



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»



Институт ядерной физики и технологий
Кафедра физики элементарных частиц №40

Отчет о научной исследовательской работе
на тему:

Моделирование детектора ВВС в эксперименте SPD с помощью программного пакета Geant4

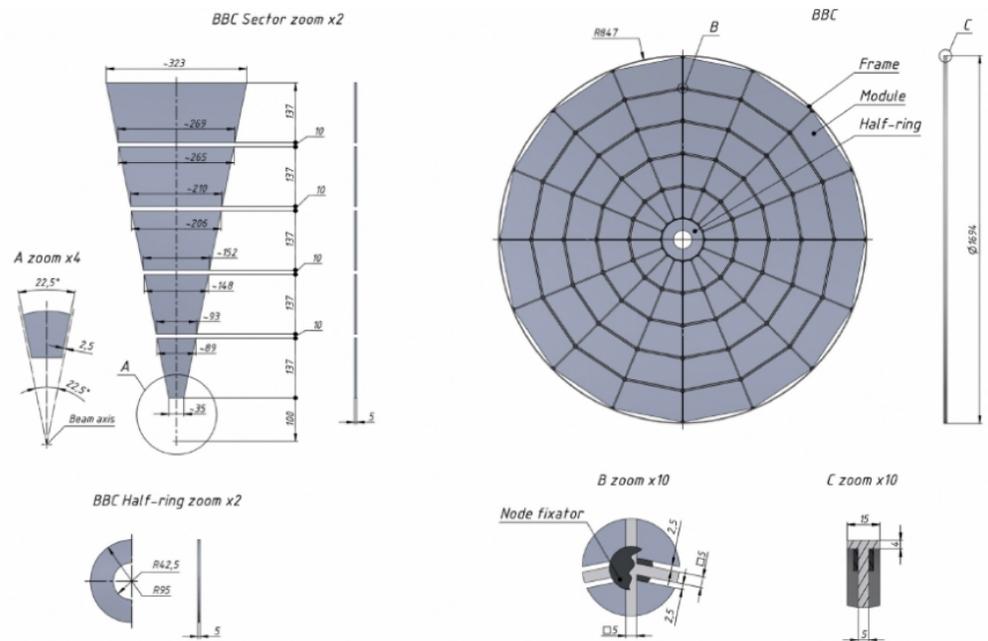
Студент:

Морозихин Александр Николаевич
Группы М22-115

Научный руководитель:

Нигматкулов Григорий Александрович,
доц., к.ф.-м.н.

Детектор BBC // Цели задачи



Основные цели ставящиеся перед BBC:

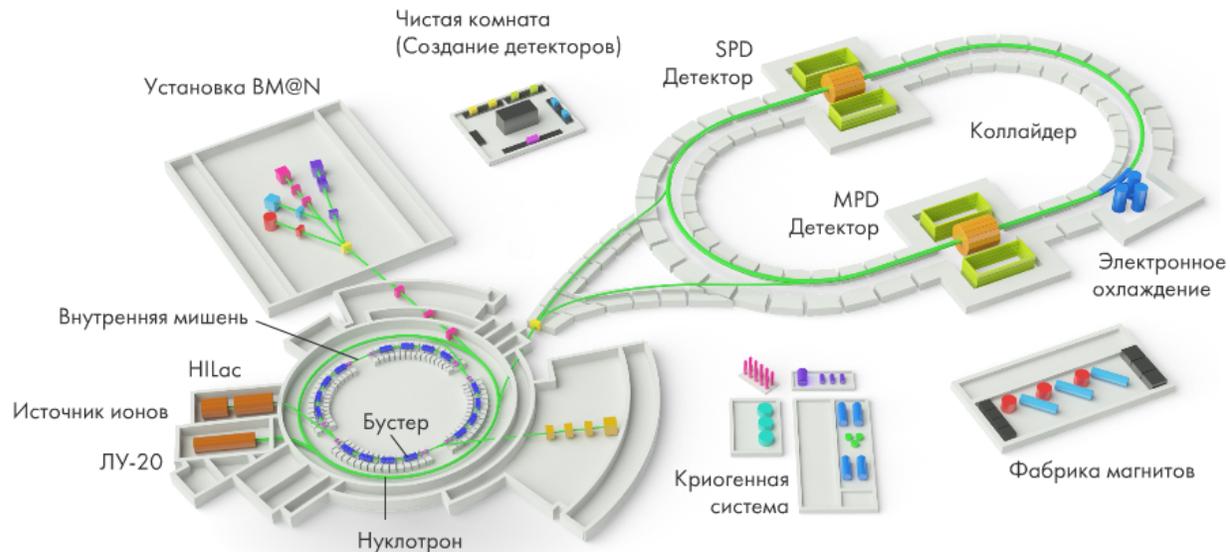
- измерение локальной поляриметрии, на основе измерений азимутальных асимметрии
- дополнение к время-пролетной системе (TOF)
- введение ионной программы измерений на детекторе SPD

Для ионной программы можно выделить следующие задачи:

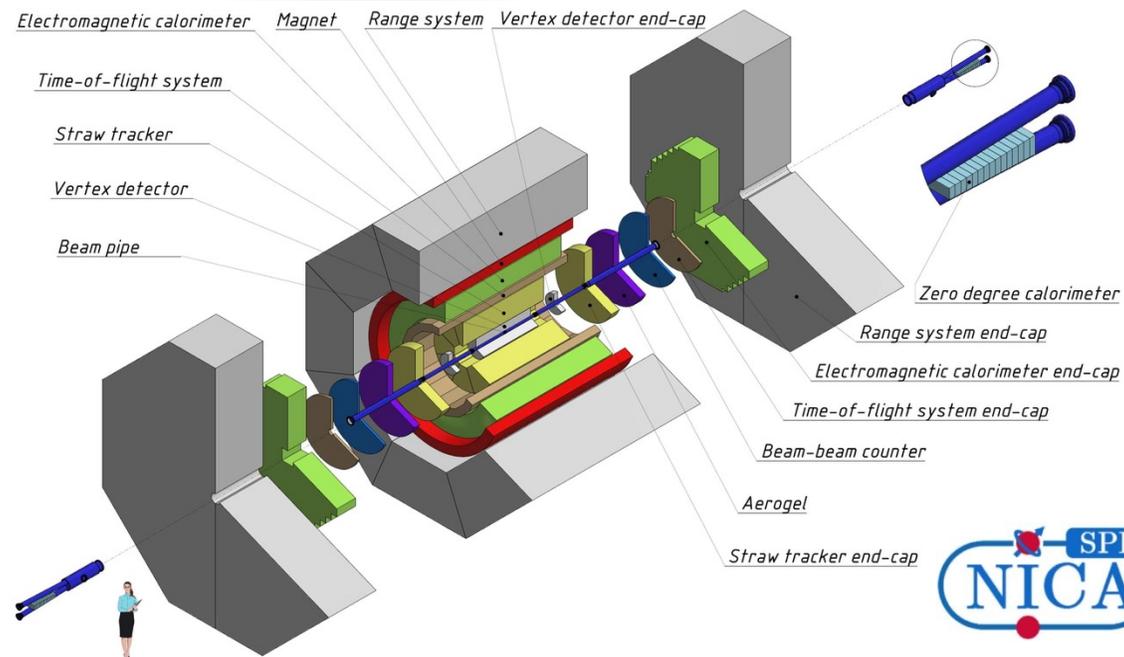
- оценка центральности столкновений
- восстановление плоскости реакции

