



Модель микроПЭТ на основе неорганических сцинтилляторов в среде Geant4

Студент: Конотоп Алексей Давидович, студент группы Б20-102 кафедры №40 «Физика элементарных частиц и космология» ИЯФит НИЯУ МИФИ, лаборант-исследователь ЛФРП ОФН НИЦ «Курчатовский институт»

Научный сотрудник: Филипп Андреевич Дубинин, старший преподаватель кафедры №40 «Физика элементарных частиц и космология», научный сотрудник ЛФРП ОФН НИЦ «Курчатовский институт»

Консультант: Мачулин Игорь Николаевич, старший преподаватель кафедры №40 «Физика элементарных частиц и космология», старший научный сотрудник ЛФРП ОФН НИЦ «Курчатовский институт»

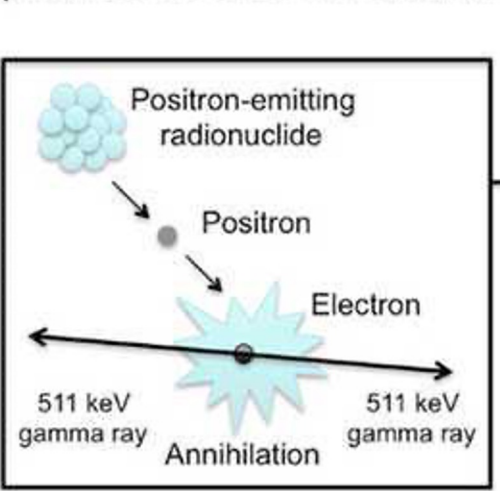
Принципы ПЭТ-сканирования

1. Радиоактивный распад
2. Аннигиляция позитрона, рождение двух гамма-квантов
3. Детектирование гамма-квантов
4. Восстановление изображения

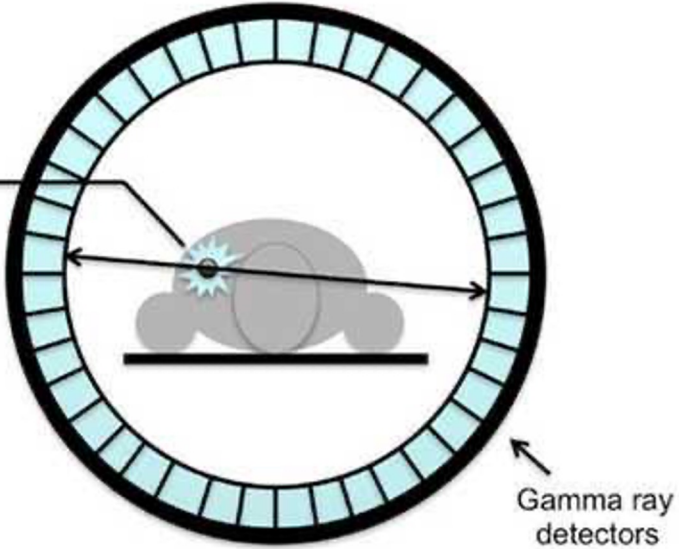
Фтордезоксиглюкоза (FDG):

FDG является наиболее часто используемым радиофармпрепаратом в ПЭТ-визуализации. Он содержит радиоактивный изотоп **F-18** и имитирует глюкозу. Из-за высокого потребления глюкозы раковыми клетками и некоторыми другими активными тканями, FDG-ПЭТ широко используется для диагностики, определения стадии и мониторинга рака.

