

The background image shows a dramatic coastline with light-colored, layered limestone rock formations. A winding road is visible on the left side of the frame. The sea is a vibrant blue, with some white foam near the shore. The sky is clear and blue.

Изучение угловой восприимчивости оптического модуля нейтринного телескопа **ANTARES**

Коллаборация ANTARES



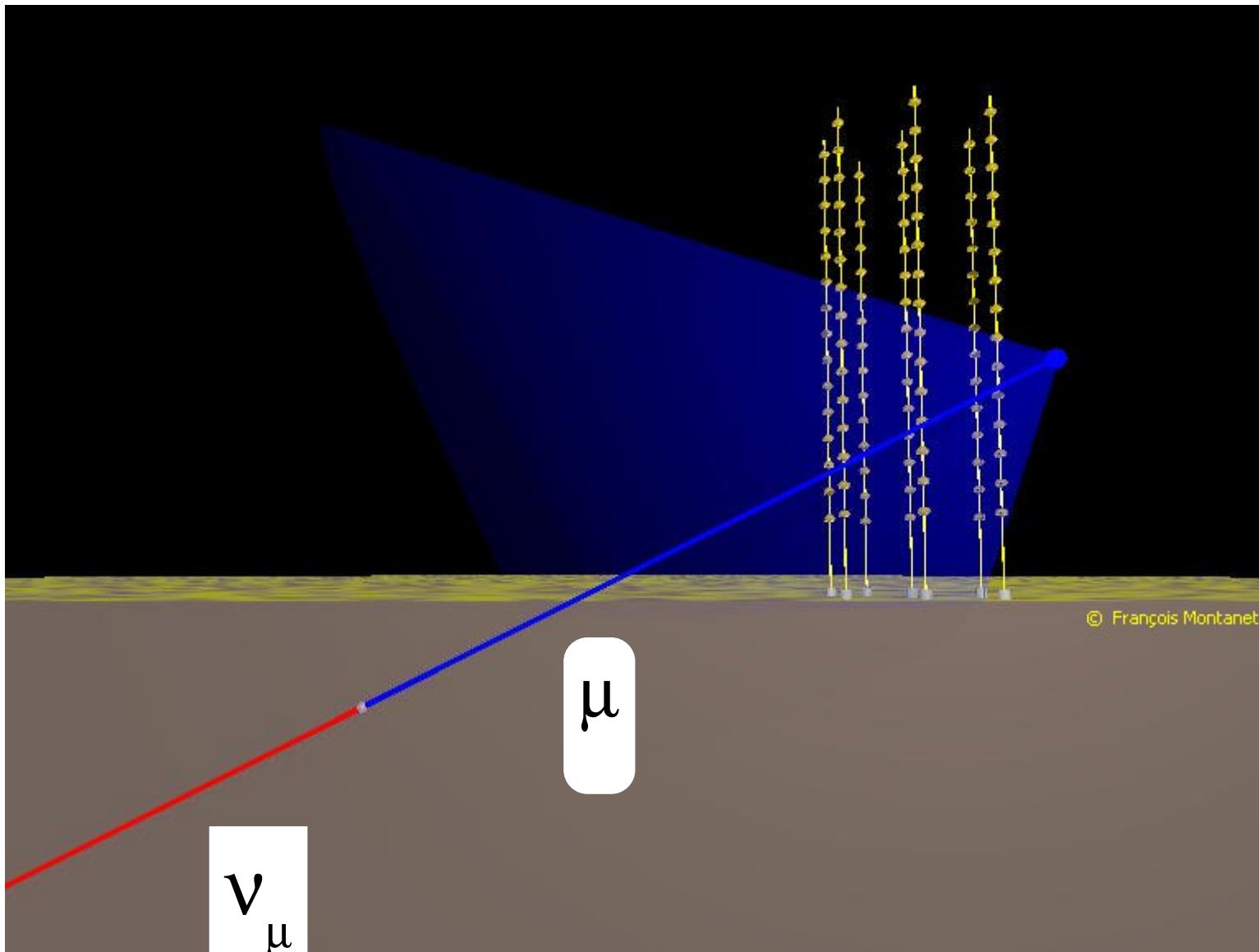
Нейтрино

- Слабо взаимодействует с веществом
- Распространяется без отклонений в магнитных полях

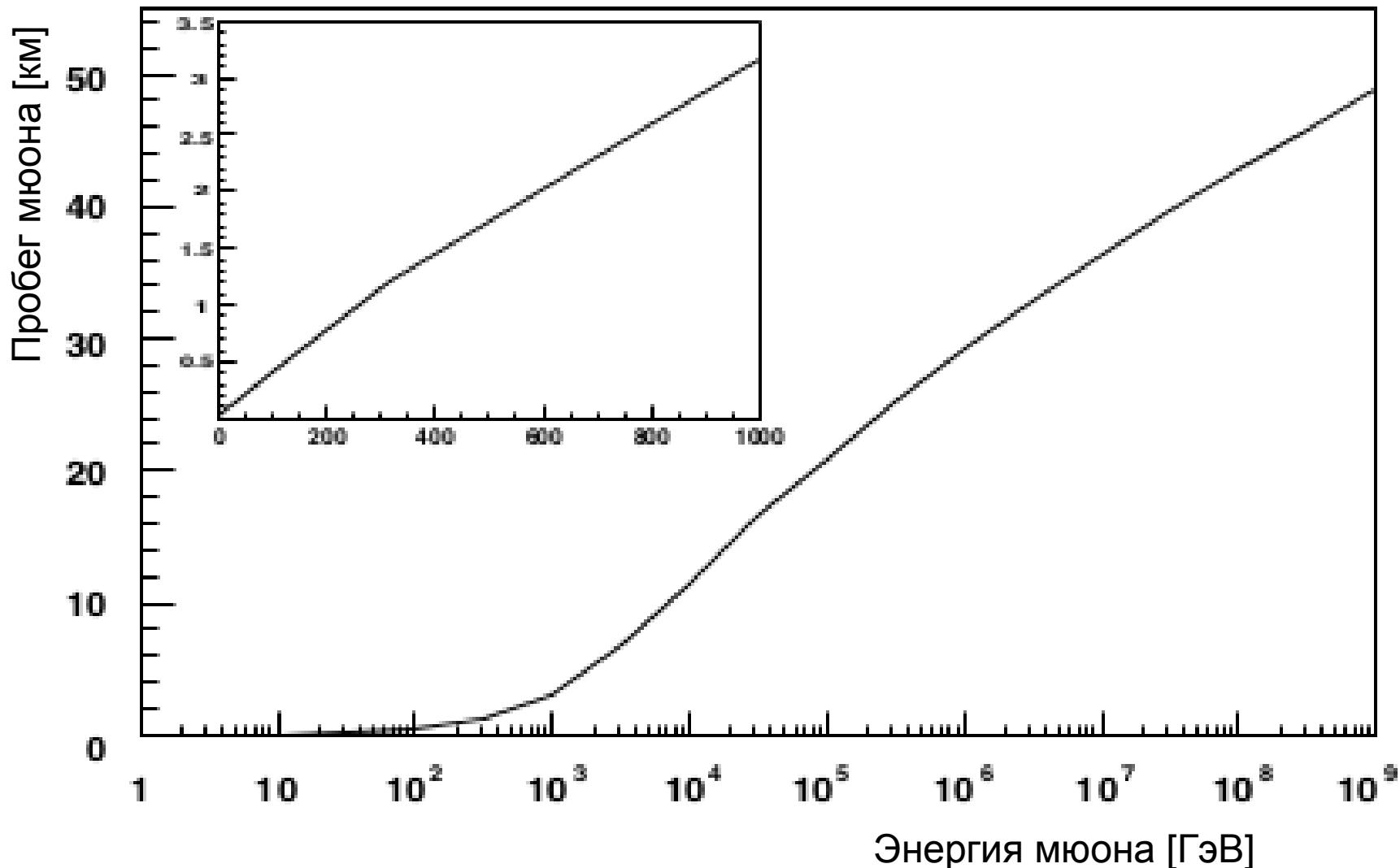
Задачи телескопа

- Изучение формирования космических лучей
- Поиск точечных источников нейтрино (сверхновые, гамма всплески)
- Поиск протяжённых источников нейтрино (облака Ферми, активные галактические ядра)
- Обнаружение распада и аннигиляции Тёмной Материи

Принцип работы телескопа



Принцип работы телескопа



Принцип работы телескопа

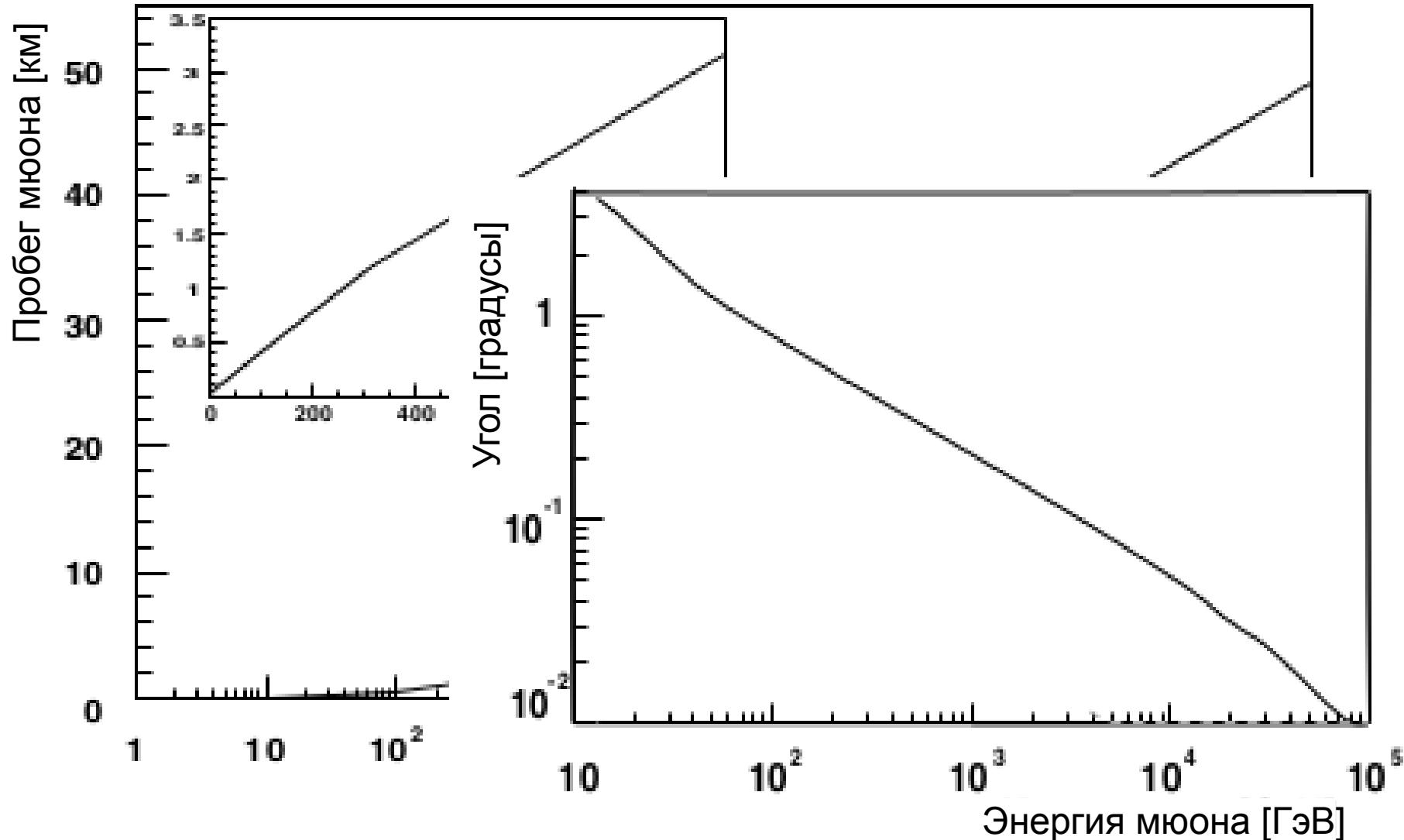
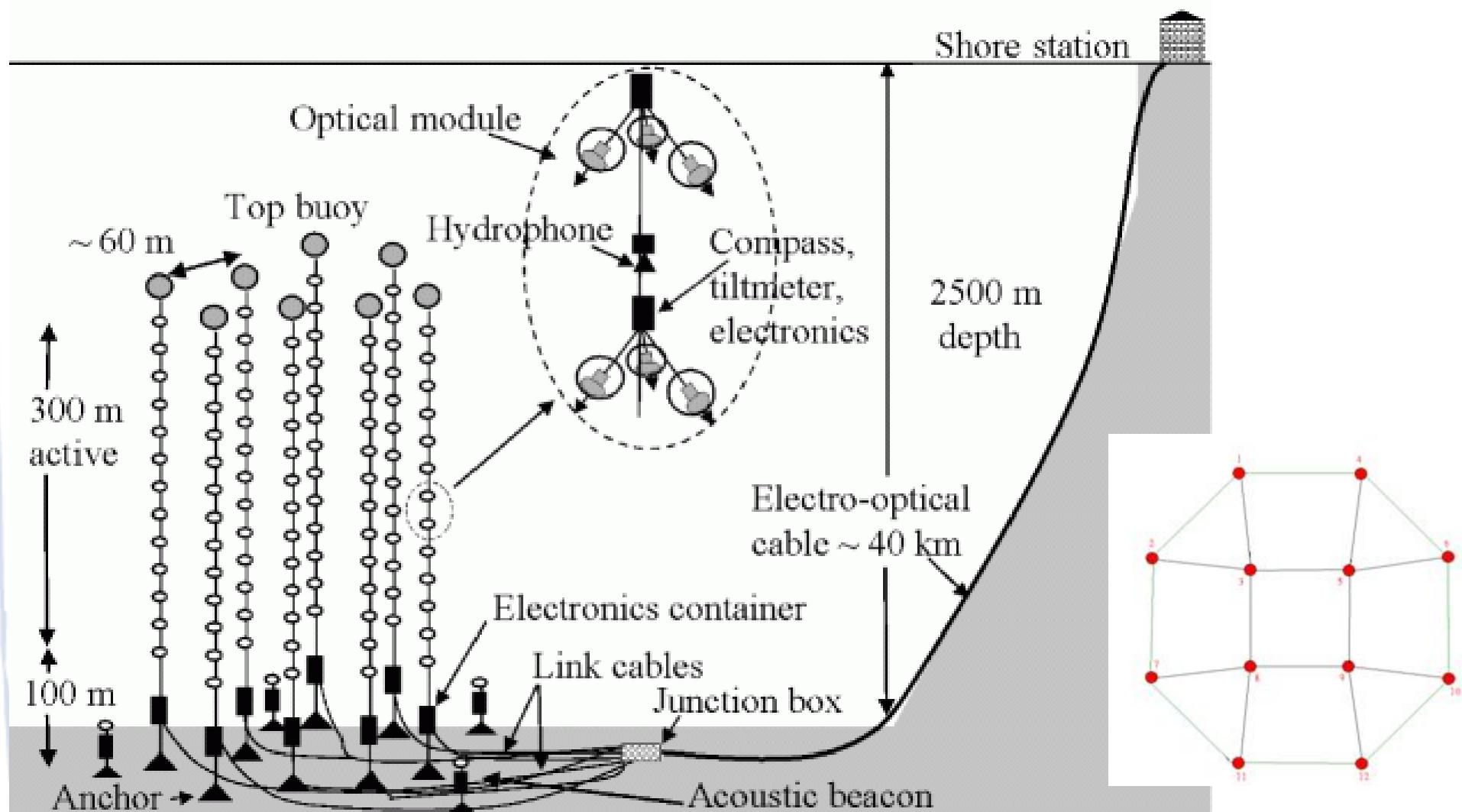