Экспериментальный комплекс NICA. Детектор SPD

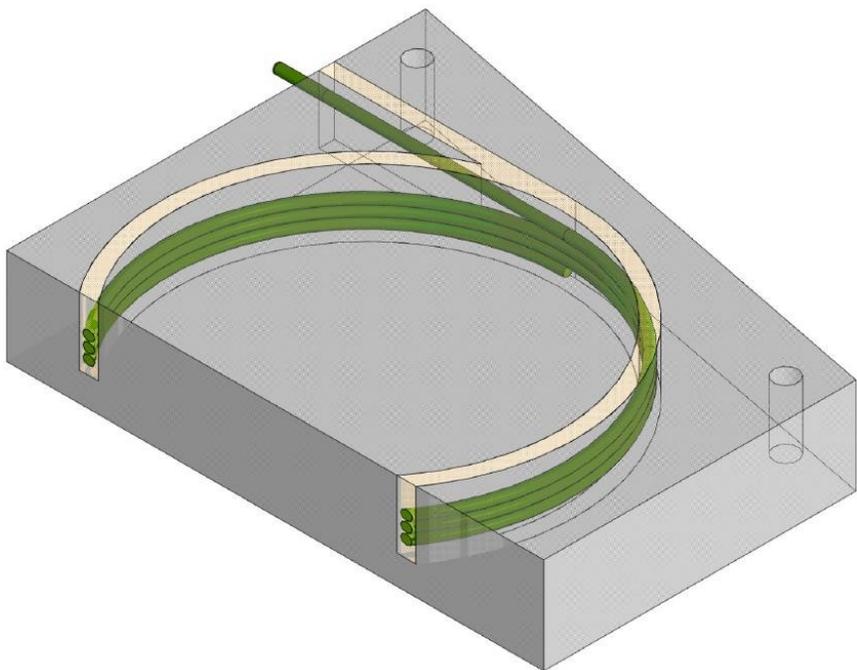
Экспериментальный комплекс



Детектор SPD



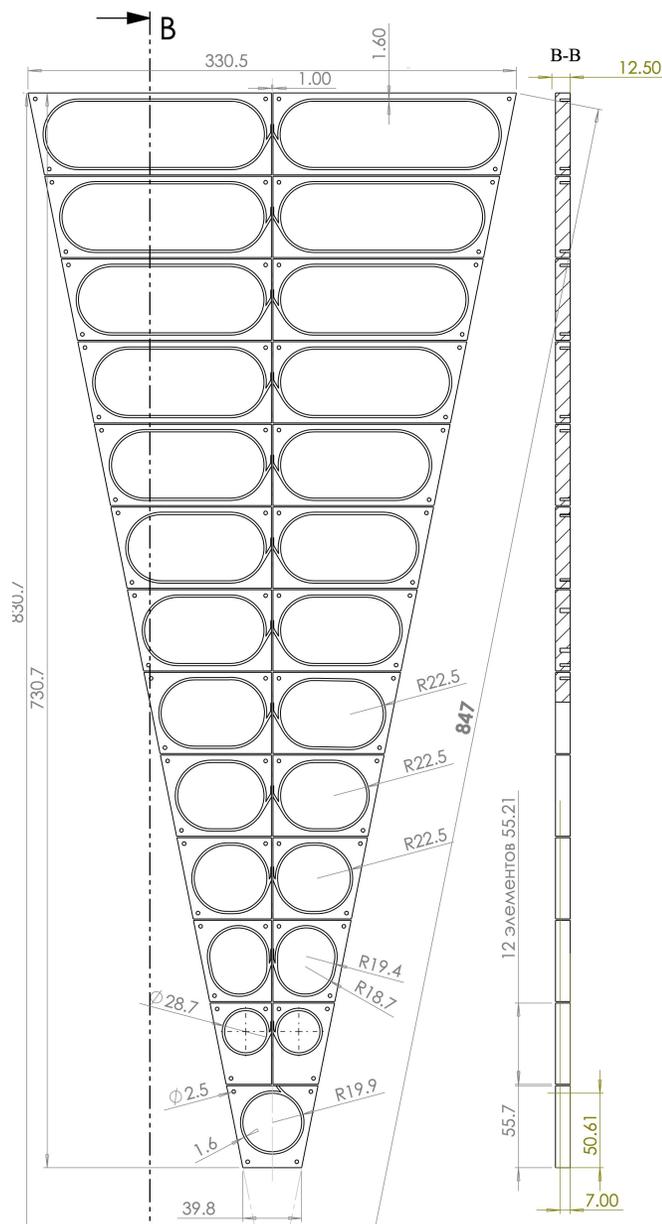
Цели задачи



Задачи:

- Разработка модели элемента сектора (сцинтилляционного тайла со смещаемым волокном) детектора ВВС в пакете Geant4
- Расчет количества фотонов, генерируемых при прохождении заряженной частицы через элемент детектора ВВС
- Расчет количества и энергетического спектра сцинтилляционных фотонов на выходе из ячейки детектора ВВС

Концепт сектора ВВС



Один из предлагаемых концептов детекторов:

- Высота одного элемента **55.7 мм**

Различные модификации по толщине:

- 12.5 мм
- **10 мм**
- 5 мм

**с каналами для оптоволокну глубиной 7 мм*

Оптоволокну:

- **Kuraray Y-11** зеленый WLS
- Saint-Gobain BCF-91A – зеленый WLS
- Saint-Gobain BCF-92 – зеленый WLS

Карта исследований



Ход работы

1
Определение пакета физических процессов и материалов:*С примитивной геометрией***Физ-Лист**

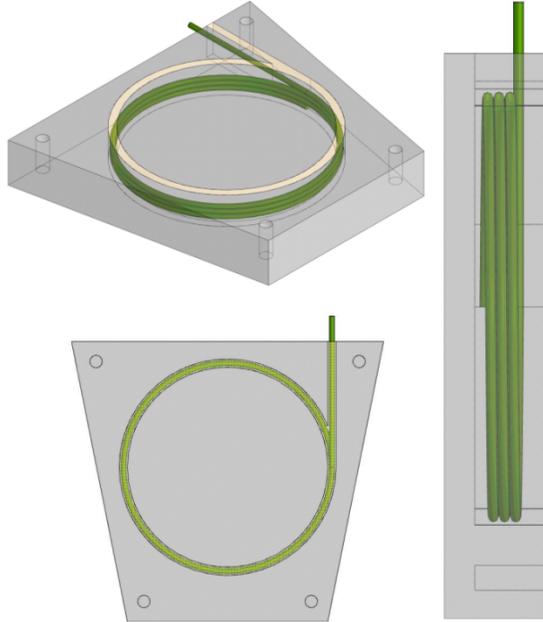
- FTFP_BERT
- EM_option4
- **Optical Physics**

Optical Physics

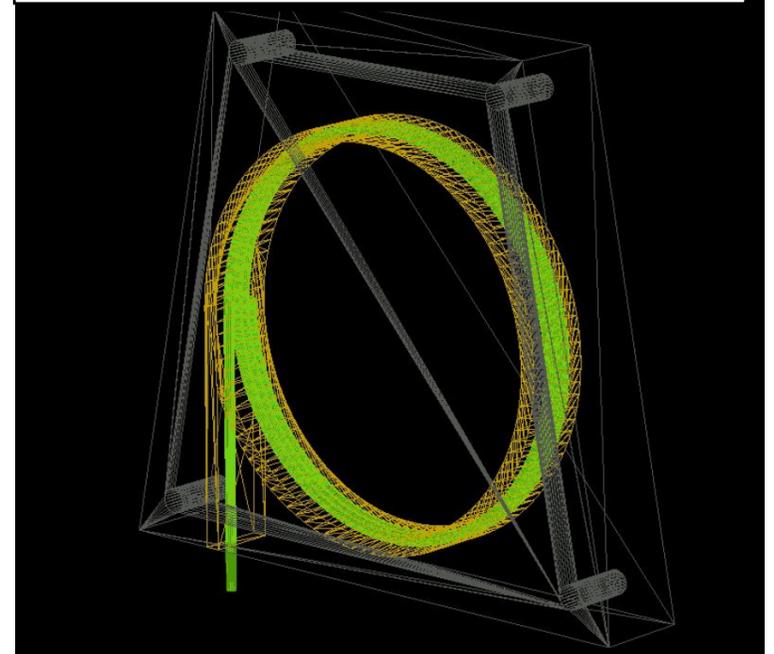
- Scintillation
- Cherenkov
- WLS
- Absorption
- Rayleigh scattering
- Boundary

Материалы**Полистерол** - материал для детектора**Оргстекло и полистерол** – материал для оптоволокон**Оптический клей**

1

2
Описание геометрии:*3D – модель одного элемента детектора (КОМПАС-3D)*

2

3
Geant4 геометрия элемента:*Визуализация в Geant4 перенесенной геометрии*

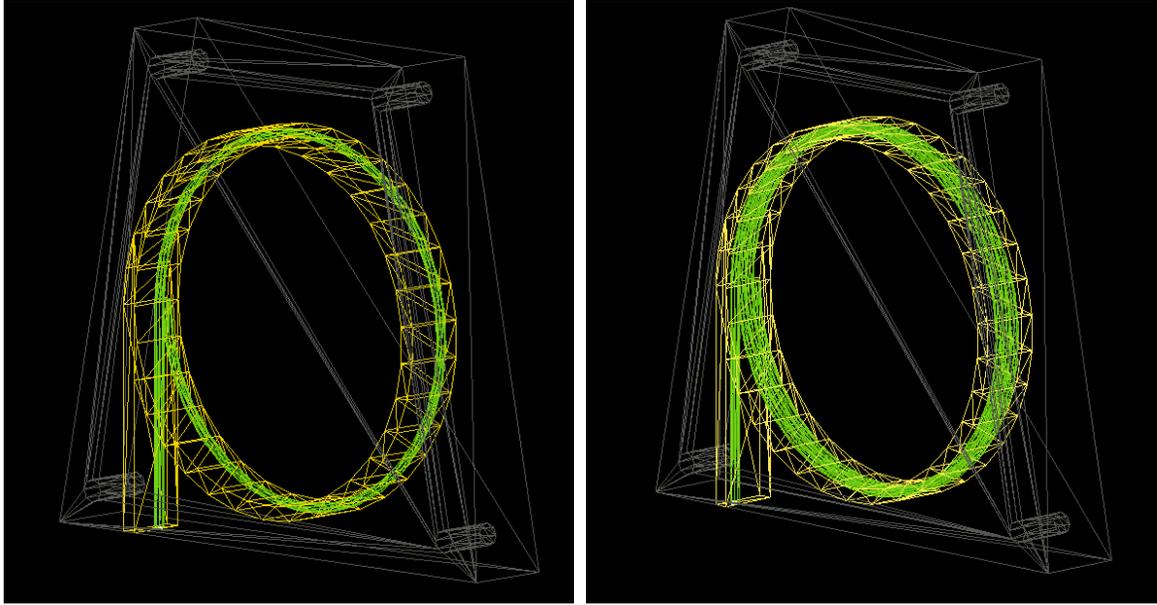
3

4
Результаты моделирования:

После определения физического пакета, параметров используемых в конструкции детектора материалов и его геометрии были получены результаты: распределение по множественности генерируемых фотонов от различных процессов в объеме детектора, соответствующие энергетические распределения, распределение по числу зарегистрированных фотокатодом фотонов, их энергетический спектр.