Positron emission and positron-electron annihilation



PET scanner

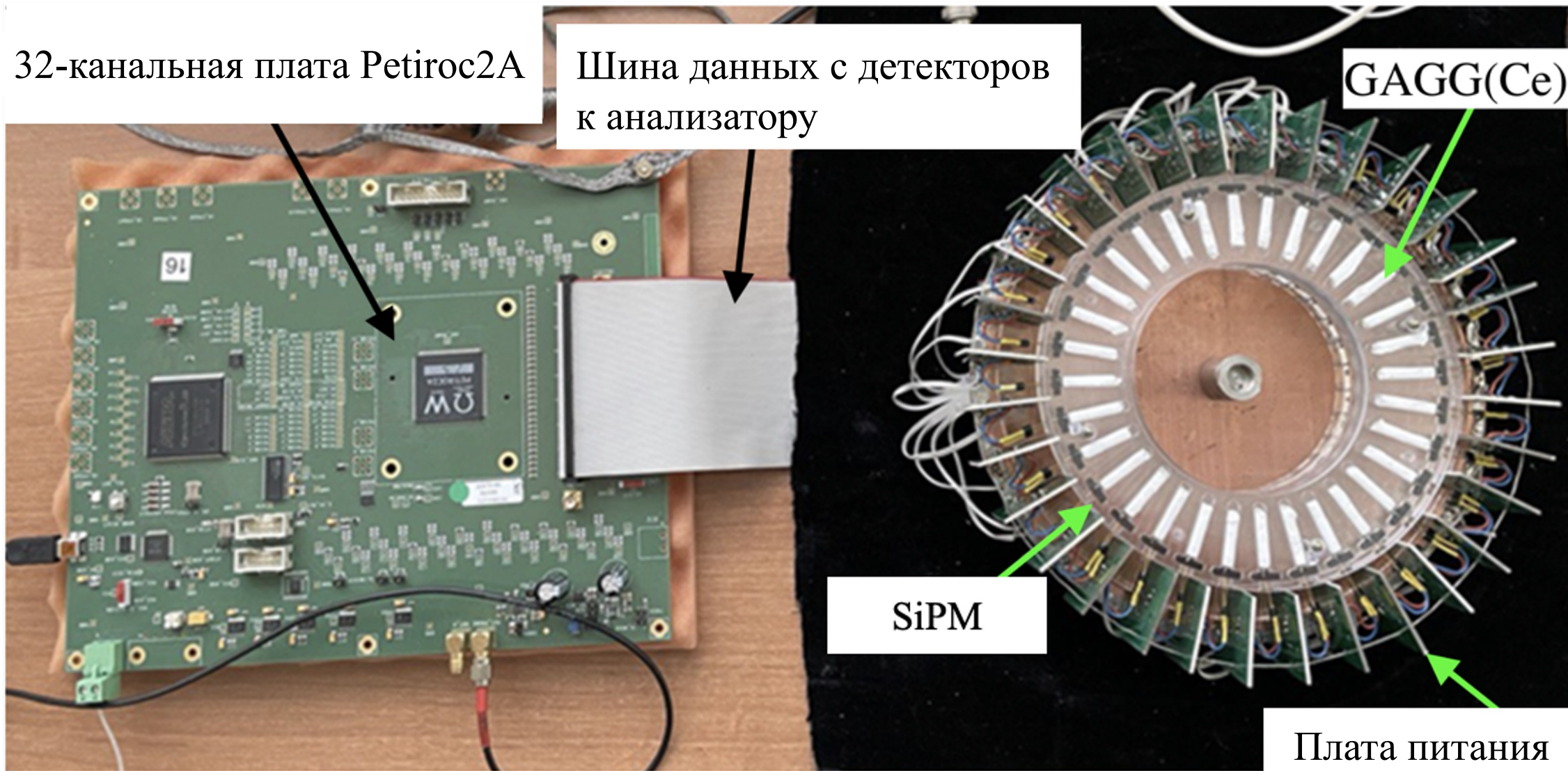


Радионуклид	Полураспад	Тип распада	E_{max} , МэВ
^{11}C	20,4 мин	$\beta^+(100)$	0,970
^{13}N	10 мин	$\beta^+(100)$	1,2
^{15}O	2 мин	$\beta^+(100)$	1,74
^{18}F	110 мин	$\beta^+(97)$	0,64
^{68}Ga	68 мин	$\beta^+(89)$	1,9
^{82}Rb	72 с	$\beta^+(95)$	3,25
^{124}I	4,2 дней	$\beta^+(23)$	2,14

Модель ПЭТ

32-канальная плата Retiros2A

Шина данных с детекторов
к анализатору



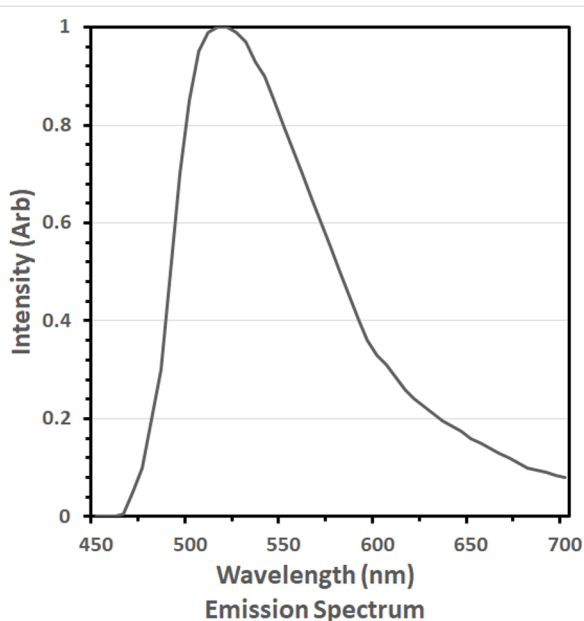
GAGG(Ce)

SiPM

Плата питания

Модель ПЭТ

Неорганические сцинтилляторы GAGG(Ce) 3x3x20 мм

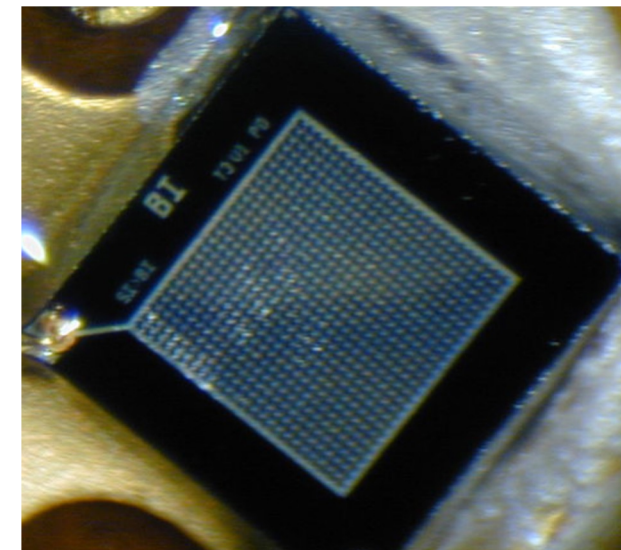
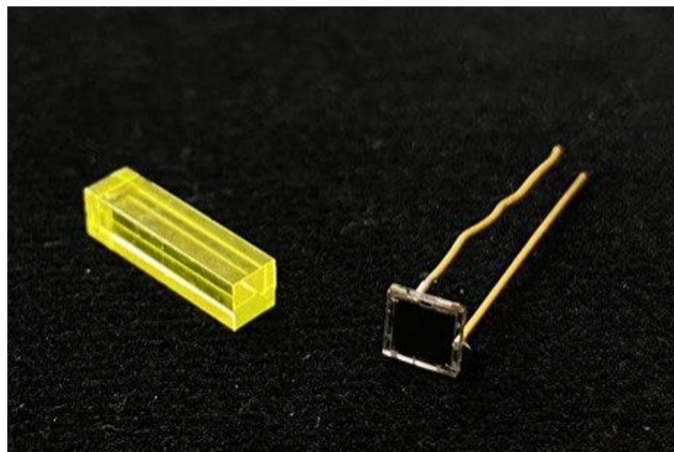