Схема телескопа



Оптический модуль



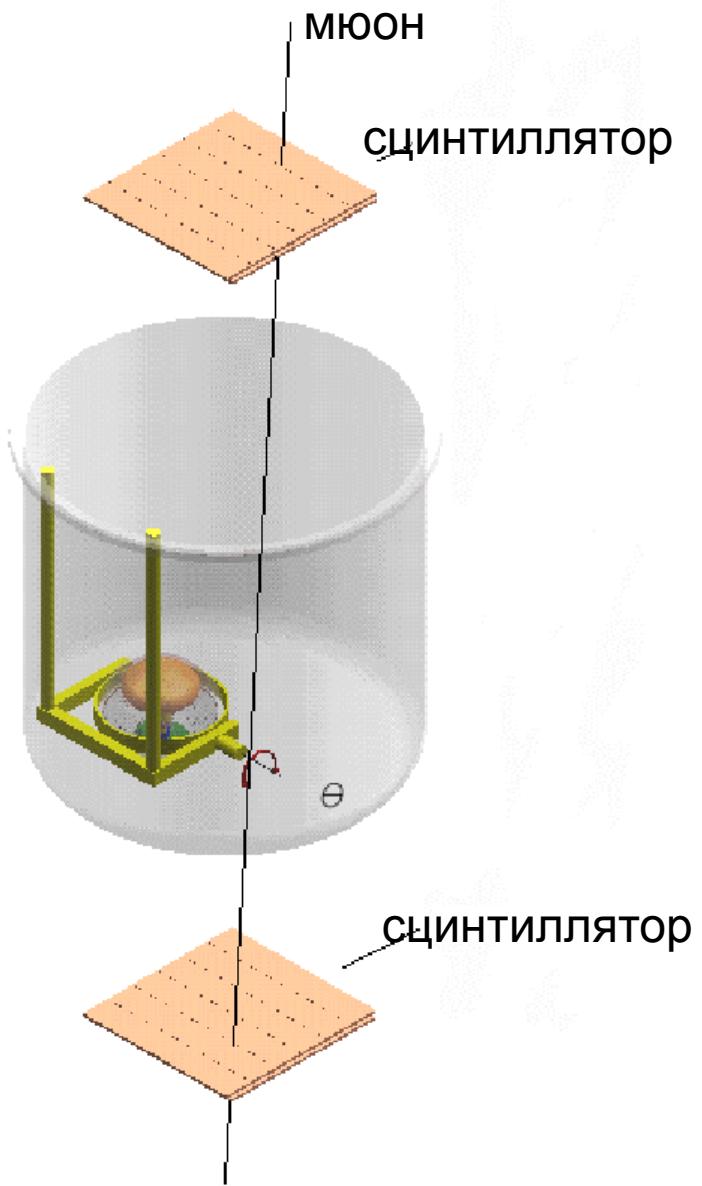
Угловая восприимчивость



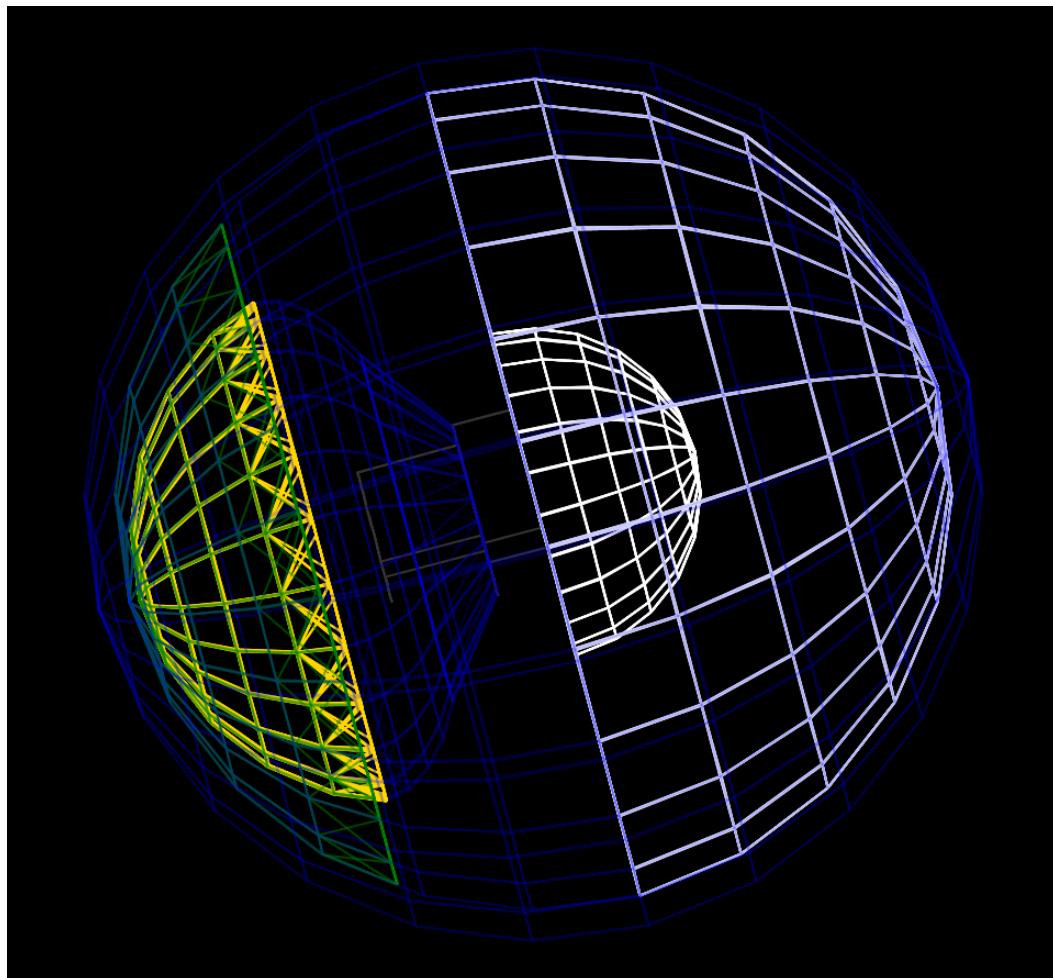
$$A(\lambda, \theta) = \frac{N_{reg}}{N_{tot}}$$

- Алгоритм реконструкции направления и энергии пролетающей частицы
- Моделирование фоновых шумов

Экспериментальная установка



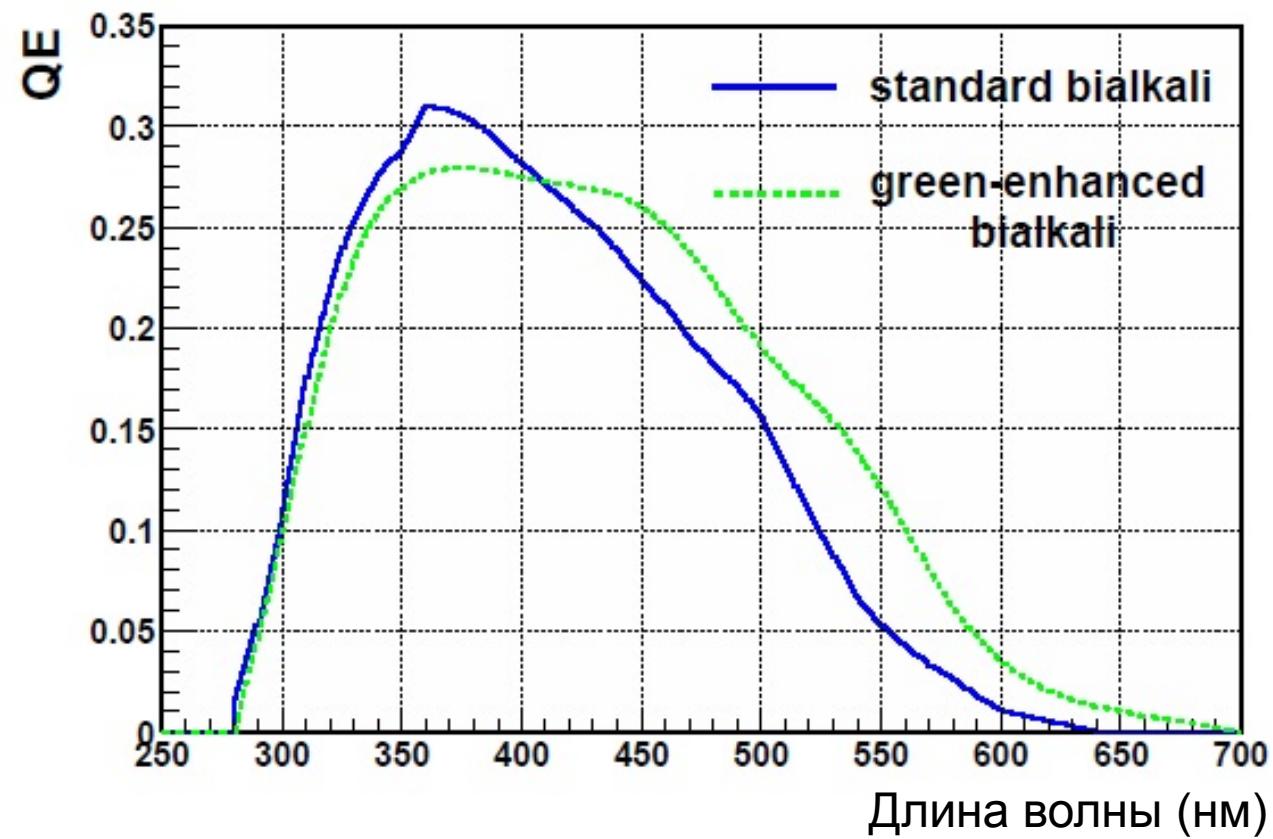
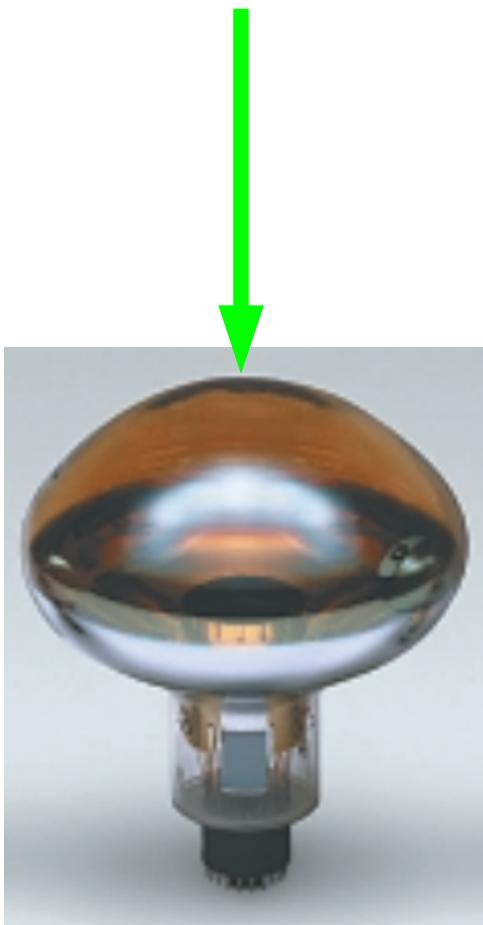
Модель