4

Описание исследования



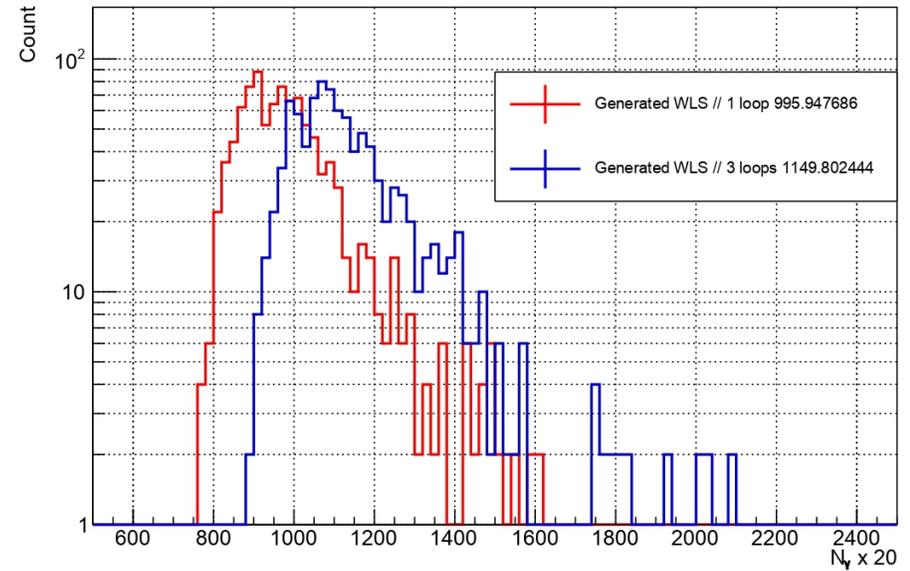
- Две конфигурации укладки оптоволоконна: три витка и один виток (оба начинаются с отступа в 1 мм от дна канавки)
- Одна конфигурация глубины канавки: 7 мм
- Р, 700 МэВ, пучок направлен в центр

Вывод

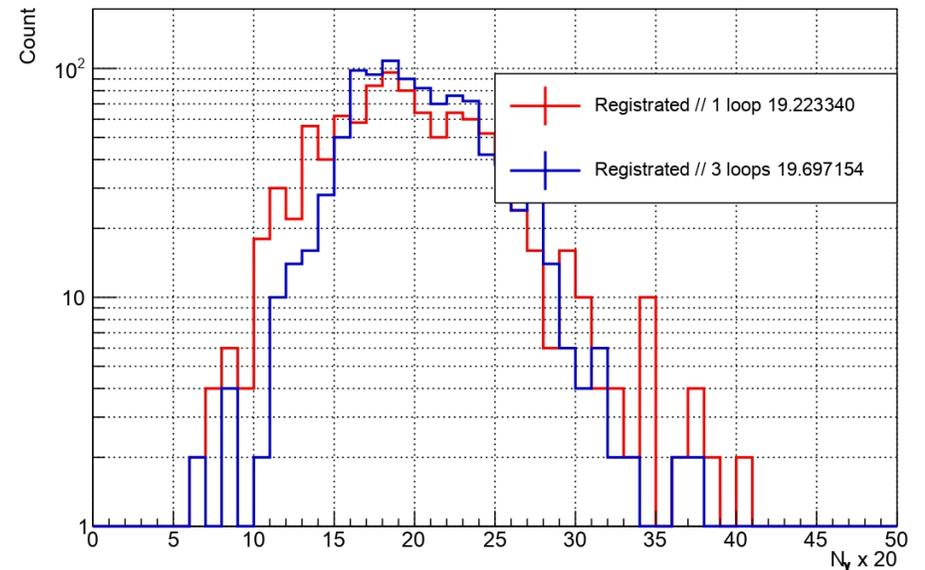
Количество витков сильным образом не влияет на число Reg фотонов, но влияет на число WLS

Результаты

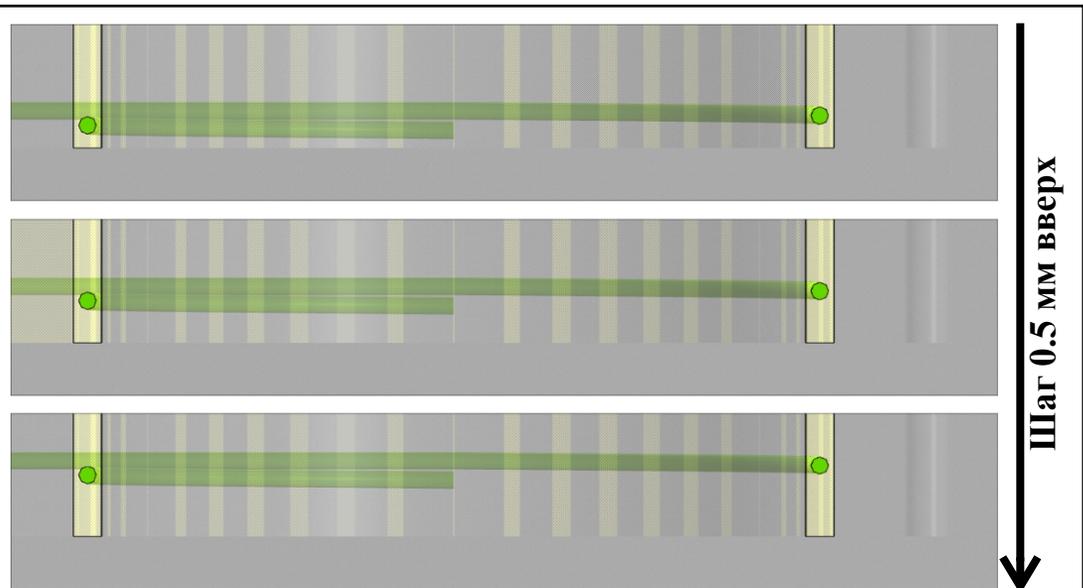
Number of generated WLS photons 1000 events



Number of REG photons 1000 events



Описание исследования



- Конфигурация положения оптоволокна: 7 различных уровней с шагом в 0.5 мм начиная с 1 мм от дна 7 мм канавки
- Одна конфигурация глубины канавки: 7 мм
- P, 700 МэВ, пучок направлен в центр