	Плотность, г/см ²	Zeff	λ _{max} , нм	t, нс	Световыход, фотон/кэВ	Гигроскопичность	Радиоактивность
CsI(Tl)	4.51	54	550	1.05	54	Да	Нет
LYSO(Ce)	7.2	65	420	40	32	Нет	Да
BGO	7.13	73	480	300	10	Нет	Нет
NaI(Tl)	3.67	50	415	230	38	Да	Нет
GAGG(Ce)	6.63	54.4	520	87(90%) 255(10%)	50	Нет	Нет

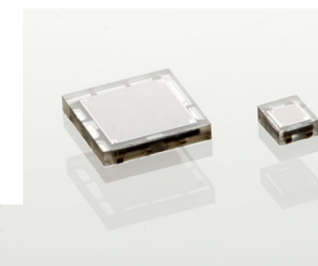
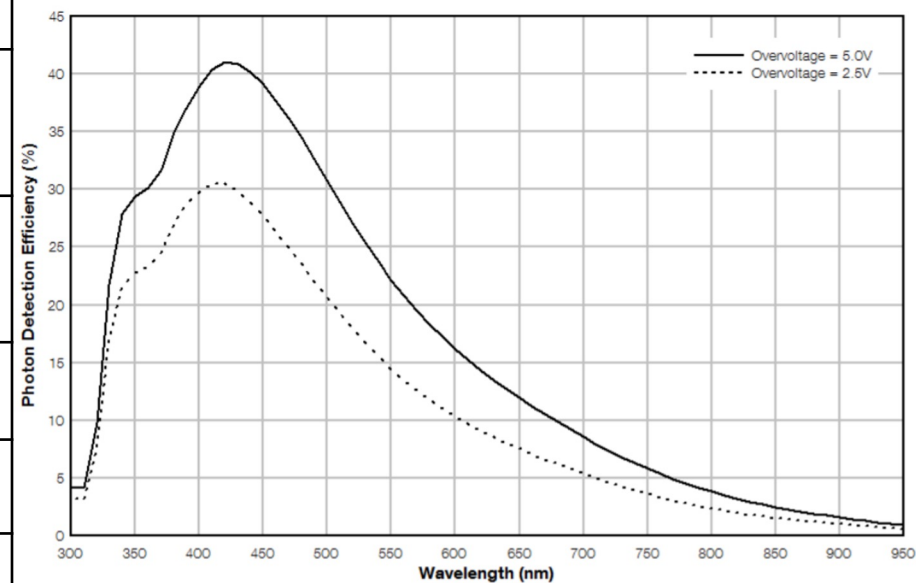
Модель ПЭТ

Неорганические сцинтилляторы GAGG(Ce)
3x3x20 мм

SiPM Onsemi FC30035



Размер сенсора	Размер ячейки	Параметр	Тип.
3мм	35мкм	Напряжение пробоя(V_{br}), В	24.2 - 24.7
		Пик длины волны(λ_p), нм	420
		PDE, %	31 ($V_{br}+2.5V$)
		Усиление	$3 \cdot 10^6$
		Темновой счёт, кГц	300 - 860