Квантовая эффективность

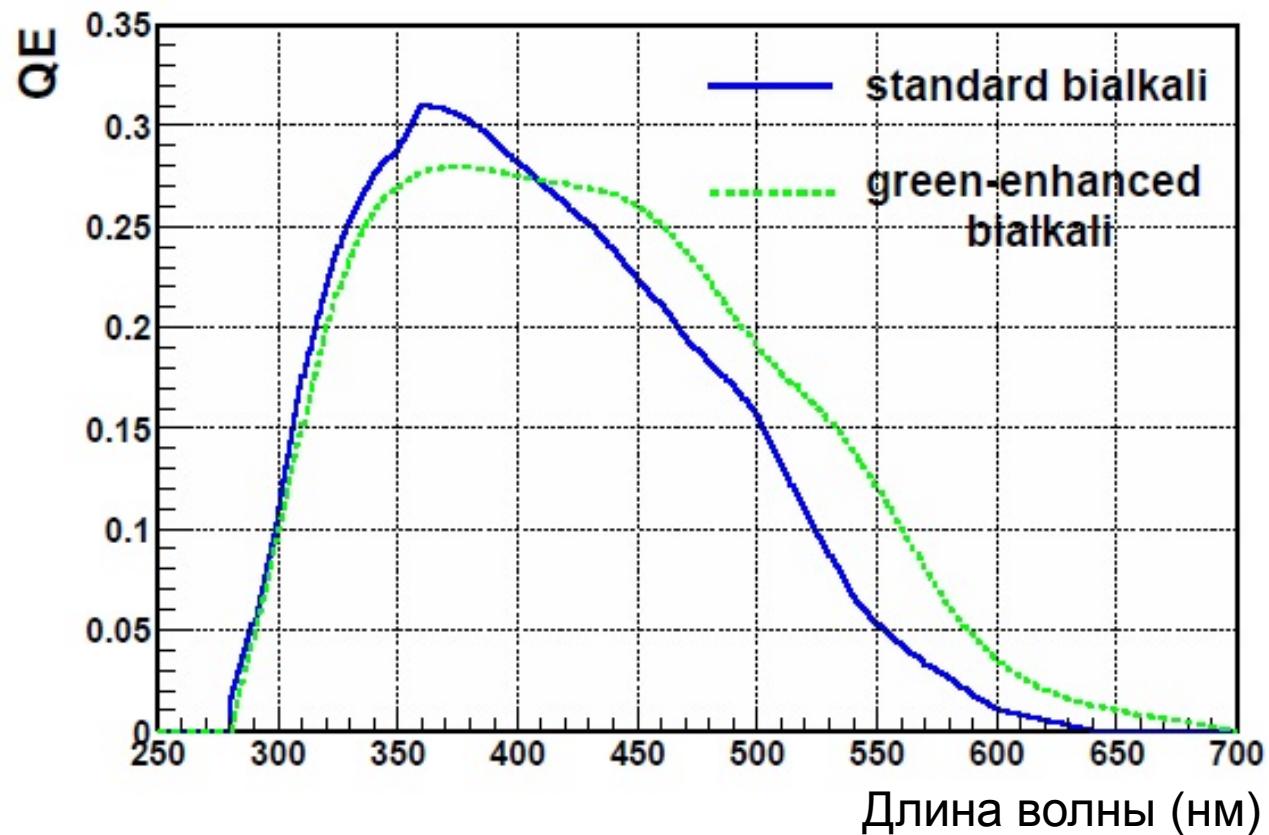
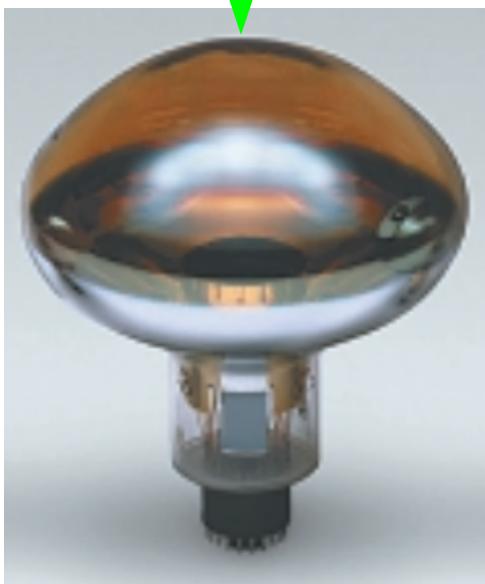


Квантовая эффективность

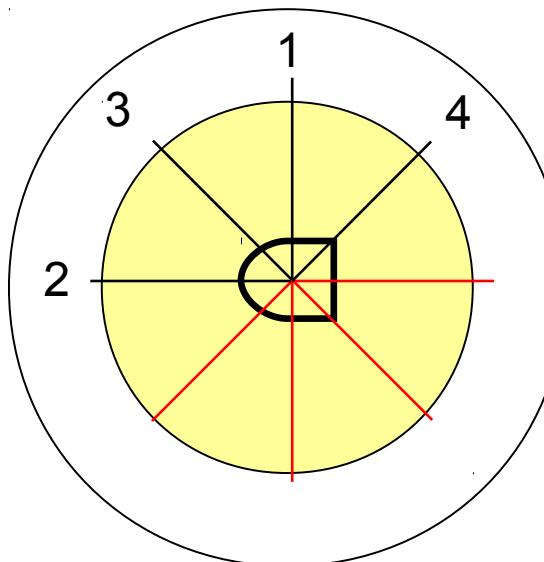


Квантовая эффективность

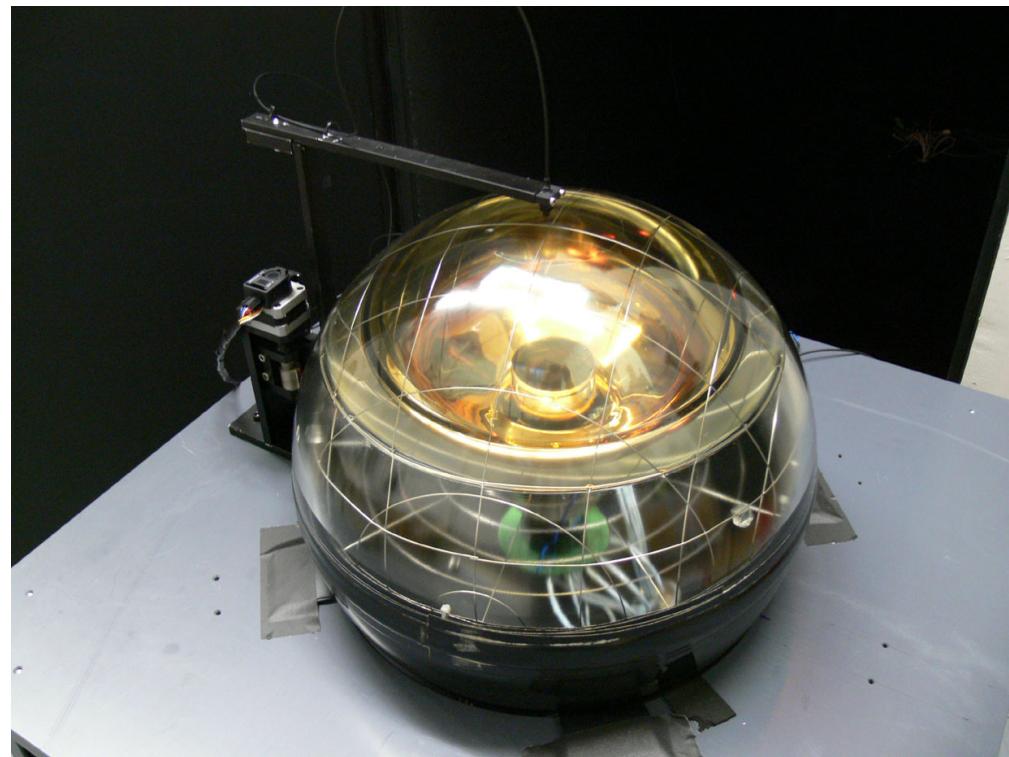
$$QE(\lambda, \theta) = Abs(\lambda, \theta)^* E(\lambda)$$