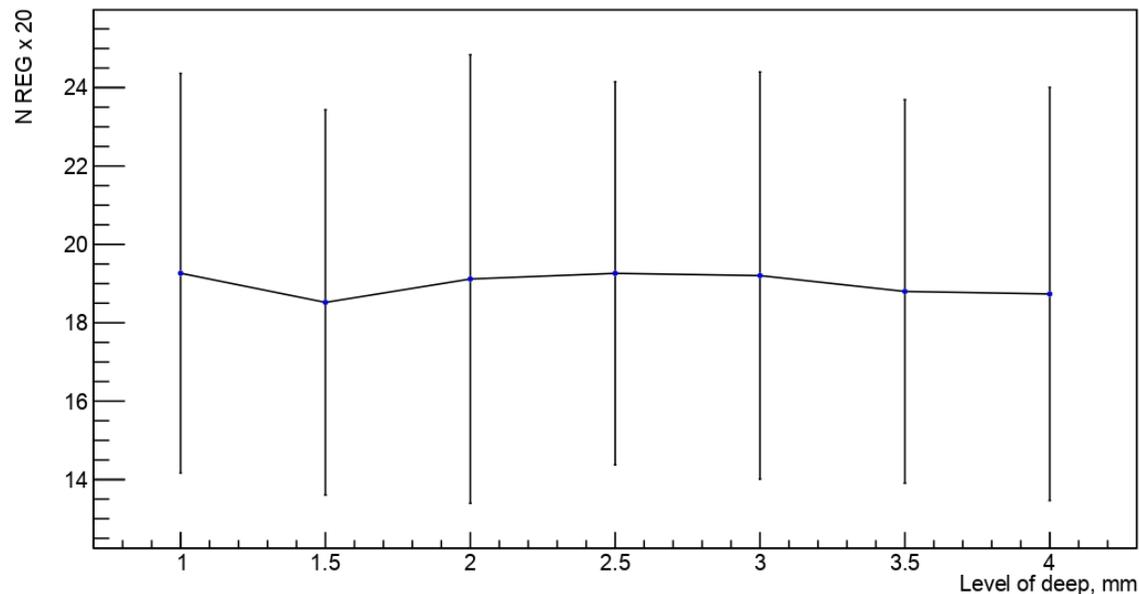
Вывод

Глубина залегания существенно не влияет на число WLS и Reg

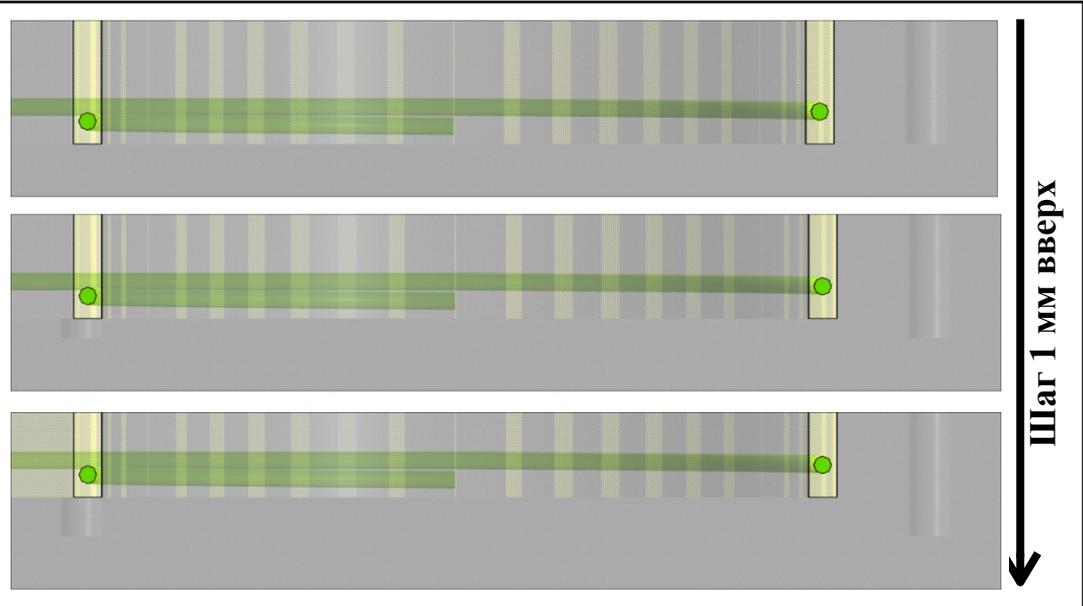
Результаты

Отступ, мм	Число WLS, x20	Число Регистрируемых, x20
1	1008.69	19.2651
1.5	991.109	18.5202
2	1017.58	19.1174
2.5	995.403	19.2621
3	990.092	19.204
3.5	988.12	18.8
4	976.831	18.736

Level of Ring Deep VS Number of PMT Registered



Описание исследования



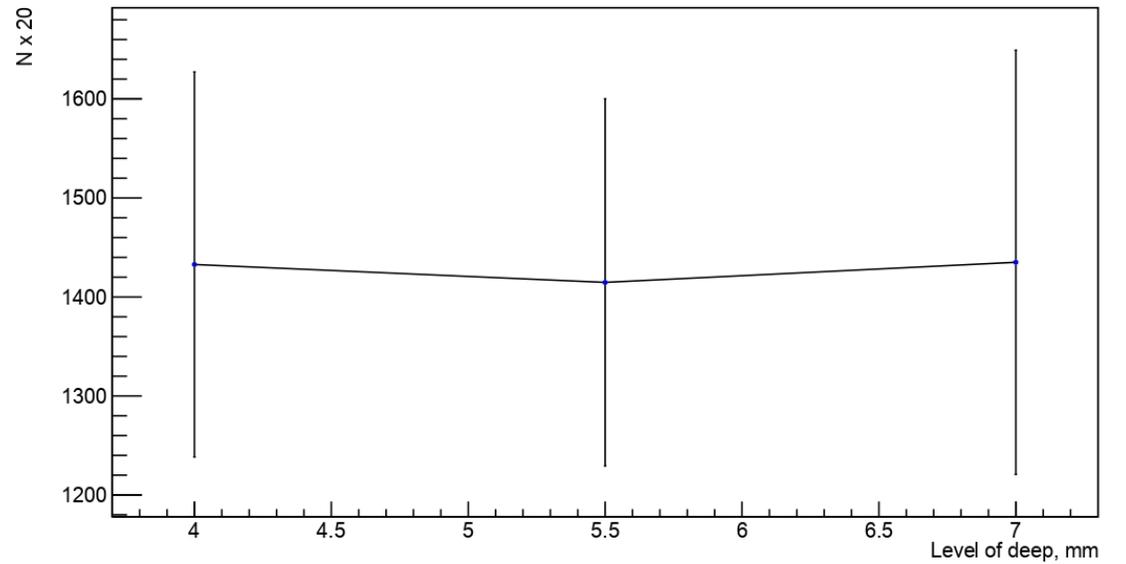
Глубина канавки, мм	Число SC, x20	Число WLS, x20	Число REG, x20
4	1432.81	972.101	18.4094
5.5	1414.72	962.013	17.5168
7	1435.04	976.831	18.736

- Конфигурация положения оптоволокон: на глубине 2 мм расположена середина начала витка
- Три различных конфигурации глубины канавки: 4, 5.5, 7 мм
- P, 700 МэВ, пучок направлен в центр

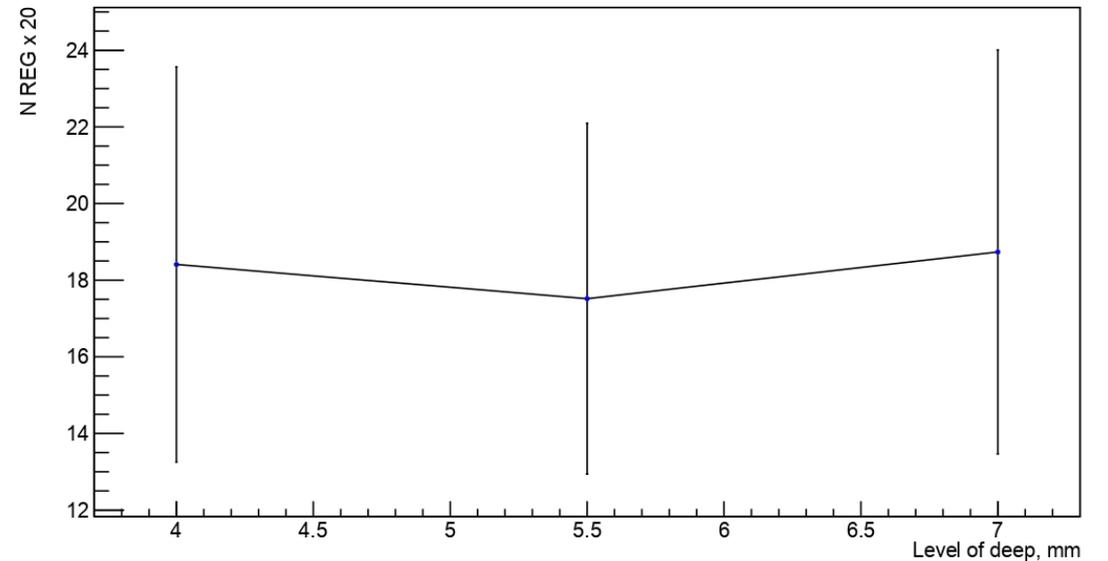
Число SC, WLS и Reg фотонов не зависит от глубины канавки.