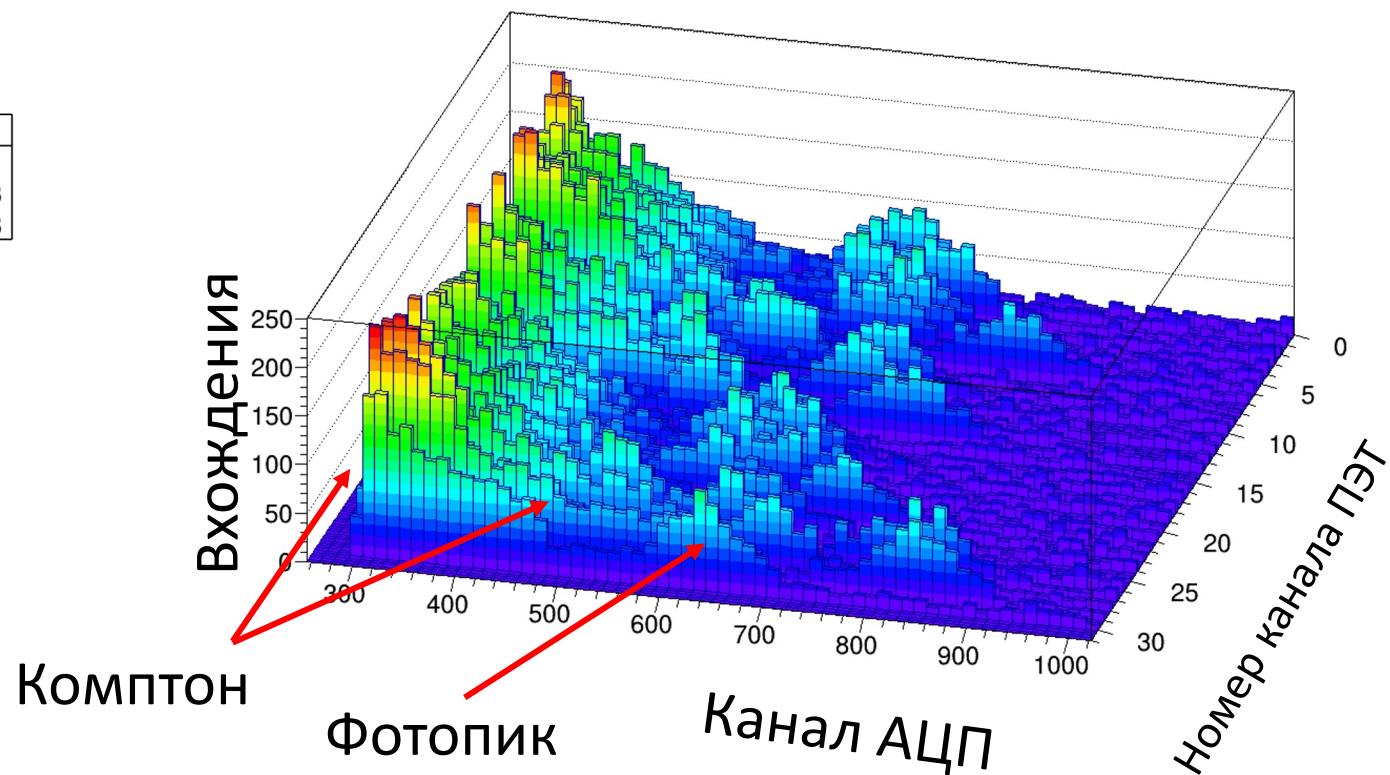
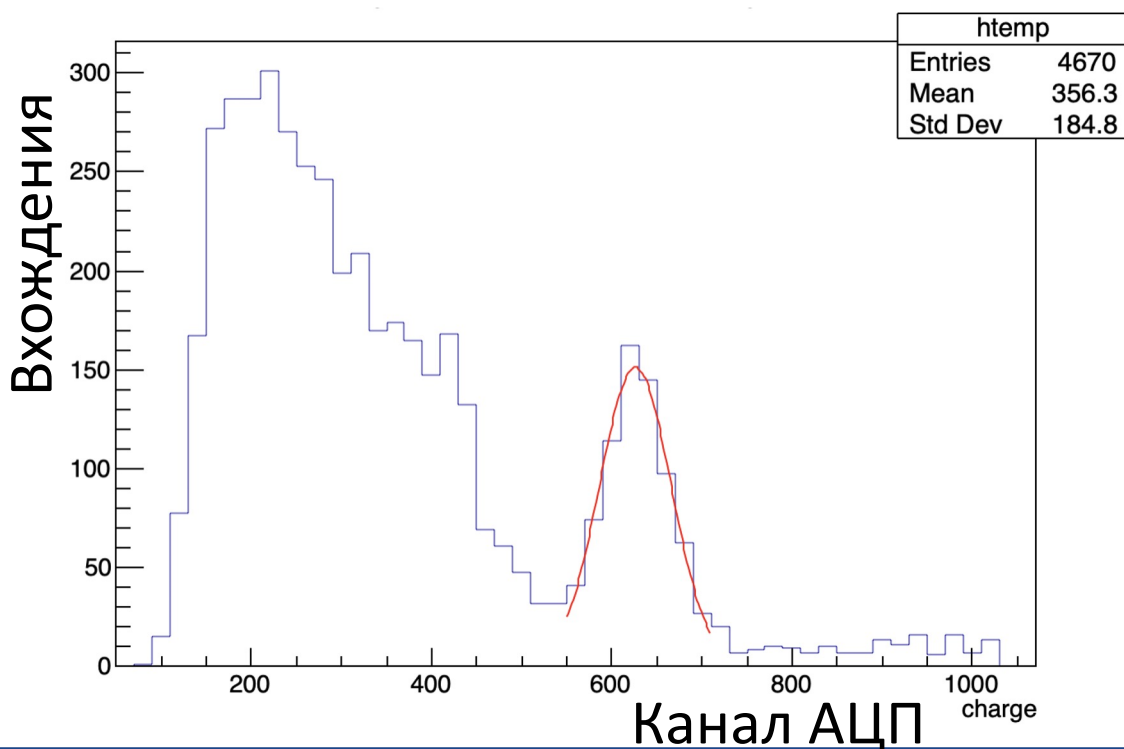


Характеристики модели ПЭТ

Лучшее энергетическое разрешение (511 кэВ) - 14 %

Лучшее ЭР одиночного детектора - 8% @ 662 кэВ

Временное разрешение - 1.80 ± 0.07 нс (одиночный)



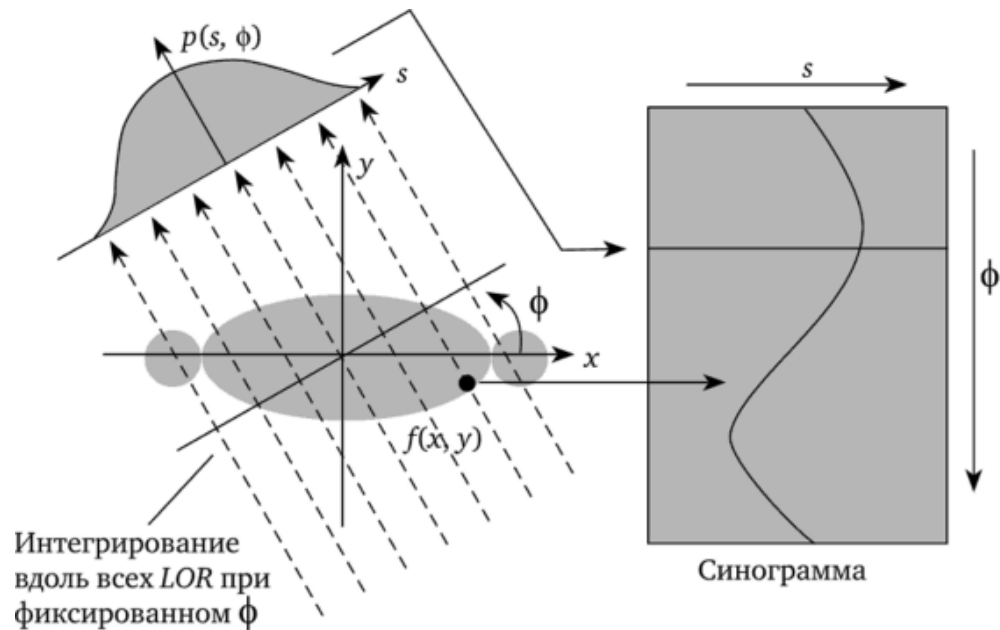
Восстановление синограммы

Отбор:

$\text{Ampl} > 250$ канАЦП

$\Delta T < 4$ нс

FOV 90°



Нецентральное положение

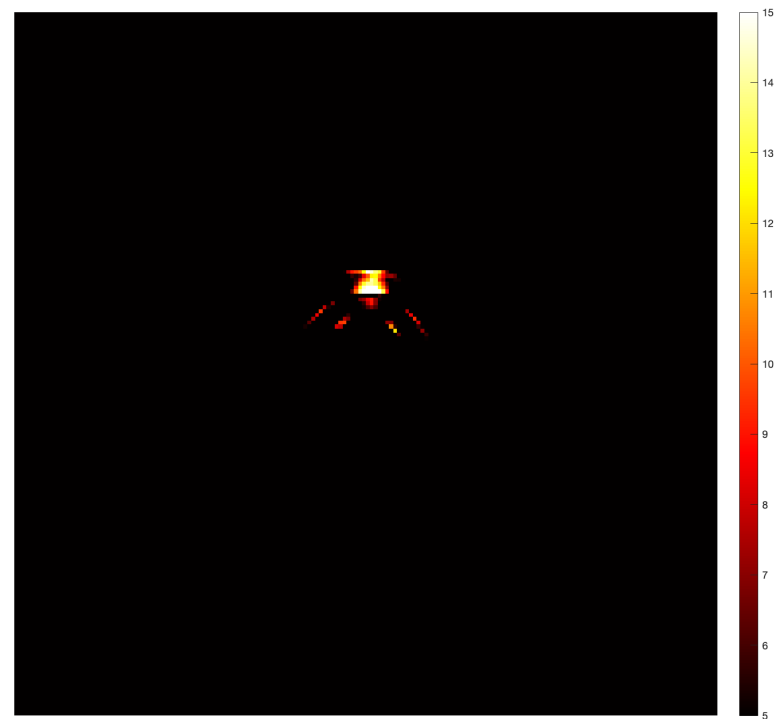
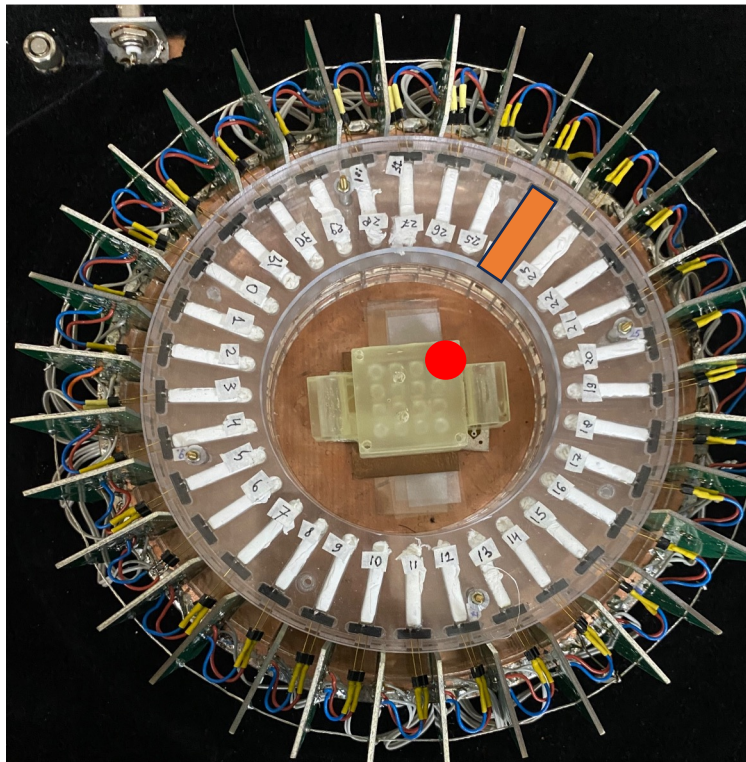
Радиус