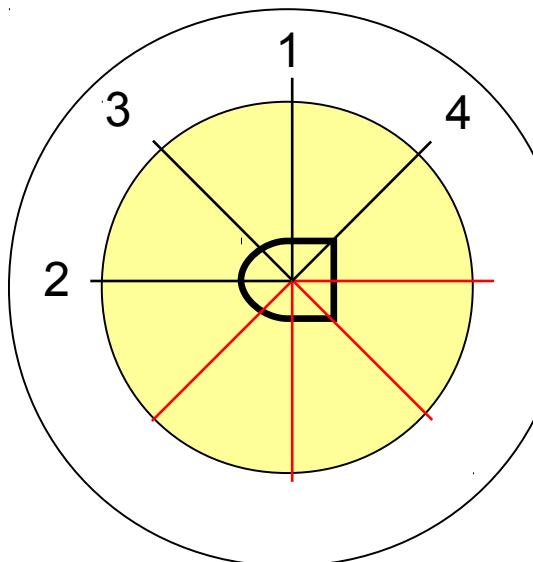
Радиальный скан модуля



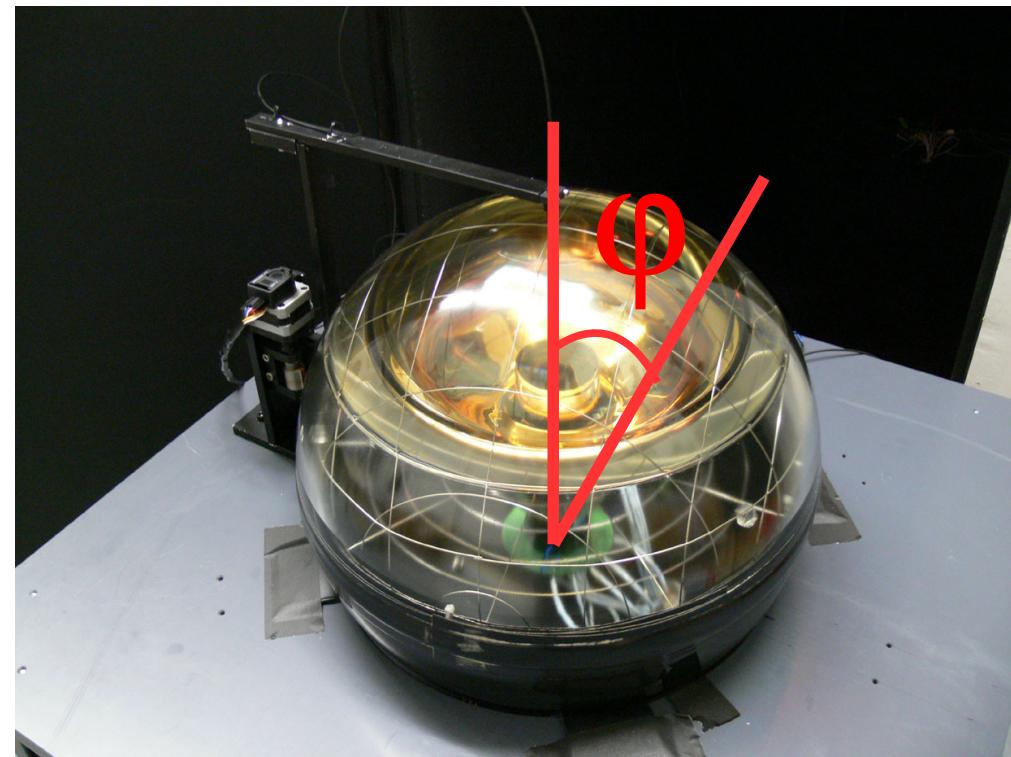
↑ N



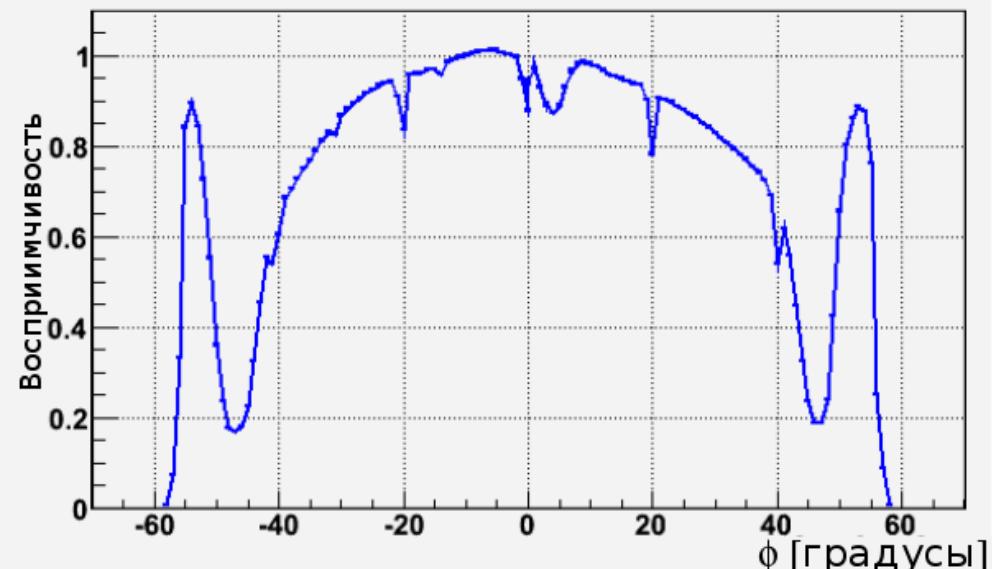
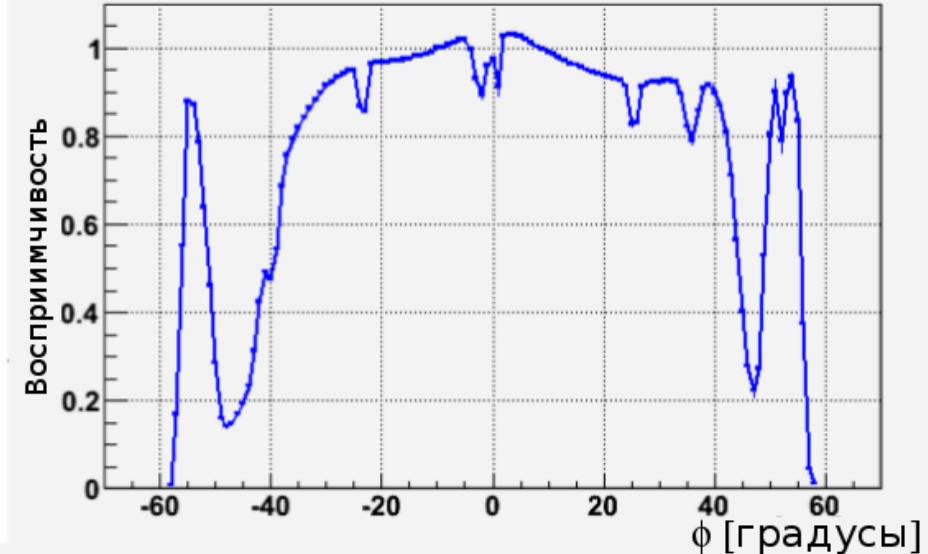
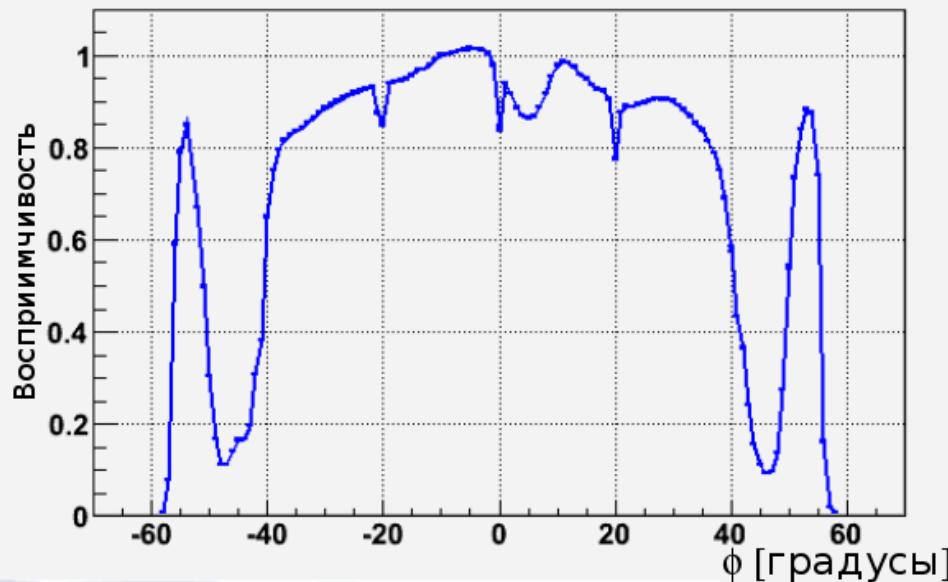
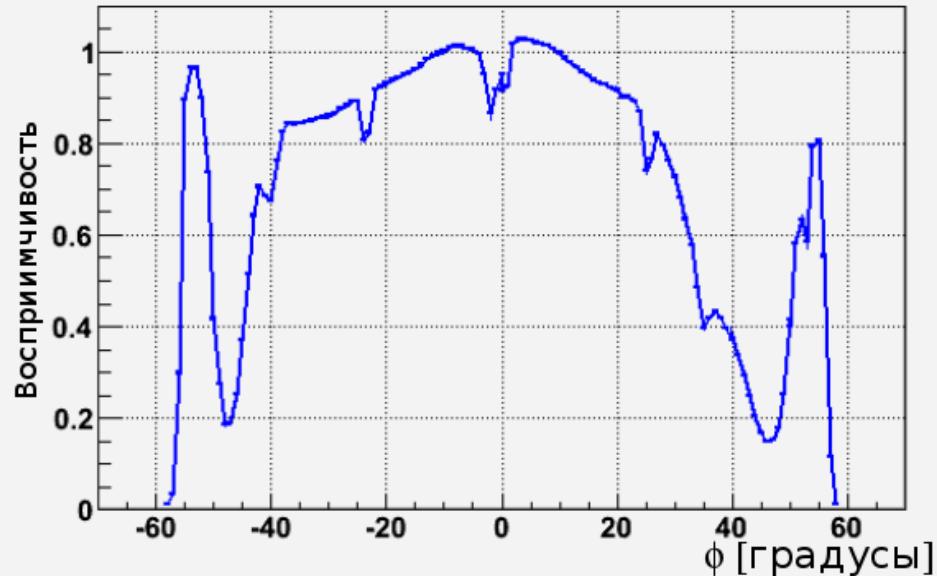
Радиальный скан модуля



↑ N

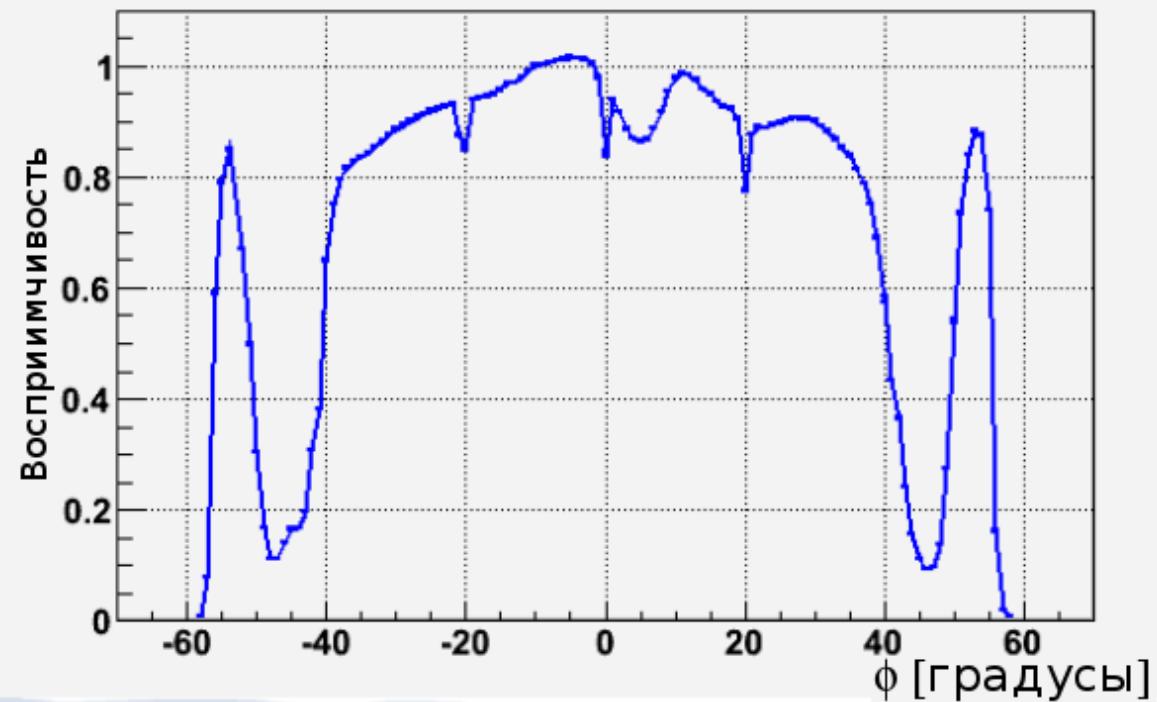
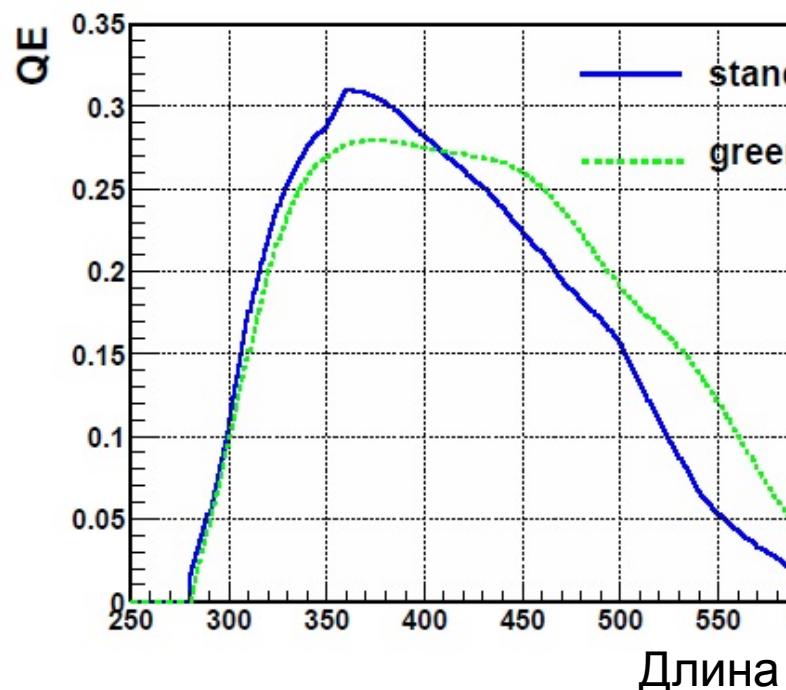


