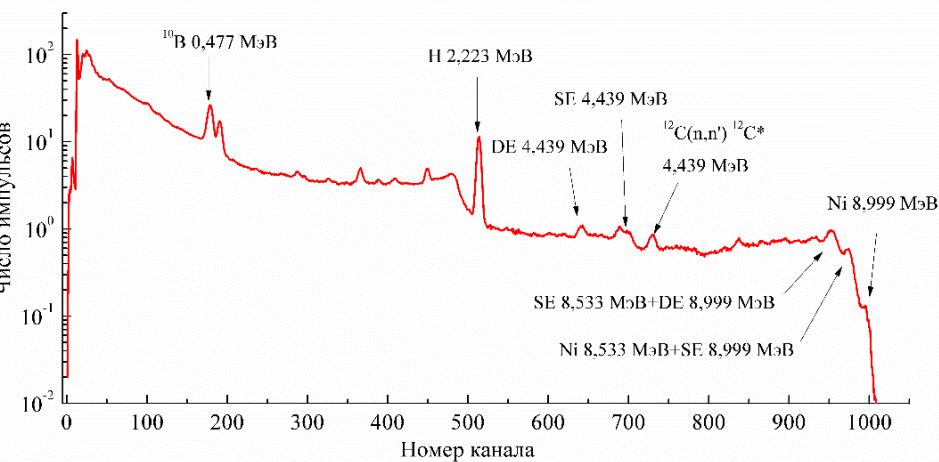
Мишени размещаются в выходном канале облучателя установки УПН-АТ140 с $^{238}\text{PuBe}$ источником нейтронов типа ИБН – 8