Угол

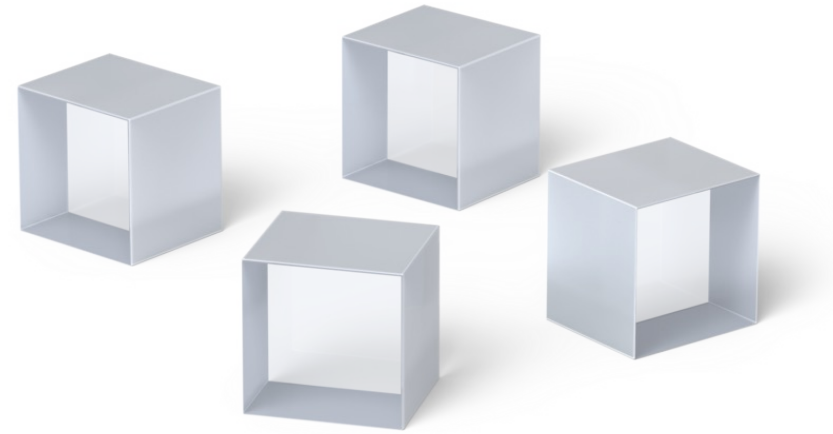
Синограмма микроПЭТ 32 канала

Восстановление изображения



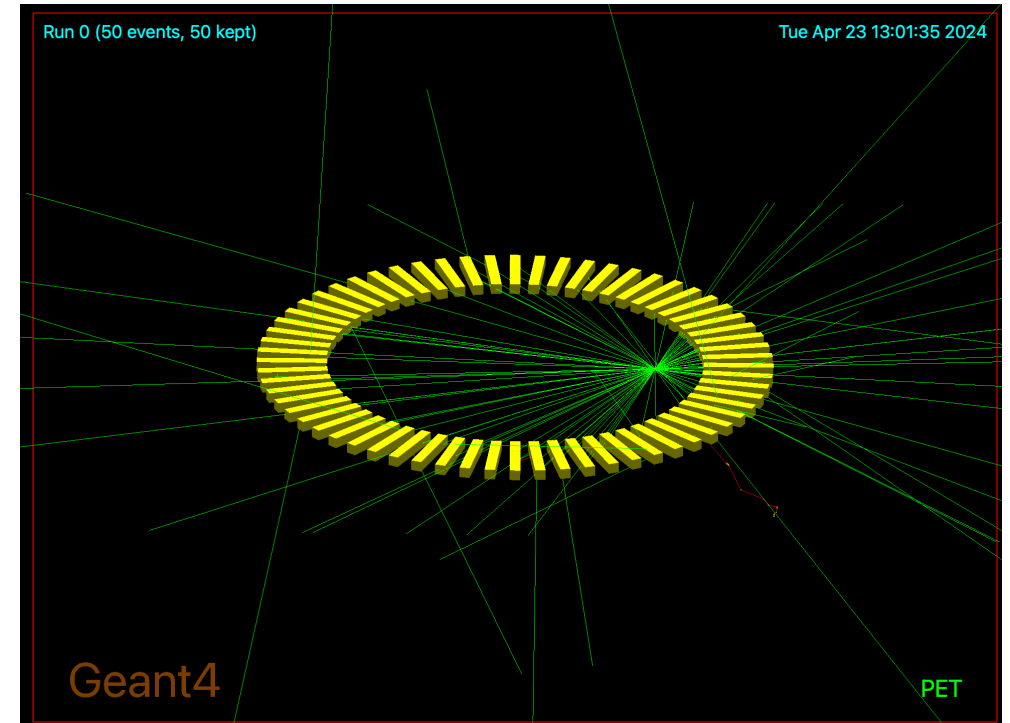
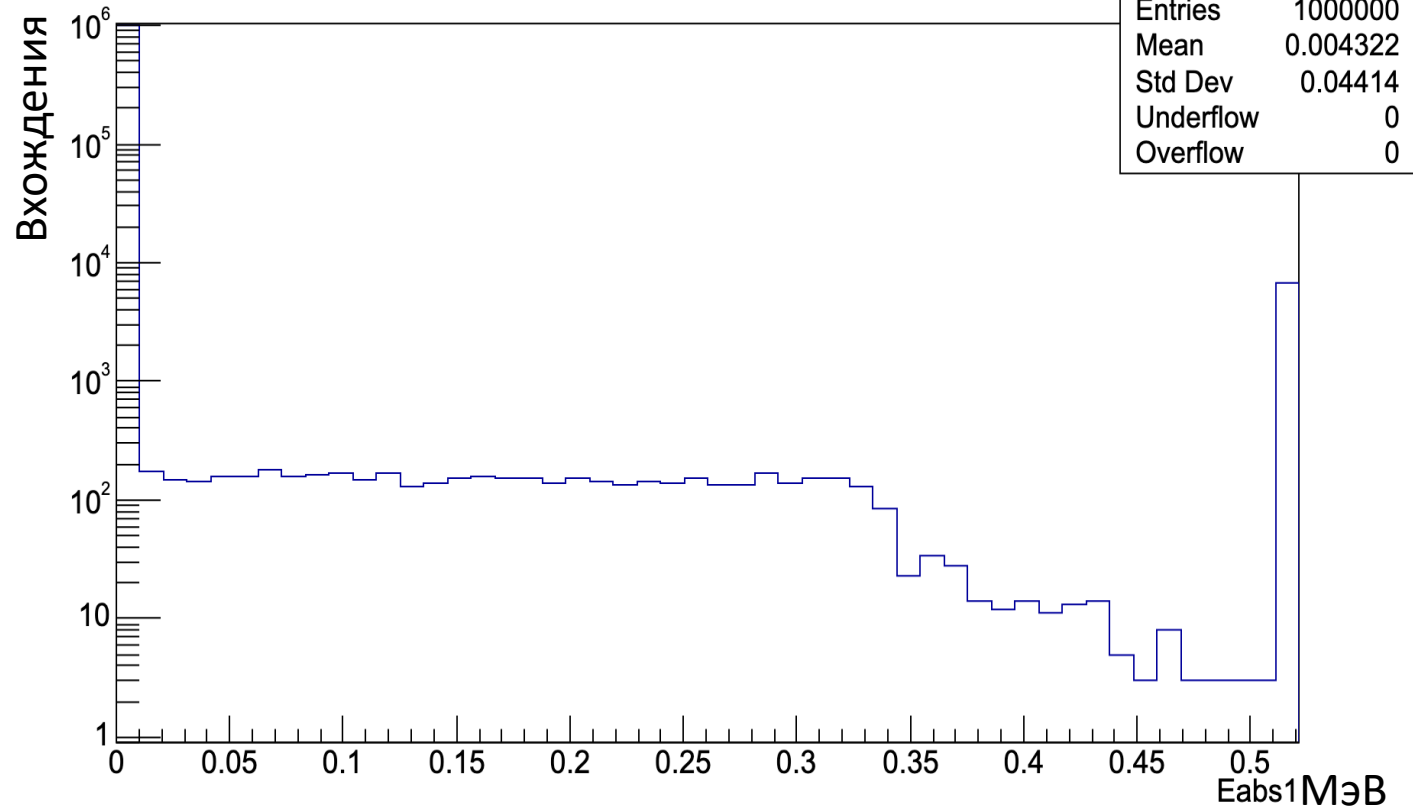
Создание модели