Радиальный скан модуля

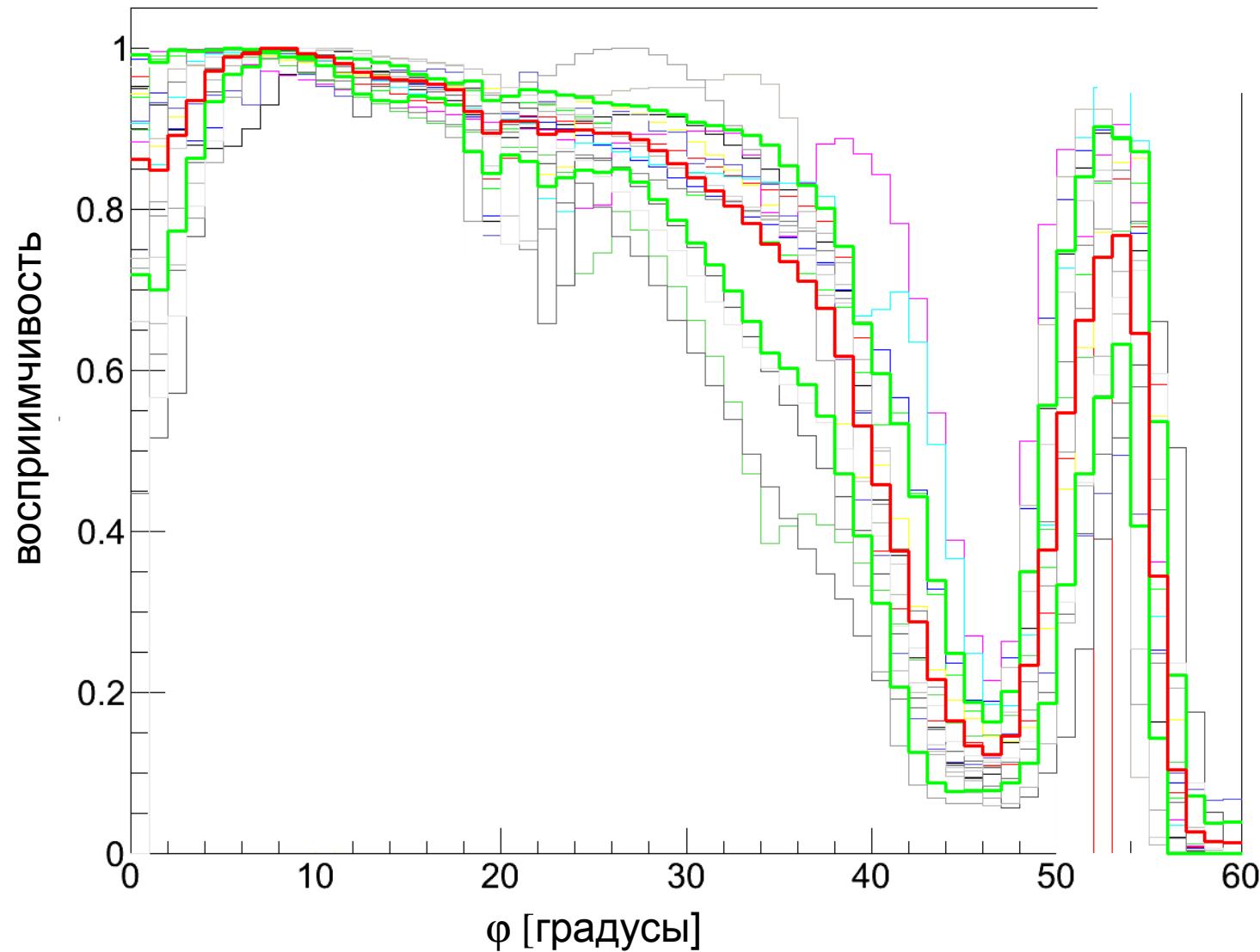


Модификация квантовой эффективности

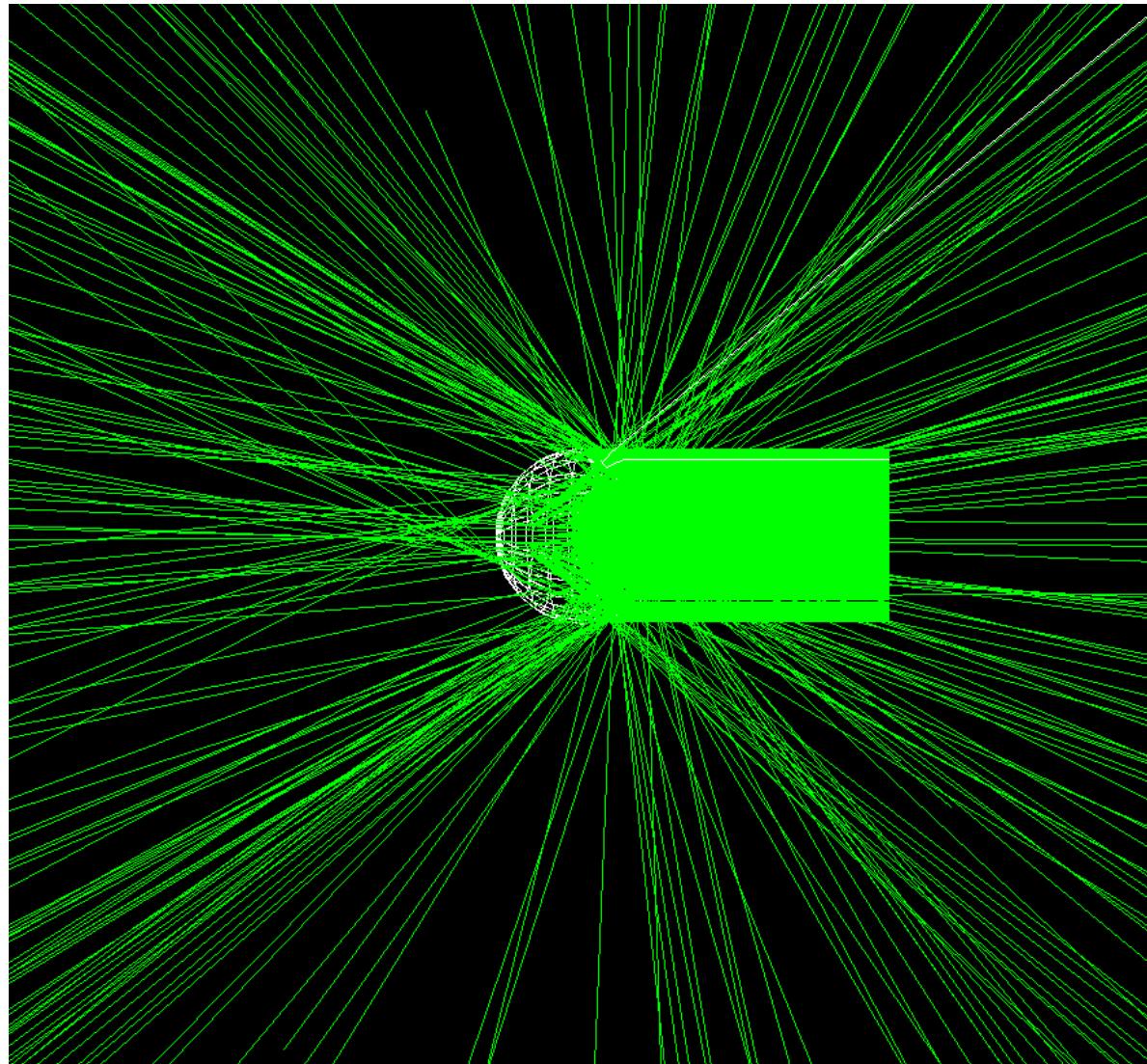
$$QE(\lambda, \theta, \varphi) = Abs(\lambda, \theta)^* E(\lambda)^* P(\varphi)$$