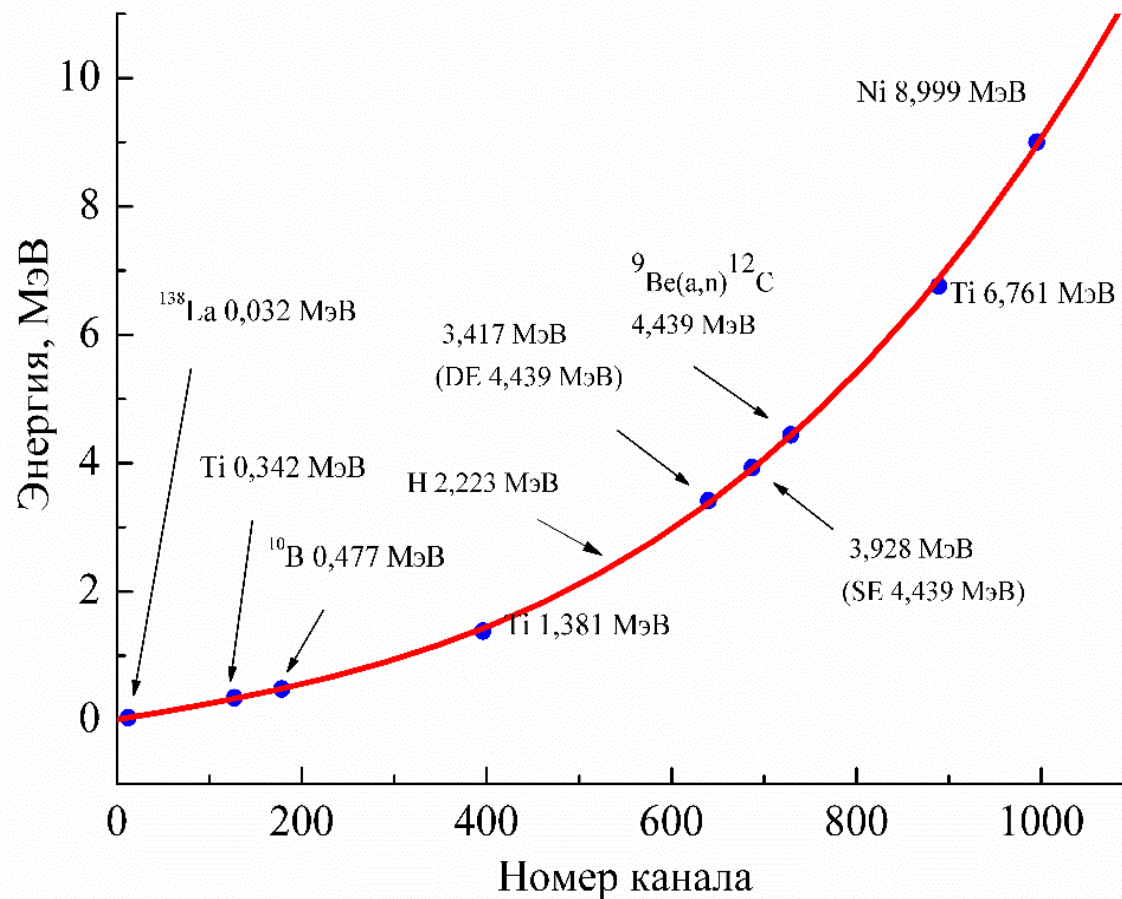


1 – кожух из алюминия; 2 – тепловая вставка; 3 – контейнер–коллиматор; 4 – $^{238}\text{PuBe}$ –источник нейтронов типа ИБН – 8; 5 – воздушные каналы; 6 – мишень с дополнительной фильтрацией; 7 – фильтр



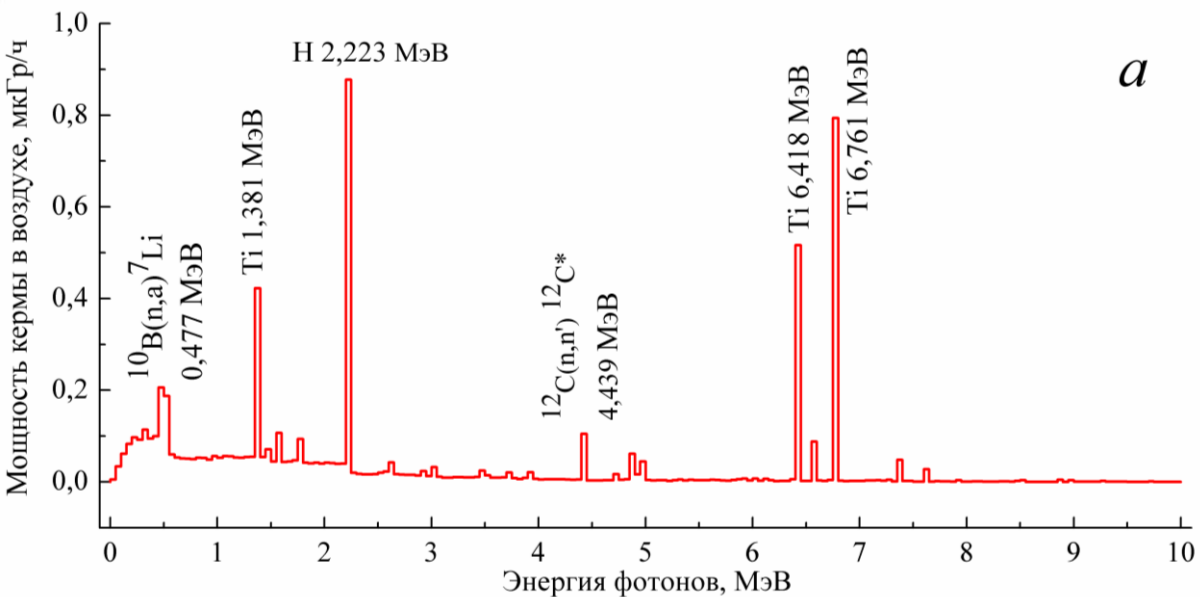
Измерения со сцинтилляционным блоком
детектирования с нелинейной характеристикой
преобразования канал-энергия в диапазоне до 10 МэВ

**«Закрытый» $^{238}\text{PuBe}$** **$\text{LaBr}_3:\text{Ce}$** **«Открытый» $^{238}\text{PuBe}$** **Мишень из титана****Мишень из никеля**



Градуировочная характеристика по энергии, построенная с использованием линий захватного гамма-излучения от мишеней из титана и никеля для кристалла $\text{LaBr}_3\text{:Ce}$