Результаты

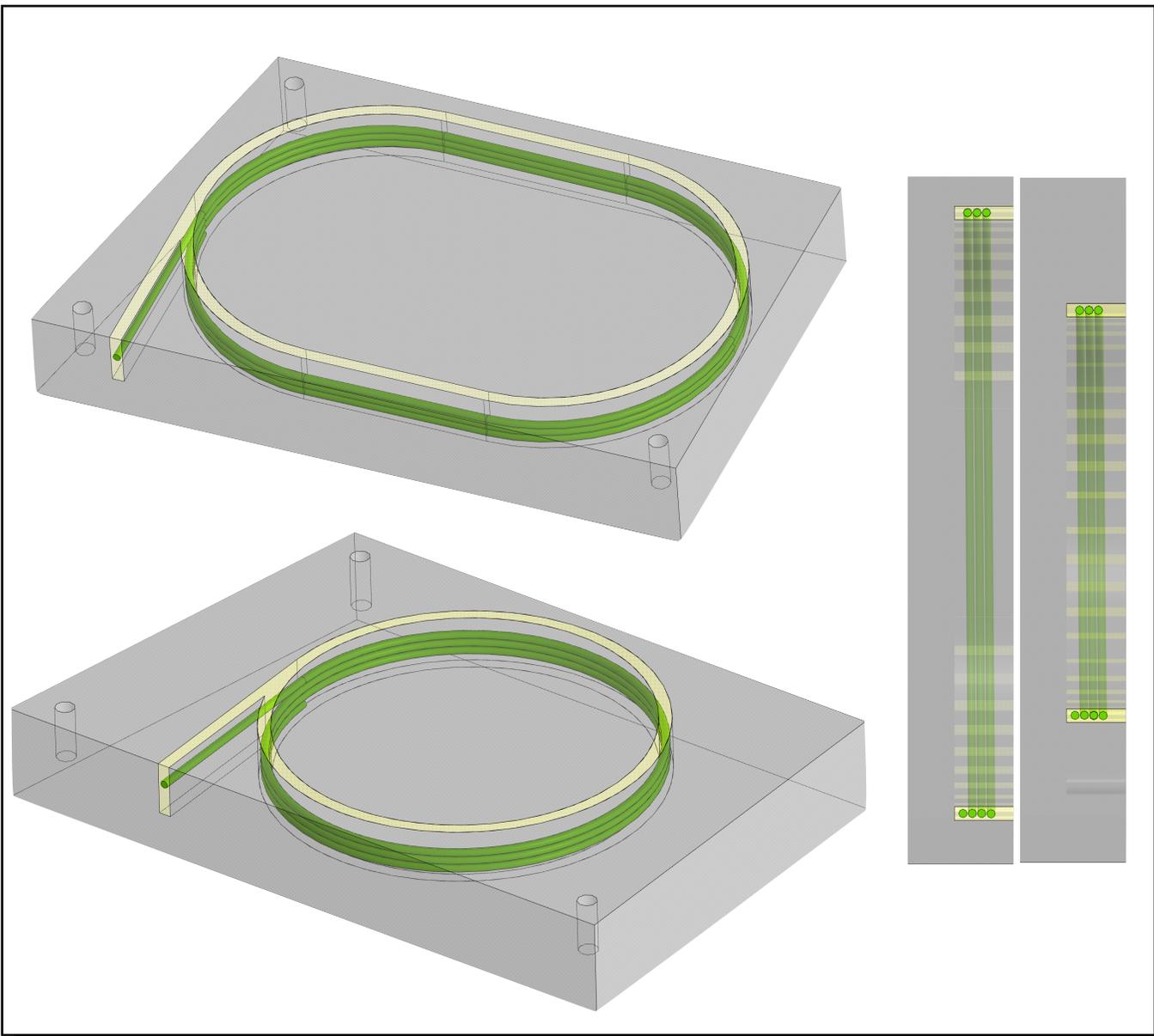
Level of Glue Deep VS Number of SC



Level of Glue Deep VS Number of PMT Registered

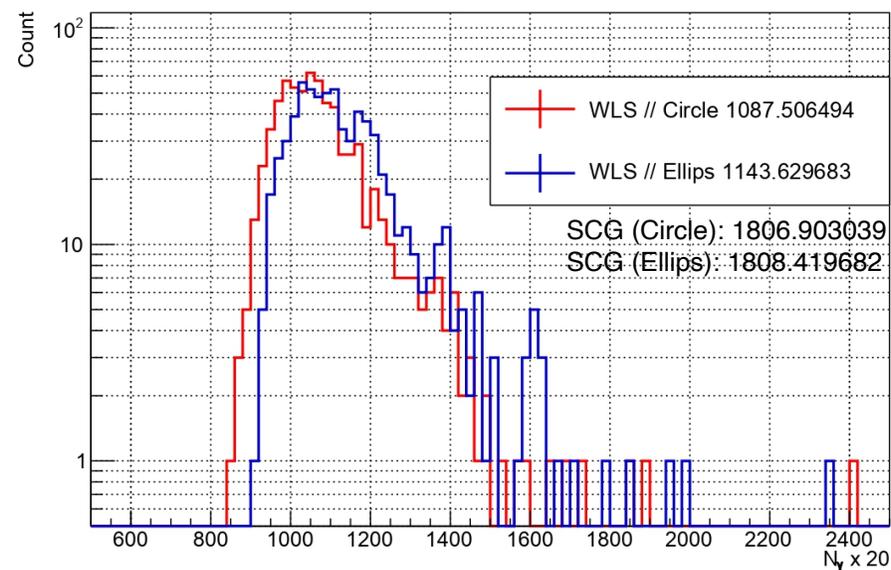


Описание исследования

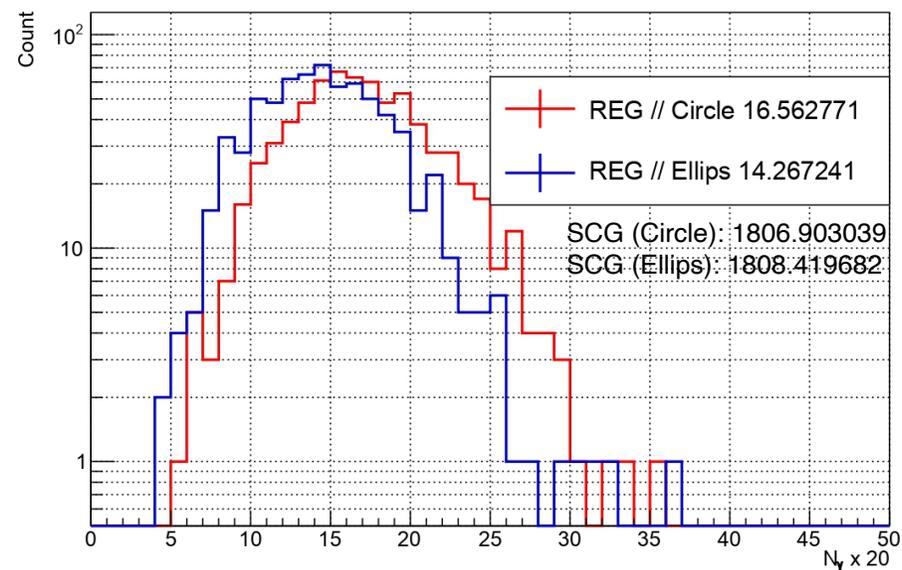


Результаты

Number of generated WLS photons 1000 events



Number of REG photons 1000 events



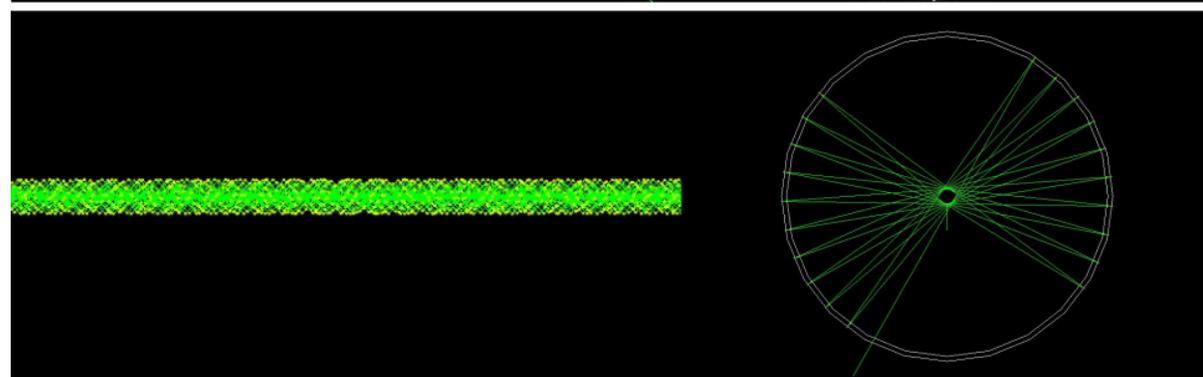
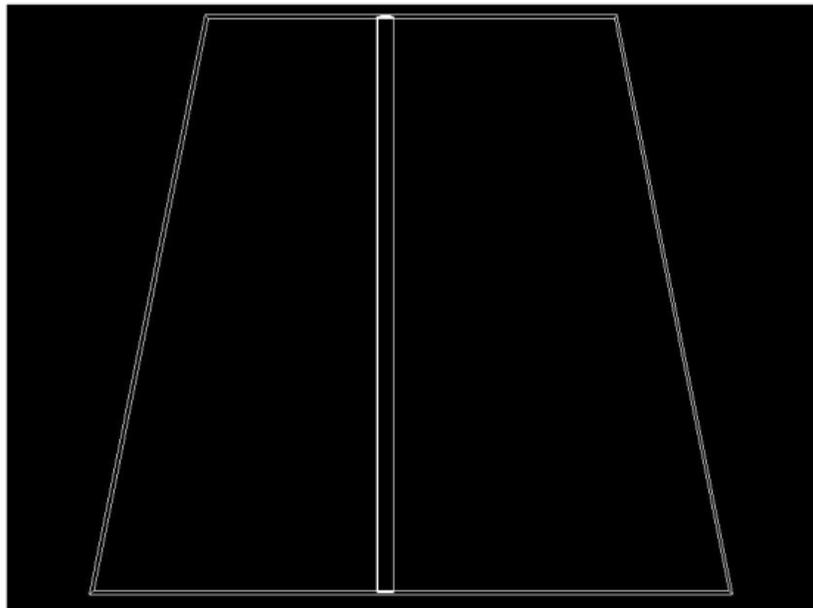
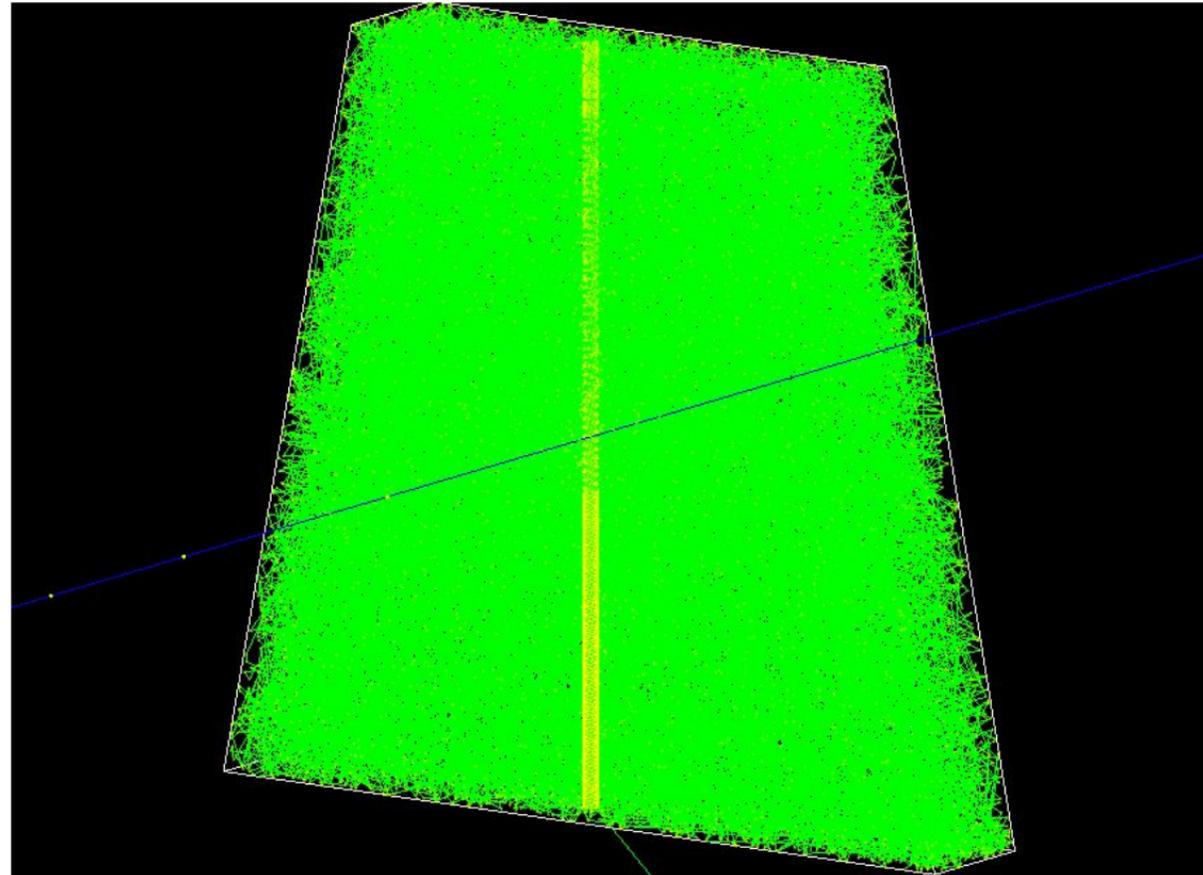
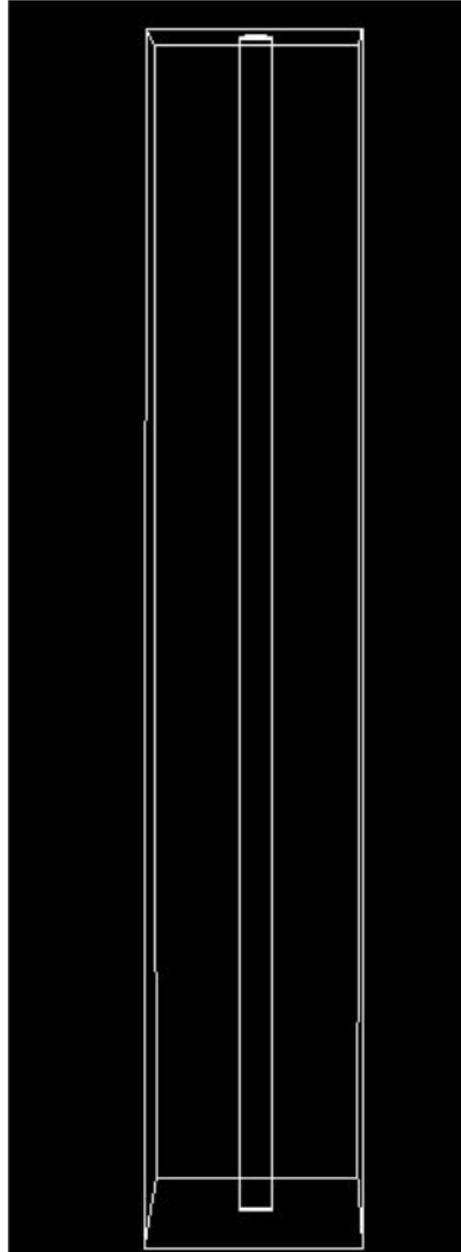
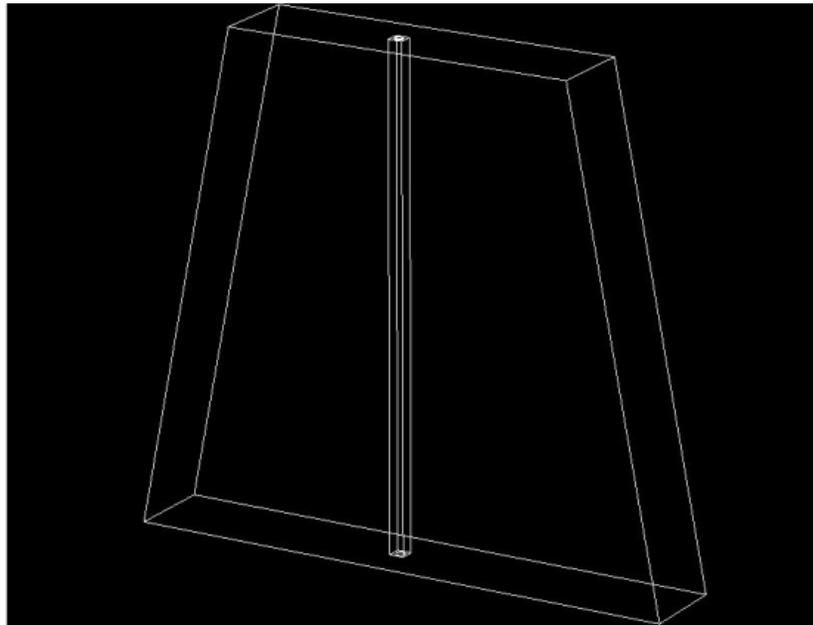
Заключение по G4 BBC моделированию

Реализовано:

- Разработан детальный план реализации моделирования;
- Проведено исследование зависимости числа регистрируемых и генерируемых WLS фотонов от числа витков оптоволокну