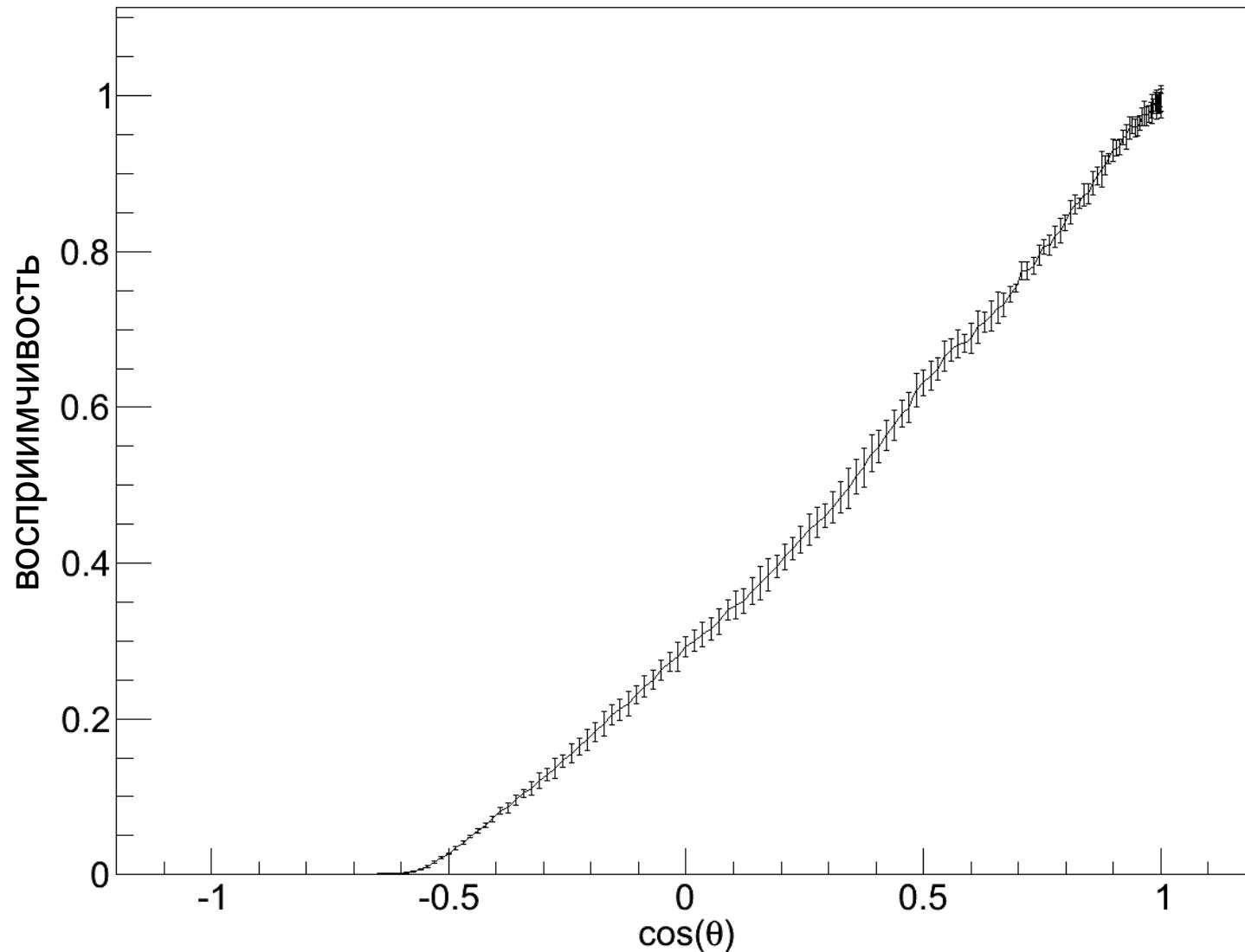
Средний радиальный скан



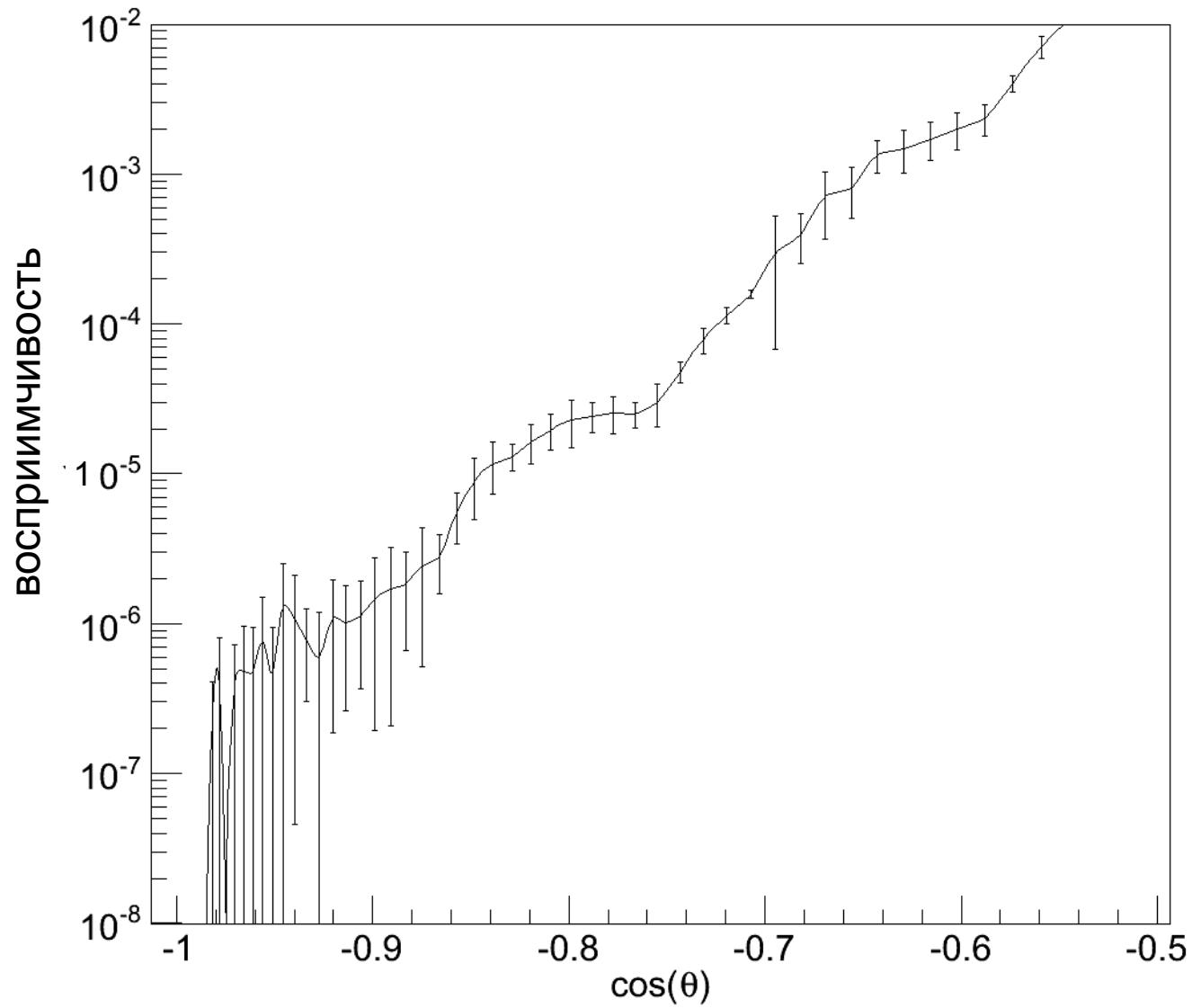
Угловая восприимчивость



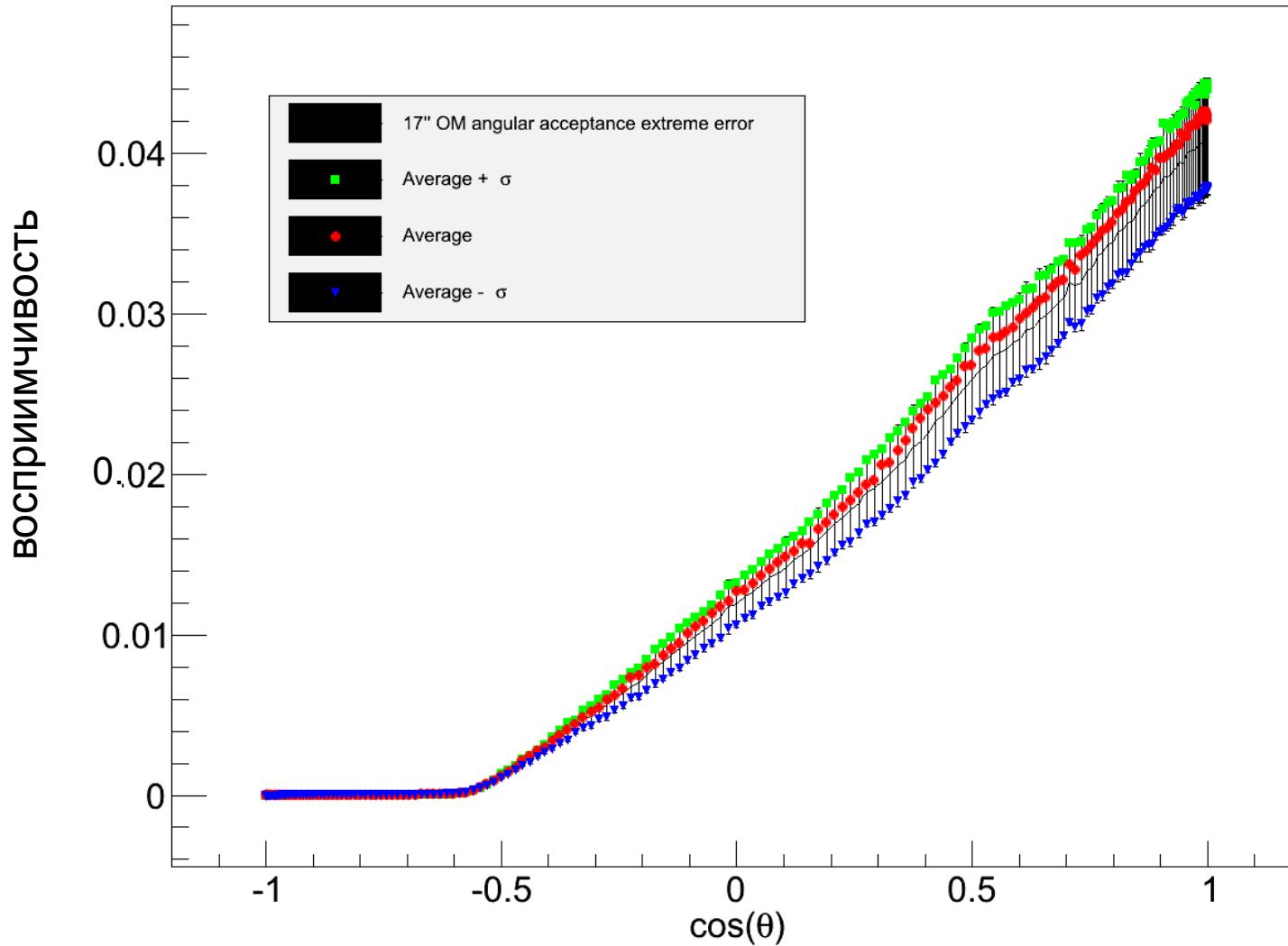
Угловая восприимчивость



Угловая восприимчивость



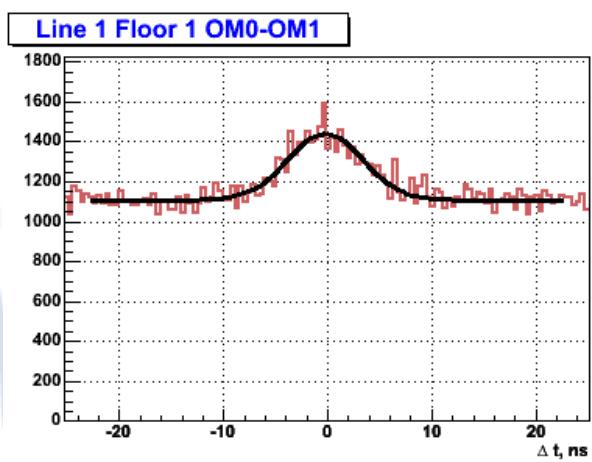
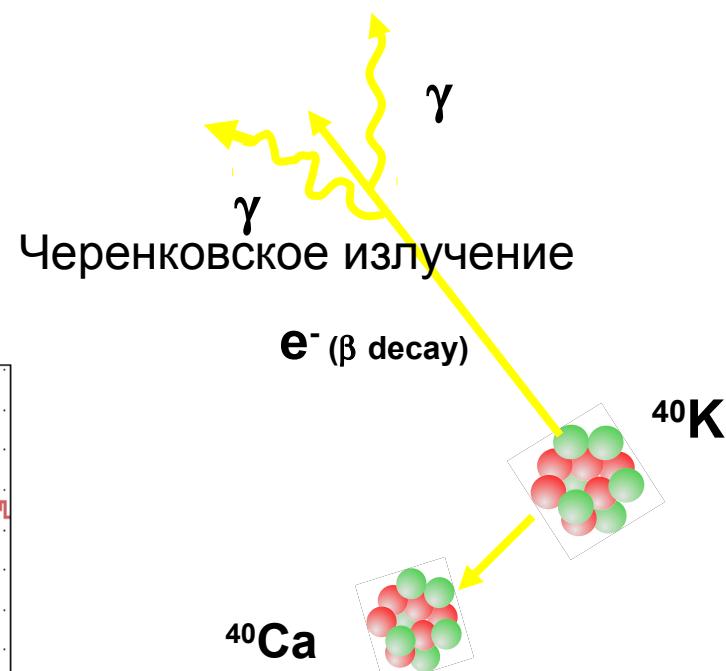
Угловая восприимчивость



Проверка восприимчивости

- Частота одновременных срабатываний оптических модулей от распада 40К
- Эффективная область регистрации