- Тестирование различных неорганических сцинтилляторов
- Обработка большего числа каналов
- Быстрый набор большой статистики
- Обработка алгоритмов восстановления синограмм и изображений



Модель ПЭТ в среде Geant4

Спектр с одного из каналов модели

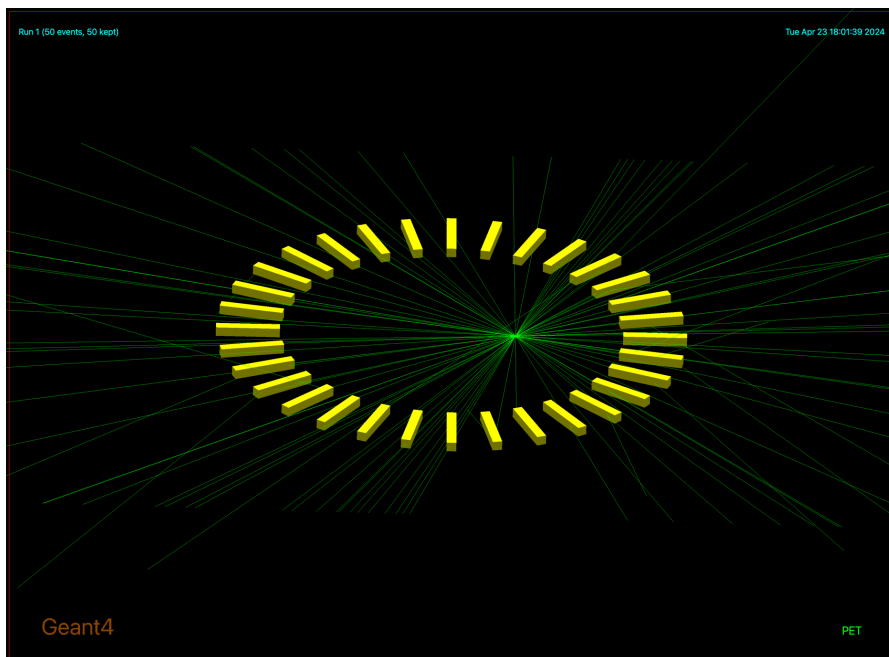


Моделирование на 64 канала

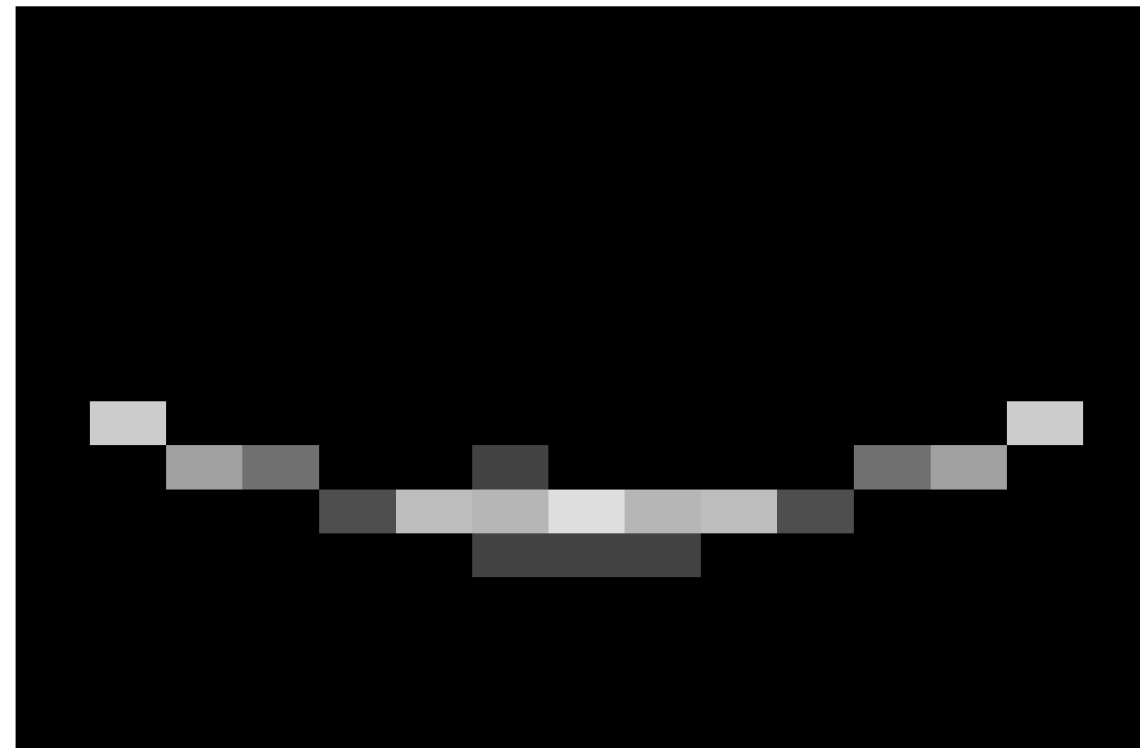
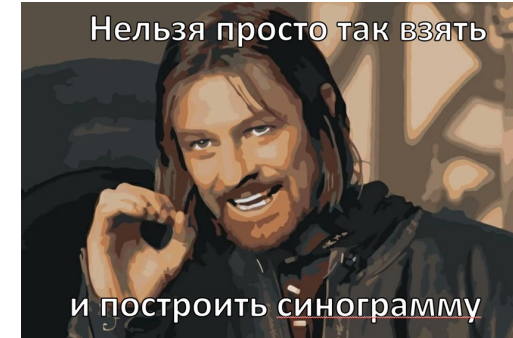
Восстановление синопаммы моделирования

Выборка:

$E = 511$ кэВ

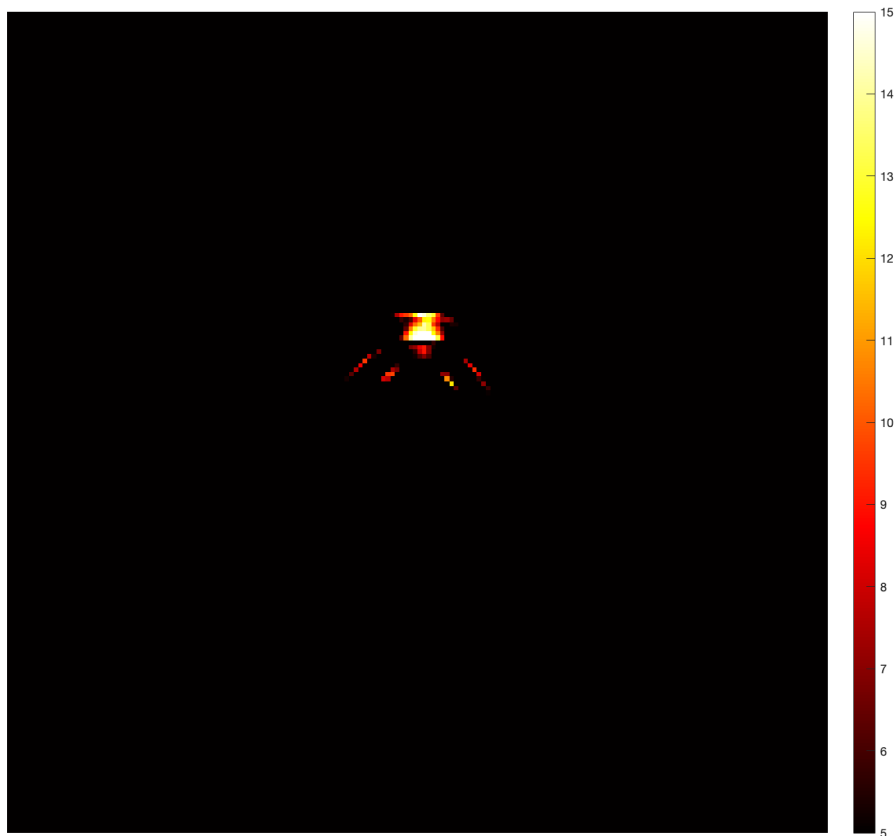


Модель на 32 канала

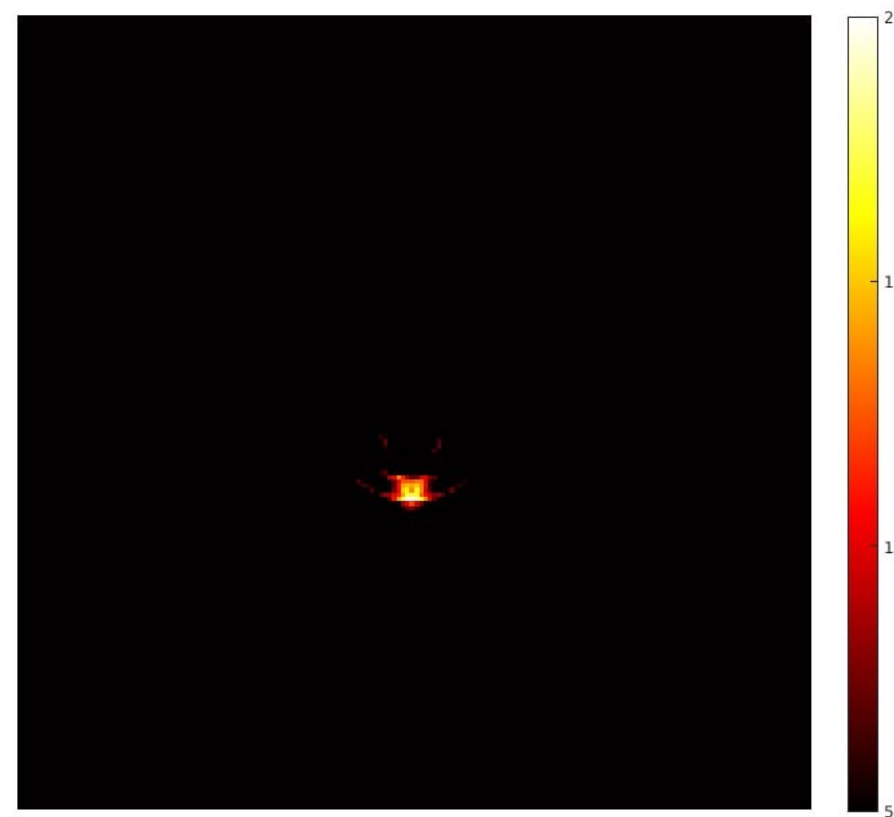


Синопамма 32 канала для модели

Восстановление изображения



Изображение из реальных данных



Изображение из моделирования (перевернуто)

Параметры эффективности

Положение источника, мм	GAGG(Ce)	LYSO(Ce)	BGO
	Eff., %	Eff, %	Eff, %
0	2.1	7.6	11.8
10	1.4	5.2	8.2
20	1.7	6.4	10.2

Геометрическая эффективность установки на 64 канала

Заключение

- Создана модель 32-канального ПЭТ в системе Geant4
- Восстановлено 2д изображение источника по экспериментальным данным и данным моделирования.
- Картины идентичны без учёта вклада шумов и неоднородностей установки.
- По данным моделирования рассчитана геометрическая эффективность установки в плоскости.
- Наилучшую эффективность показал кристалл BGO

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

По вопросам обращаться: Конотоп Алексей Давидович, +7(964)522-06-69 akonotop03@mail.ru