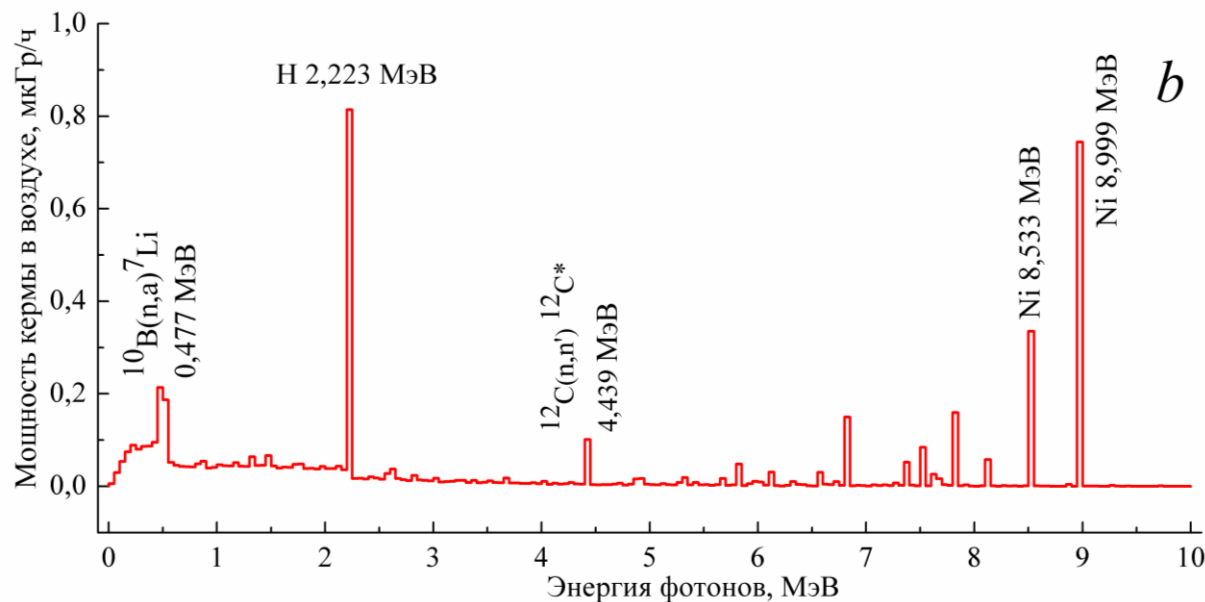


*a*

Монте-Карло моделирование

Энергетическое распределение
мощности кермы в воздухе с
интервалом 50 кэВ

a – мишень из титана
b – мишень из никеля

*b*



Результаты измерений мощности кермы в воздухе с использованием эталонного дозиметра ДКС-АТ5350/1 с ионизационной камерой ТМ32002. Относительный вклад в полную мощность кермы в воздухе получен методом Монте-Карло

Варианты фильтрации	Относительный вклад в полную мощность кермы, %					$\dot{K}_a$, мкГр/ч
	До 1,5 МэВ	1,5-3 МэВ	3-5 МэВ	5-7 МэВ	7-10 МэВ	
“Закрытый” $^{238}\text{PuBe}$ (до 3 МэВ)	<40	~45	<8	<2	<5	14,15
“Открытый” $^{238}\text{PuBe}$ (до 5 МэВ)	<15	<12	>70	<1	<1	50,08
Титан (до 7 МэВ)	<35	<30	<10	~25	<2	12,77
Никель (до 10 МэВ)	<35	<30	<8	<7	~25	11,62





Теоретически и экспериментально подтверждена возможность получения и использования поля высокоэнергетического гамма-излучения, формируемого облучателем установки нейтронного излучения УПН-АТ140 с $^{238}\text{PuBe}$ источником нейтронов и мишенями из титана (до 7 МэВ) и никеля (до 10 МэВ).

В поле захватного гамма-излучения на установке УПН-АТ140 можно использовать для калибровки разрабатываемых средств радиационной защиты. Существует номенклатурный ряд приборов с различными типами детекторов, которые можно дополнительно исследовать в подобных полях с целью расширения их энергетического диапазона измерений 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