Схема для распада ^{40}K



Частота

30.2 +- 1.2 Гц

26.1 +- 1.1 Гц

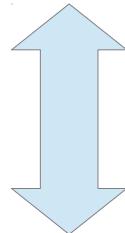
19.3 +- 0.9 Гц

Частота

30.2 +- 1.2 Гц

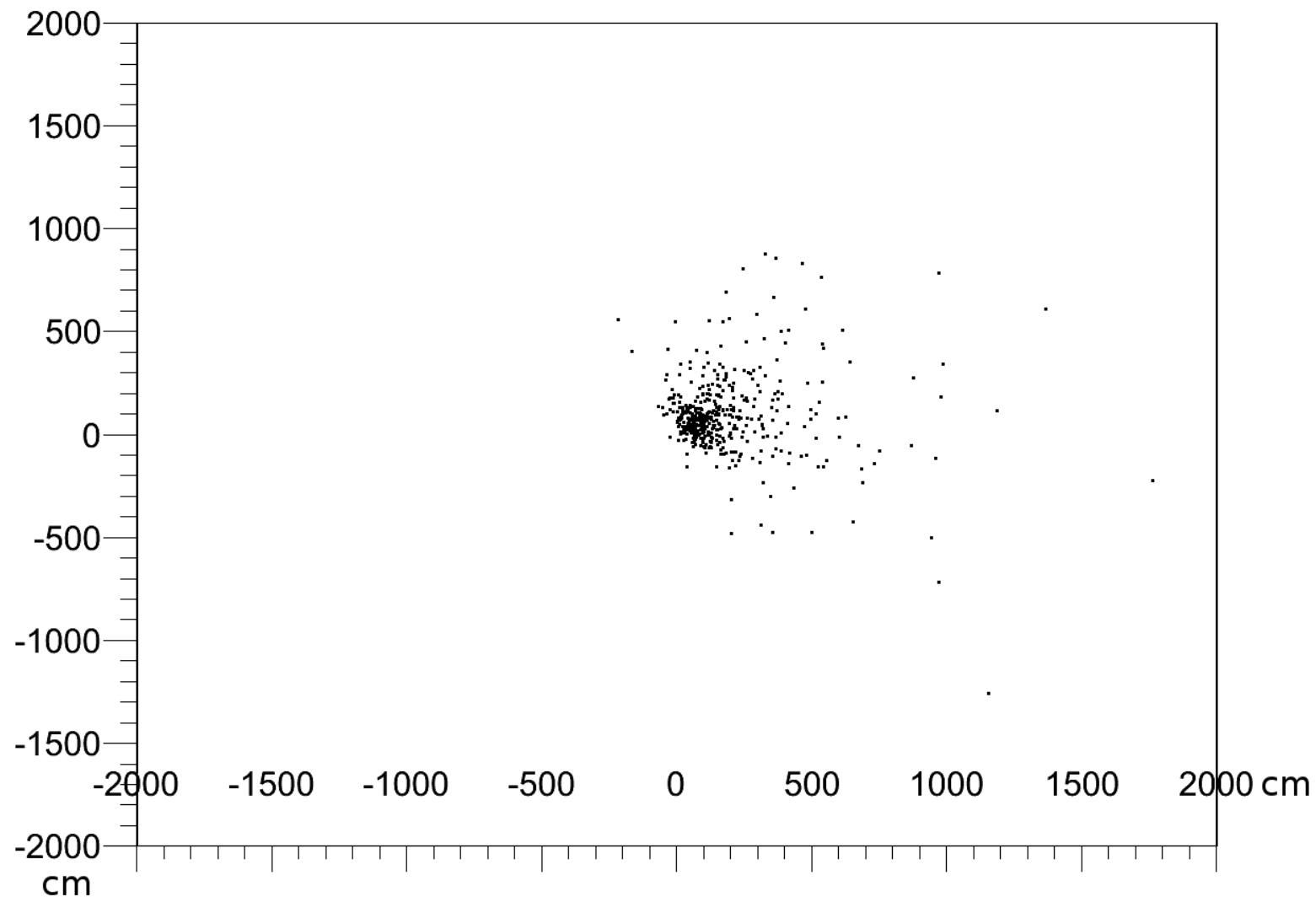
26.1 +- 1.1 Гц

19.3 +- 0.9 Гц

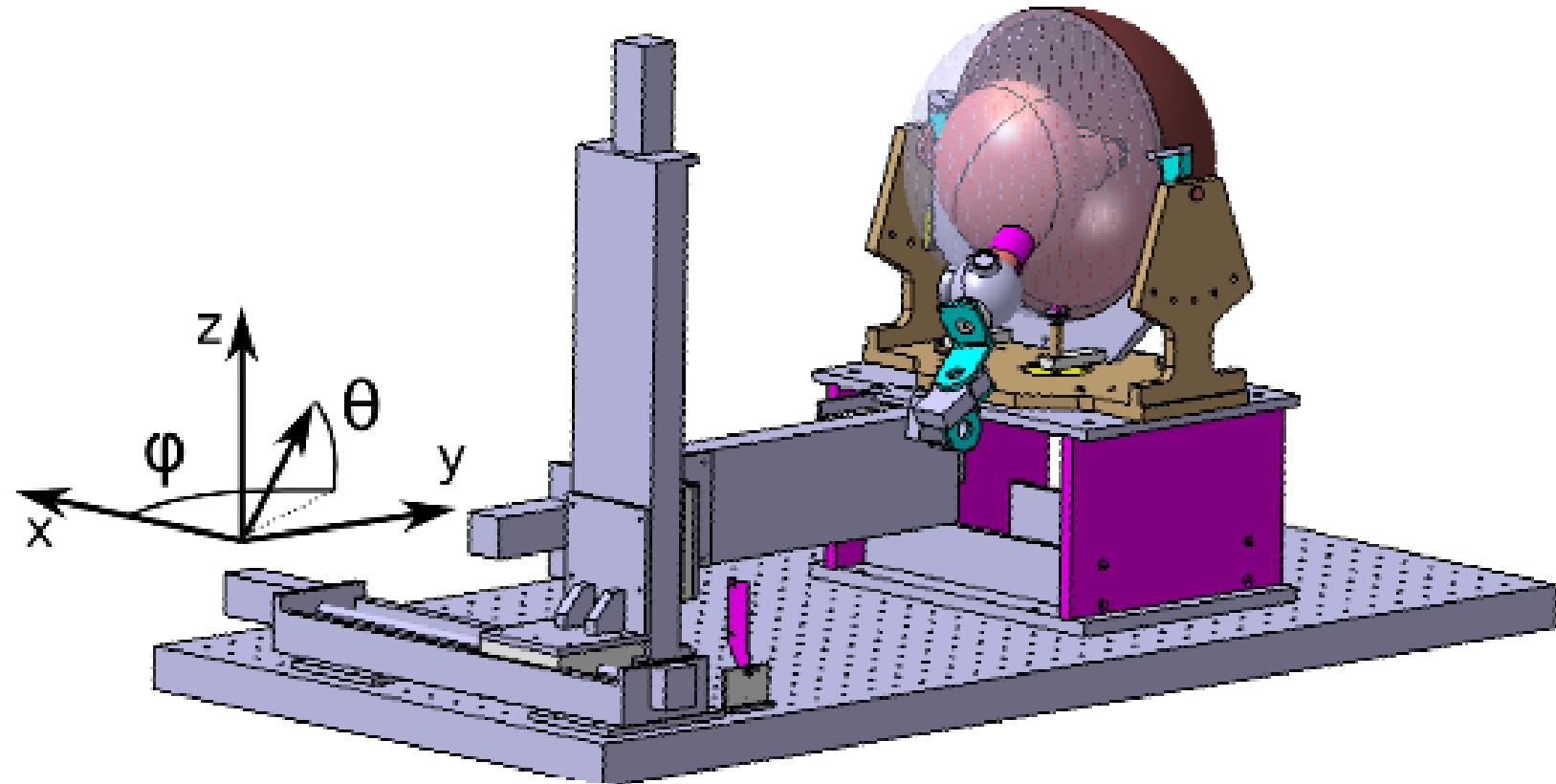


25 Гц

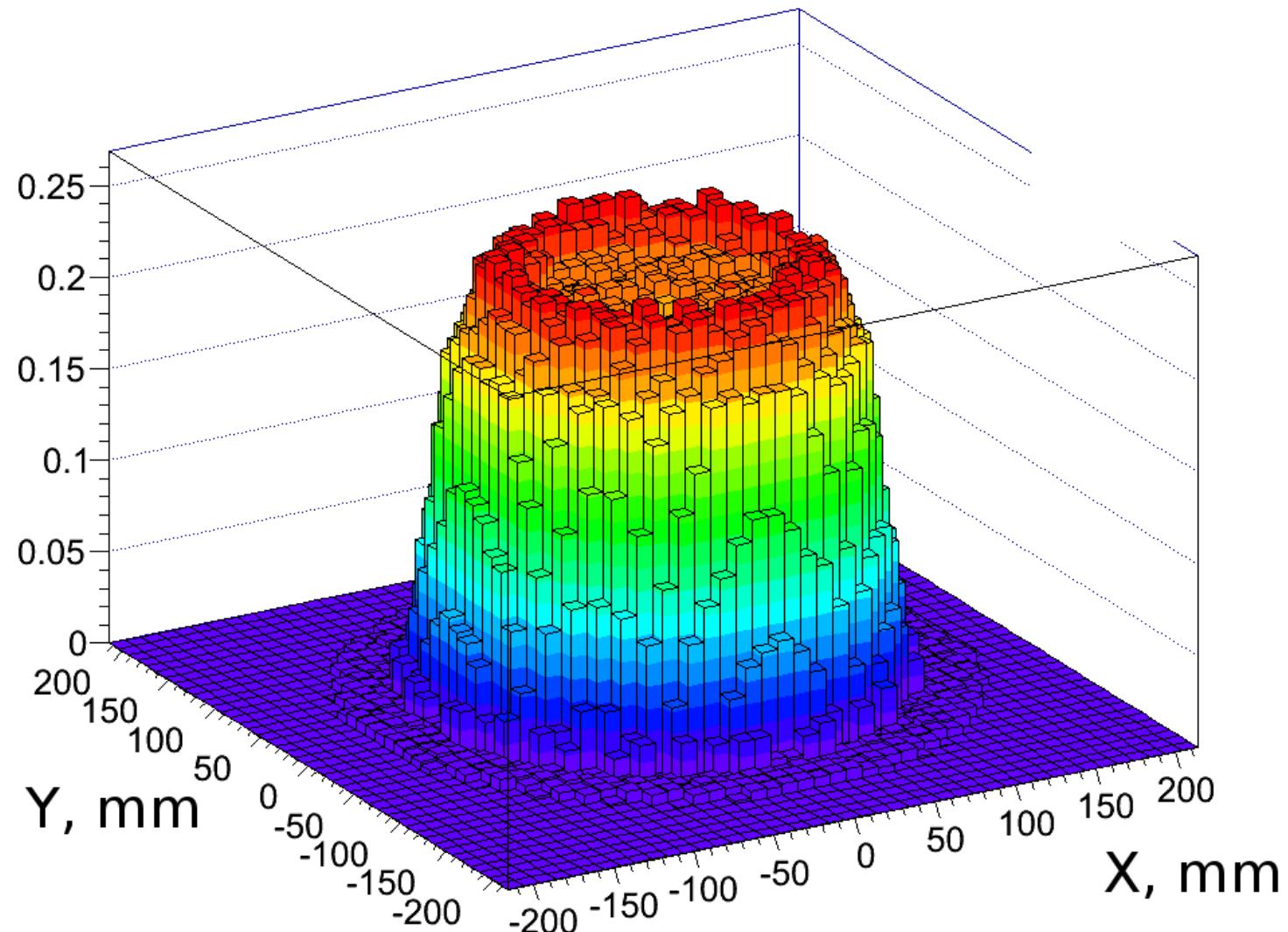
Координаты распадов



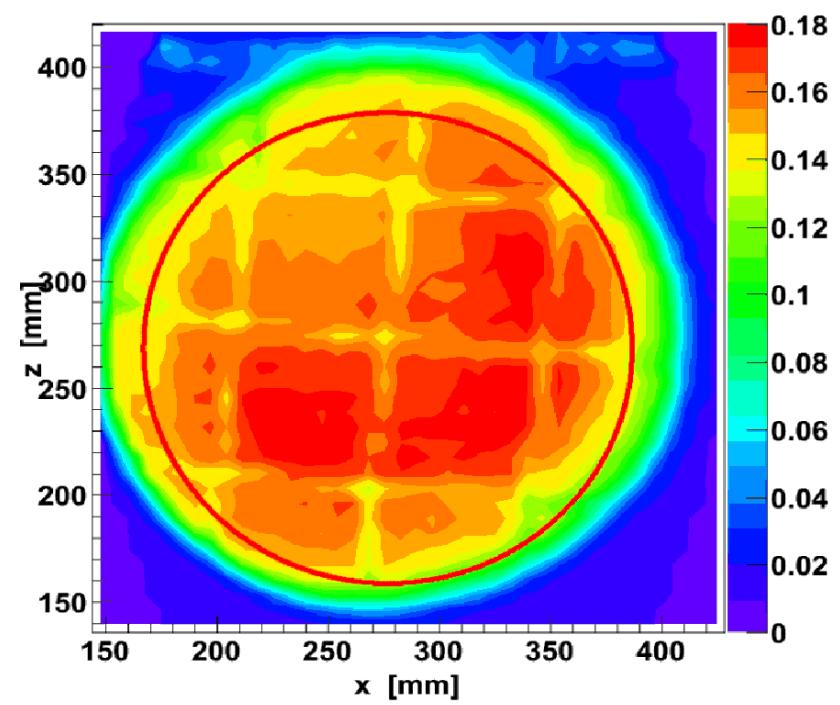
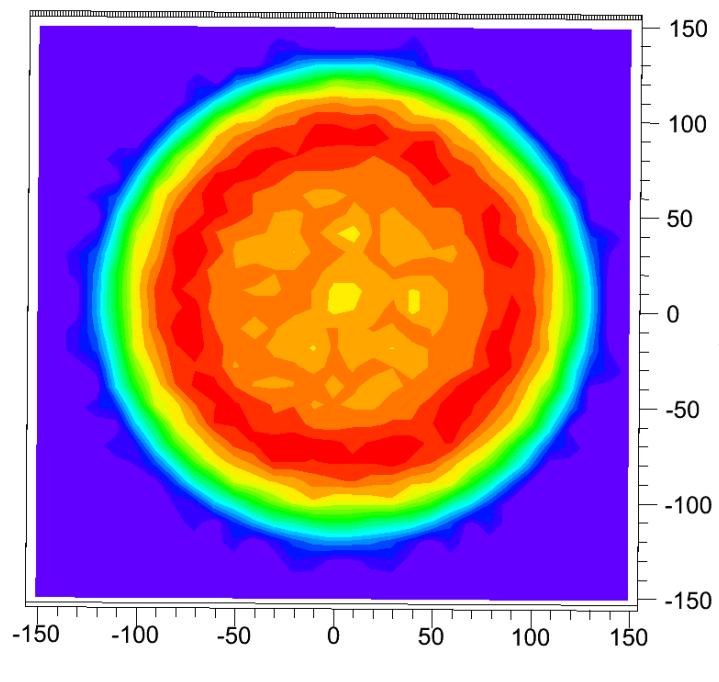
Эффективная область регистрации



Эффективная область регистрации



Эффективная область регистрации



Эффективная область регистрации

Моделирование	Эксперимент
96 см ²	75 см ²

Результаты

Эффективная область регистрации:

Моделирование 96 см²

Эксперимент 75 см²

Частота срабатываний:

Моделирование 25 Гц

Эксперимент 16 Гц

Результаты

Эффективная область регистрации:

Моделирование 96 см²

Эксперимент 75 см²

Частота срабатываний:

Моделирование 25 Гц

Эксперимент 16 Гц

$$\left(\frac{75}{96}\right)^2 \times 25 = 15$$

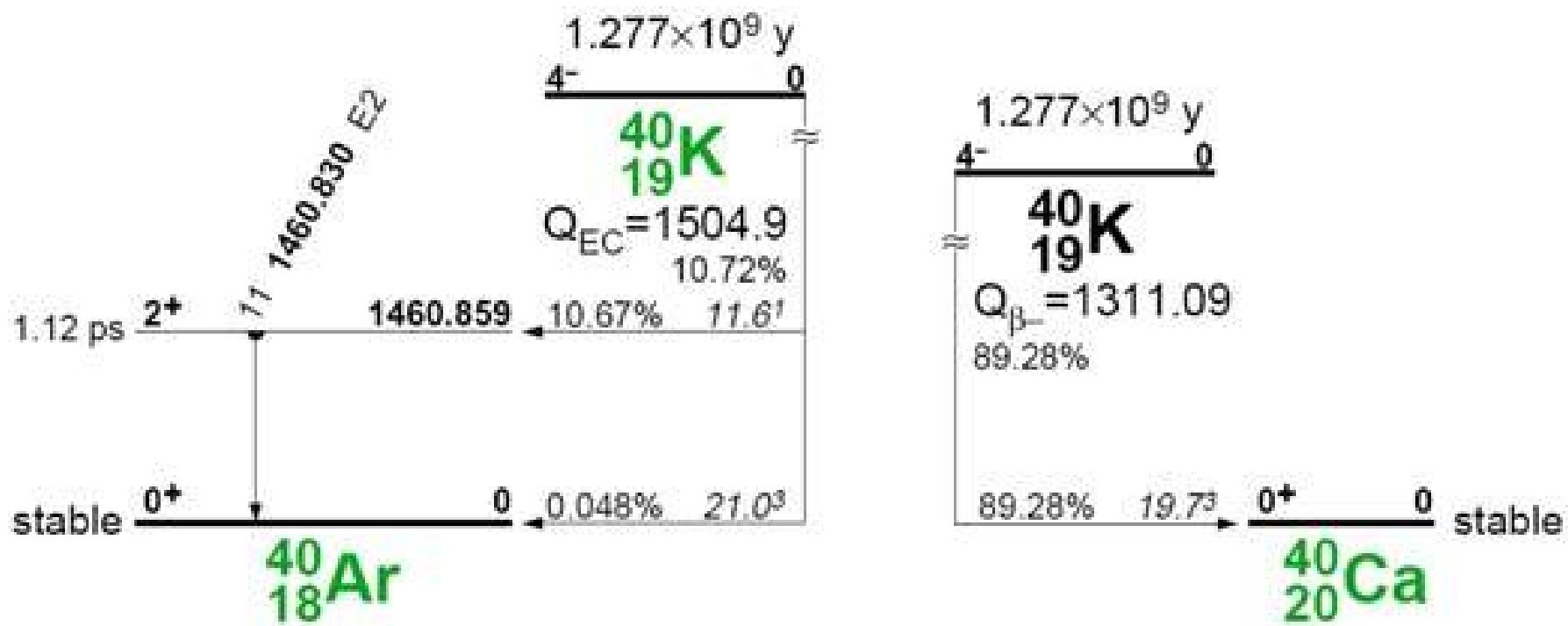
Итоги

- Модель
- Угловая восприимчивость
- Эффективная область регистрации
- Проверка
- Используется в алгоритме реконструкции направления и энергии пролетающей частицы
- Моделирование фоновых шумов