- Проведено исследование зависимости числа генерируемых SC, WLS, регистрируемых от глубины канавки
- Проведено исследование зависимости числа WLS и регистрируемых фотонов от глубины залегания оптоволокну
- Подготовлены исследования связанные с формой укладки оптоволокну для оптимизации процесса моделирования

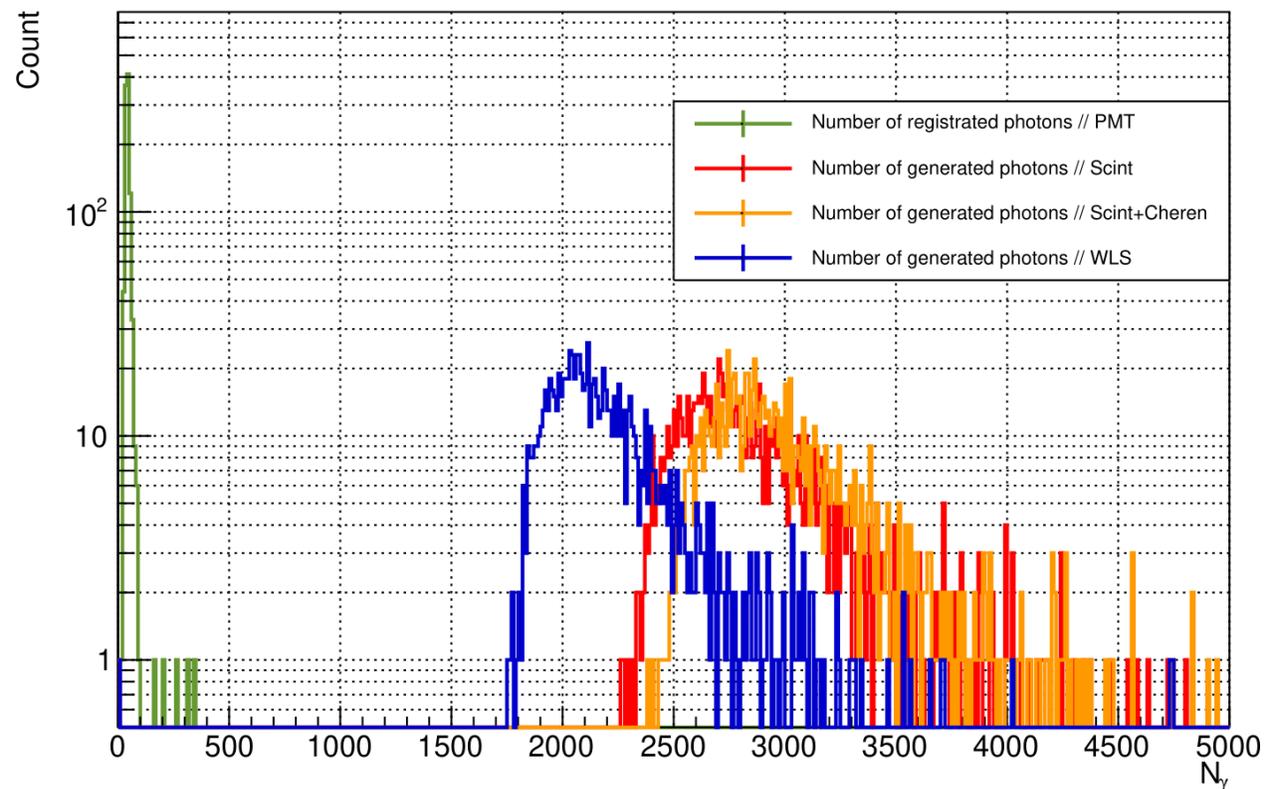
Дальнейшие планы направлены на уточнение результатов приведенных исследований (генерация первичной частицы из области, а не из одной точки). Также планируется продолжить измерения связанные с зависимостью числа зарегистрированных и WLS фотонов от формы укладки оптоволокну для оптимизации дальнейших вычислений.





Распределение по числу генерируемых в событии фотонов от различных процессов

Number of photons: 1000 events, p+ 700 MeV, single tile

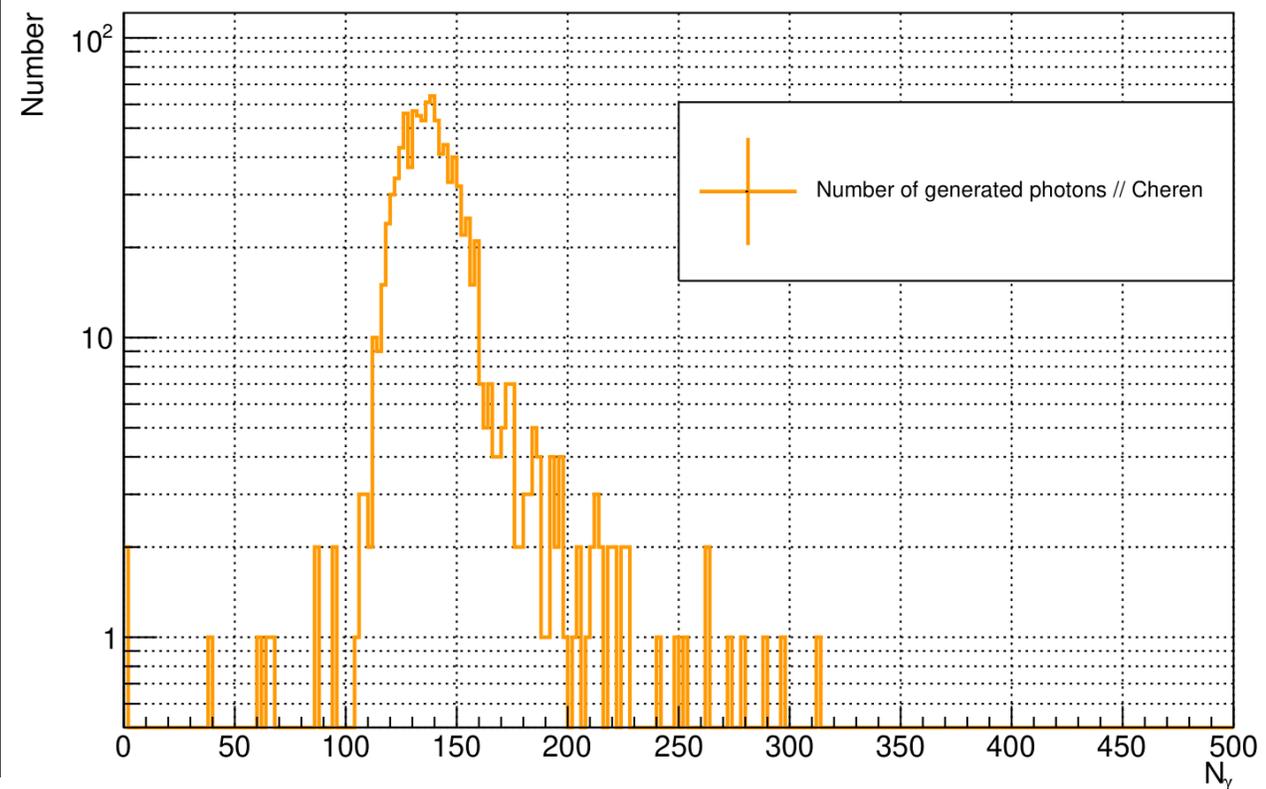


За одно событие генерируется:

- ~ 27000 сцинтилляционных фотонов
- ~ 140 фотонов Черенковского излучения
- ~ 22000 переизлученных фотонов в объеме оптоволокну

$[p^+ 700\text{MeV}, 1000\text{ evt}, \text{center}]$

Number of photons: 1000 events, p+ 700 MeV, single tile

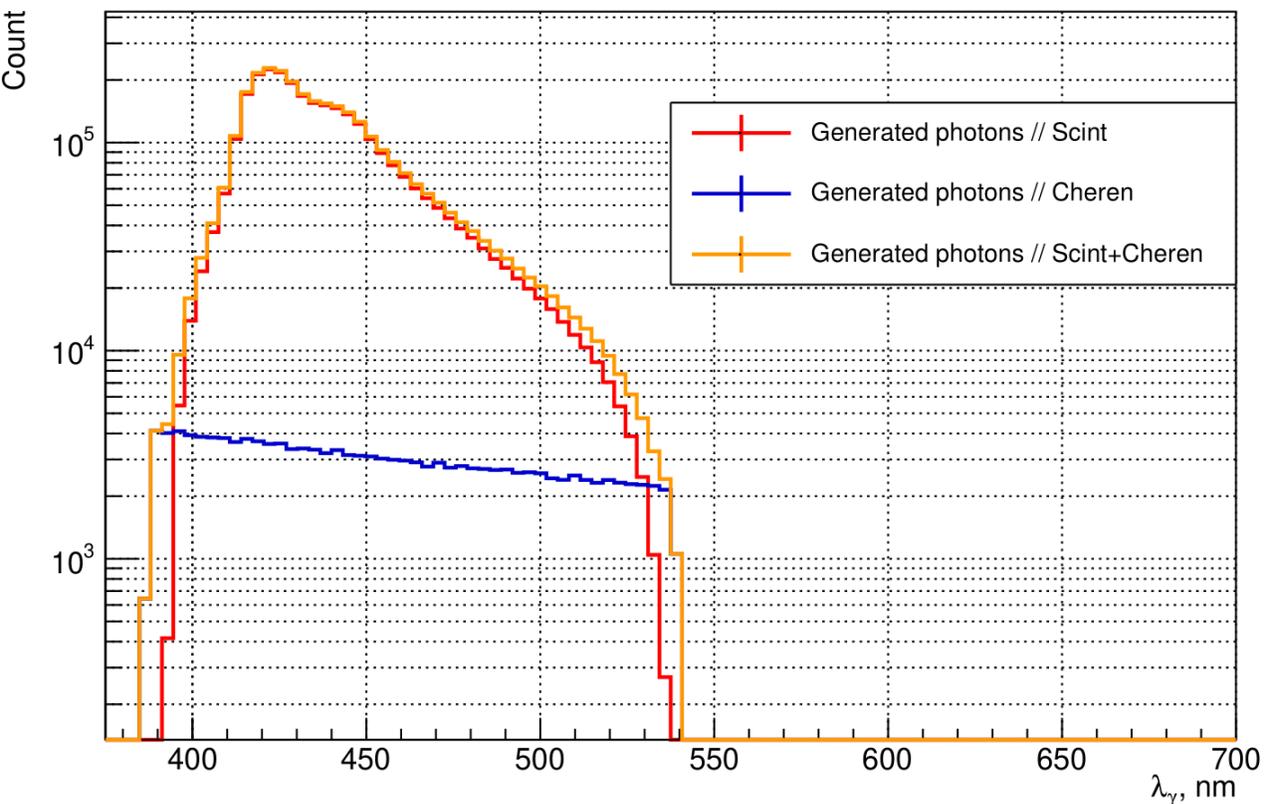


- Отношение генерируемых **Scint** к **Cheren**: **192:1**
- Около **82%** генерируемых фотонов захватываются и переизлучаются оптоволокну