Спасибо за внимание

Распад 40К

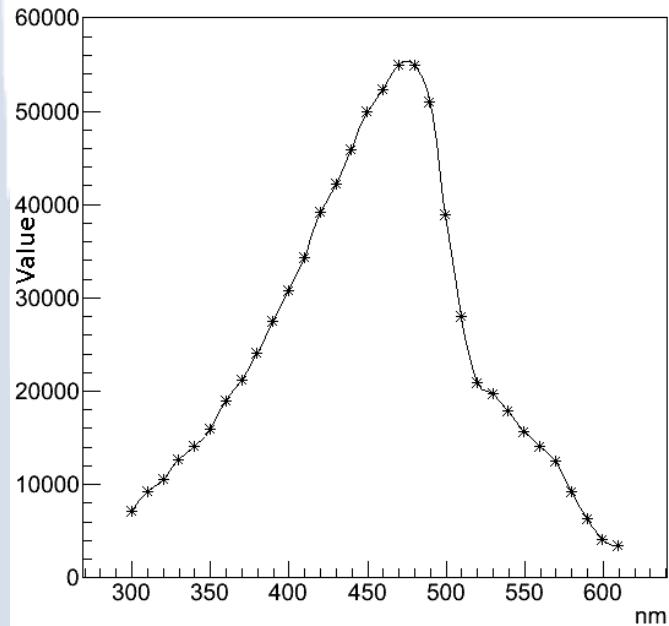


Естественные радионуклиды

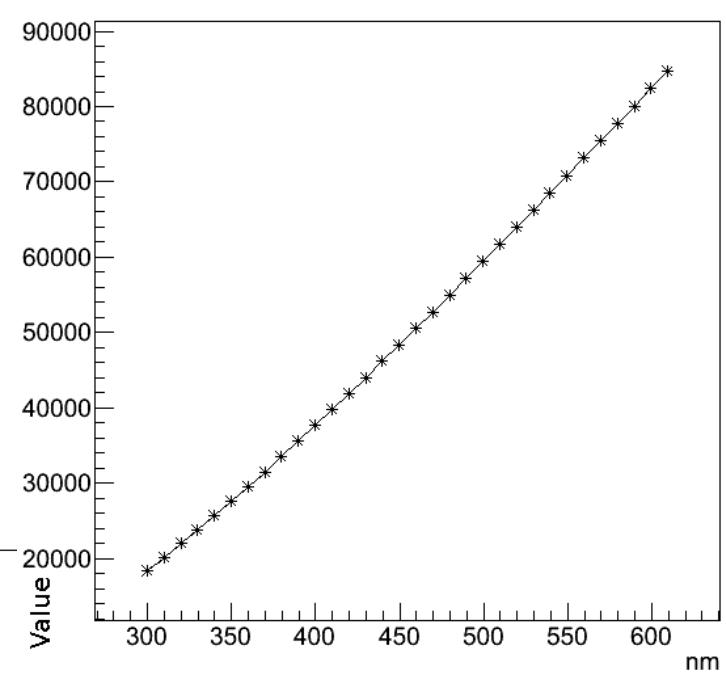
Изотоп	A	r_m	r_I	τ (год)	$\text{Бк}/\text{м}^3$	Q (МэВ)
^{40}K	39.1	$4.27 \cdot 10^{-4}$	$1.170 \cdot 10^{-4}$	$1.277 \cdot 10^9$	13750	1.33
^{238}U	238	$3.30 \cdot 10^{-9}$	0.993	$4.468 \cdot 10^9$	40 ($\times 6$)	много*
^{87}Rb	85.5	$1.20 \cdot 10^{-7}$	0.278	$4.750 \cdot 10^{10}$	110	0.28
^{235}U	235	$3.30 \cdot 10^{-9}$	$0.720 \cdot 10^{-2}$	$7.038 \cdot 10^8$	1.9 ($\times 4$)	много*
^{187}Re	186.2	$1.00 \cdot 10^{-12}$	0.626	$4.350 \cdot 10^{10}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$	0.003
^{232}Th	232	$4.00 \cdot 10^{-14}$	1	$1.405 \cdot 10^{10}$	$1.6 \cdot 10^{-4} (\times 4)$	много*
^{176}Lu	175	$1.50 \cdot 10^{-13}$	$2.590 \cdot 10^{-2}$	$4.000 \cdot 10^{10}$	$7.3 \cdot 10^{-6}$	1.19
^{138}La	138.9	$3.40 \cdot 10^{-12}$	$0.900 \cdot 10^{-3}$	$1.050 \cdot 10^{11}$	$2.8 \cdot 10^{-6}$	1.74
^{113}Cd	112.4	$5.00 \cdot 10^{-11}$	0.122	$7.700 \cdot 10^{15}$	$9.3 \cdot 10^{-8}$	0.32
^{115}In	114.8	$1.00 \cdot 10^{-13}$	0.957	$4.410 \cdot 10^{14}$	$2.5 \cdot 10^{-8}$	0.49
^{50}V	50.9	$1.50 \cdot 10^{-9}$	$2.500 \cdot 10^{-3}$	$1.400 \cdot 10^{17}$	$7.0 \cdot 10^{-9}$	2.21
^{180m}Ta	180.9	$2.00 \cdot 10^{-12}$	$1.200 \cdot 10^{-4}$	$1.200 \cdot 10^{15}$	$1.5 \cdot 10^{-11}$	0.85

Свойства воды

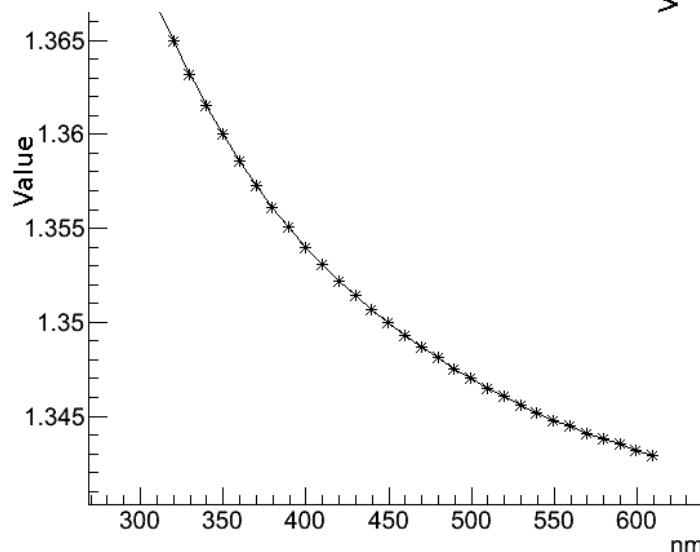
AntaresWater-ABSLLENGTH



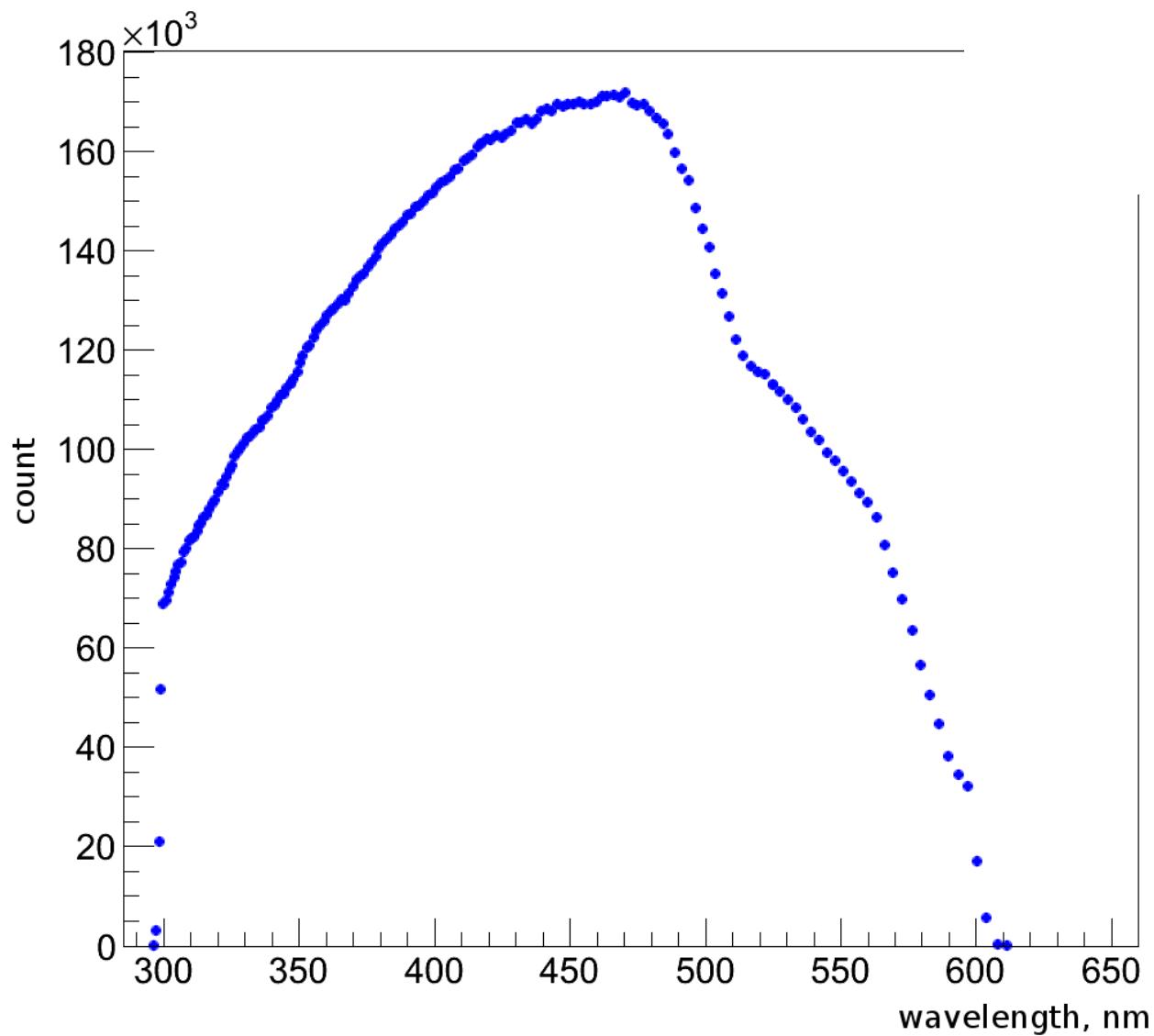
AntaresWater-RAYLEIGH



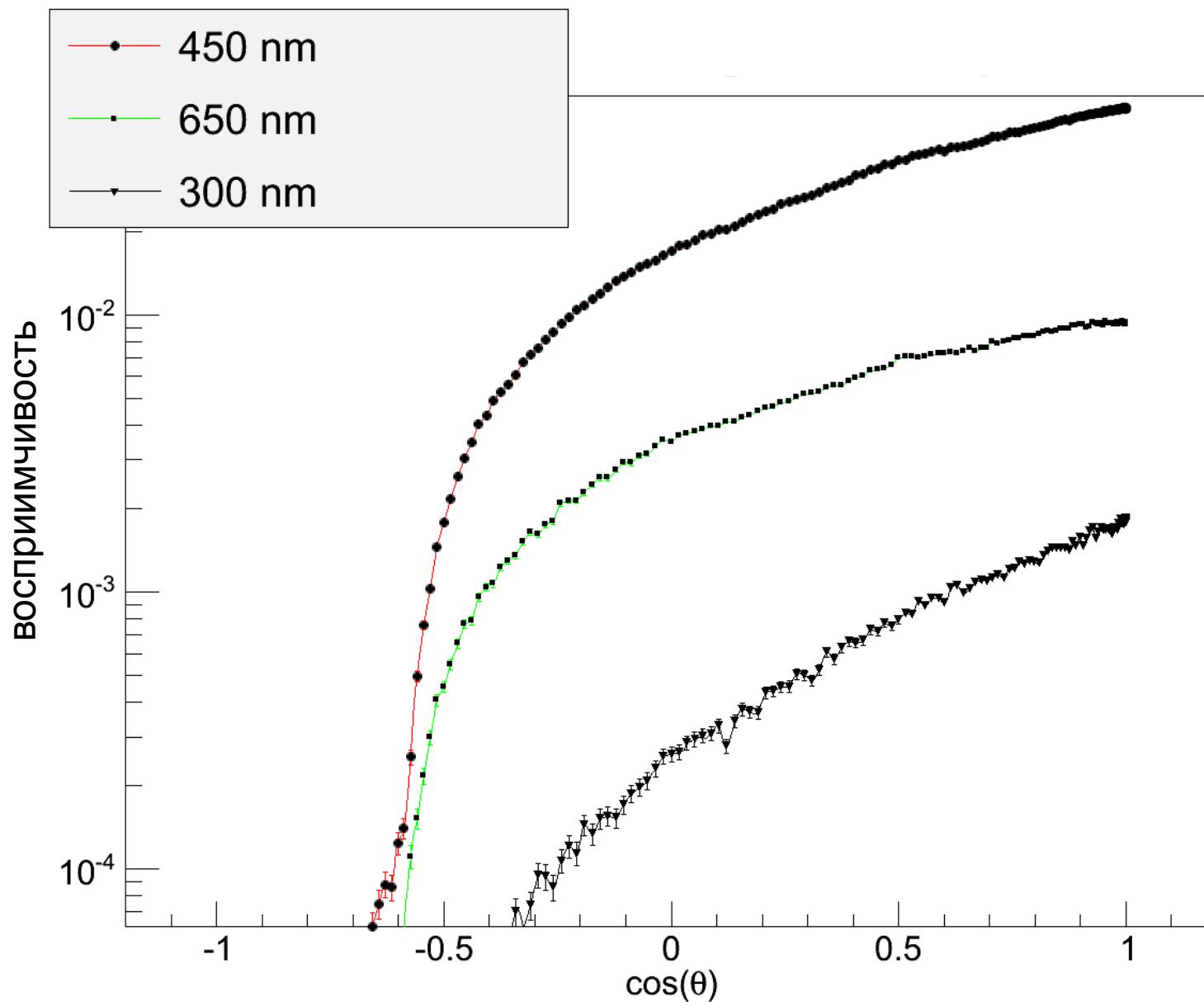
AntaresWater-RINDEX



Энергия долетевших фотонов



Угловая восприимчивость



Геометрический путь луча