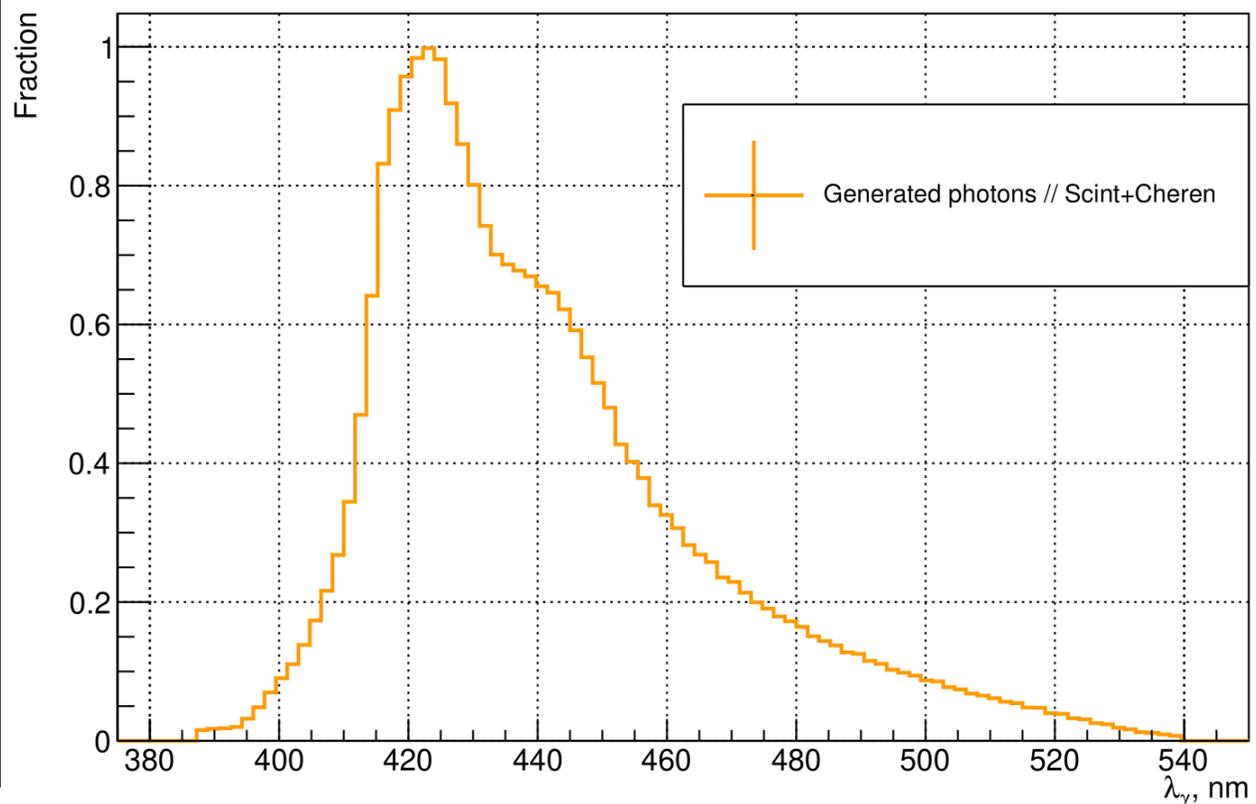
Энергетический спектр генерируемых в событии фотонов от различных процессов (за исключением WLS)

$[p^+ 700\text{MeV}, 1000\text{ evt}, \text{center}]$

Wavelength distribution // Generated: 1000 events, p+ 700 MeV, single tile



Wavelength distribution // Generated: 1000 events, p+ 700 MeV, single tile

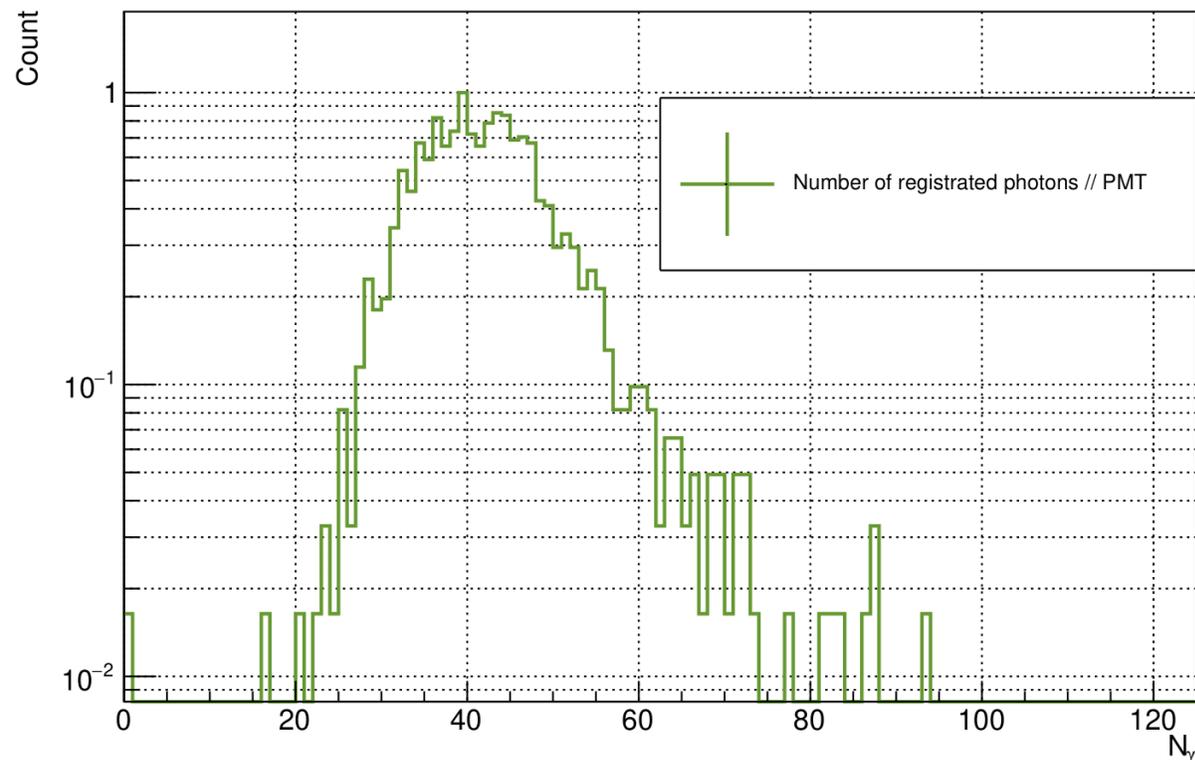


Энергетический спектр генерируемых фотонов полностью определяется параметрами задаваемыми при описании соответствующих материалов – является характеристикой сцинтиллятора

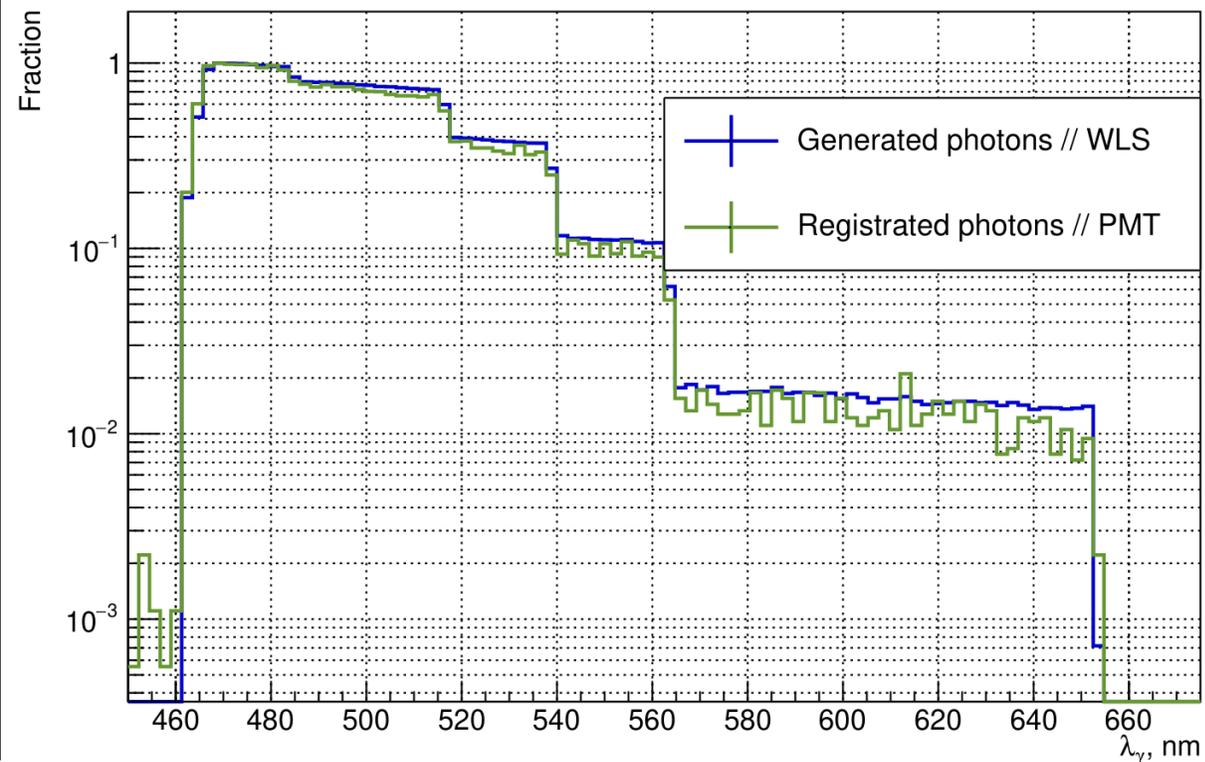
Распределение по числу регистрируемых фотокатодом фотонов, соответствующий ему энергетический спектр, а также энергетический спектр переизлученных фотонов в объеме оптоволоконна

$[p^+ 700\text{MeV}, 1000\text{ evt}, \text{center}]$

Number of photons: 1000 events, p^+ 700 MeV, single tile



Wavelength distribution



- За одно событие регистрируется (попадают на поверхность фотокатода): **~400** фотонов
- Отношение зарегистрированных фотонов к генерируемым за событие с объеме сцинтиллятора (~ 27000): **~ 1:65 (на 65 генерируемых приходится один зарегистрированный)**

Number of generated SC photons 1000 events

