

Отчет группы ИЯИ РАН
о работах в рамках
Программы целевого финансирования научно-
исследовательских работ по теме $BM@N$

Николай Карпушкин



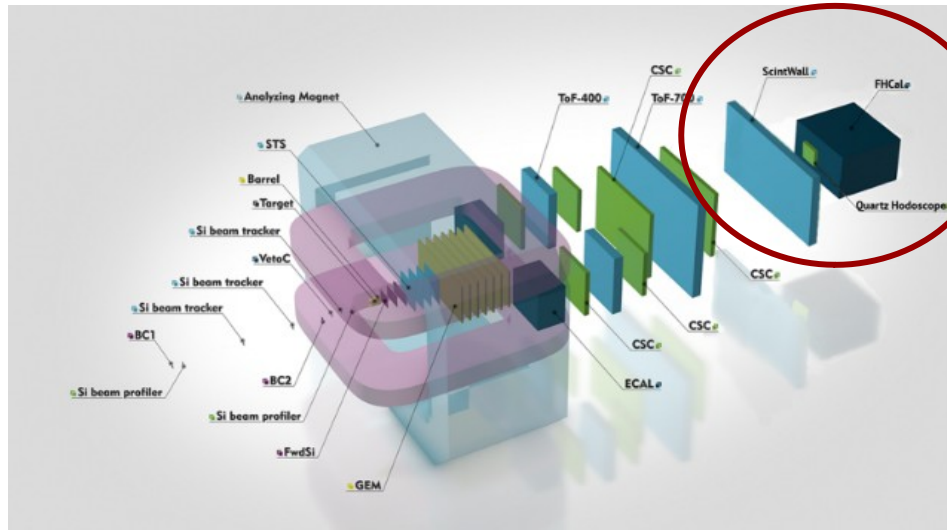
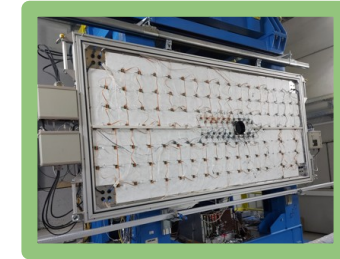
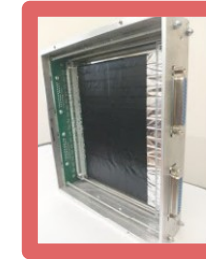
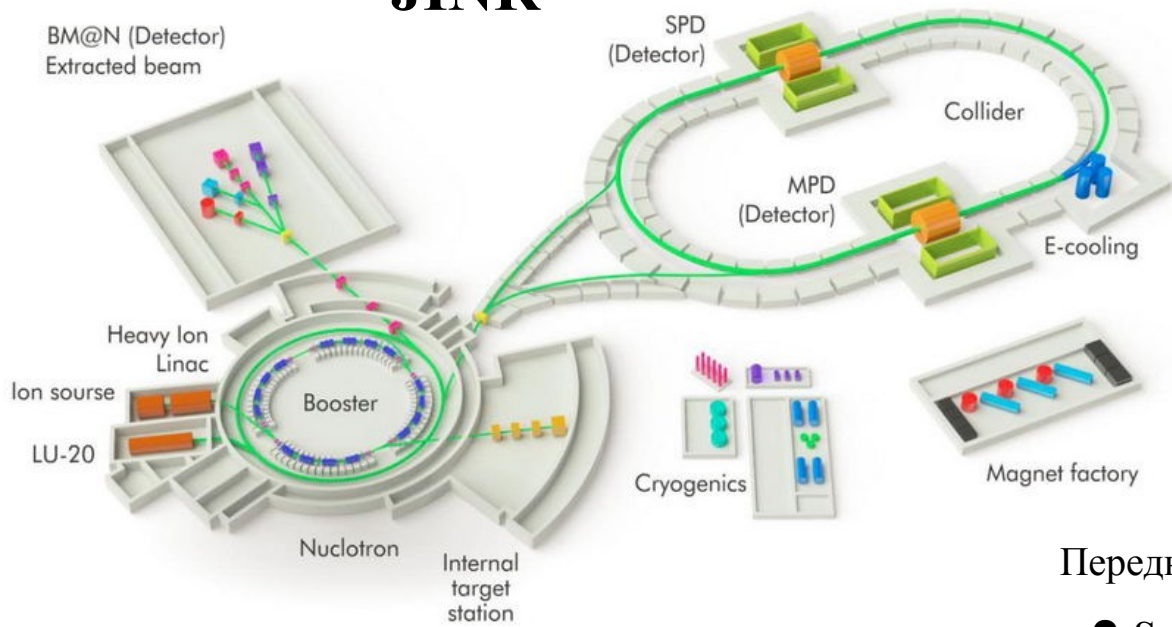
10 Октября 2023

Задачи группы ИЯИ РАН

в рамках Программы целевого финансирования
научно-исследовательских работ по теме VM@N

Моделирование и обработка экспериментальных данных с передних детекторов фрагментов- спектаторов, полученных в сеансе $\text{Xe}+\text{CsI}$ при энергиях пучка ионов ксенона 3.0 и 3.8 АГэВ. (Губер)

- Калибровка переднего адронного калориметра FHCaI (Карпушкин)
- Калибровка пучкового годоскопа FQH (Зубанков)
- Калибровка сцинтилляционной стенки ScWall (Шабанов)
- Изучение корреляций откликов передних детекторов (Морозов)
- Классификация событий по классам центральности для реакции $\text{Xe}+\text{CsI}$ при энергиях пучка ионов ксенона 3.0 и 3.8 АГэВ (Морозов, Карпушкин, Зубанков, Шабанов)

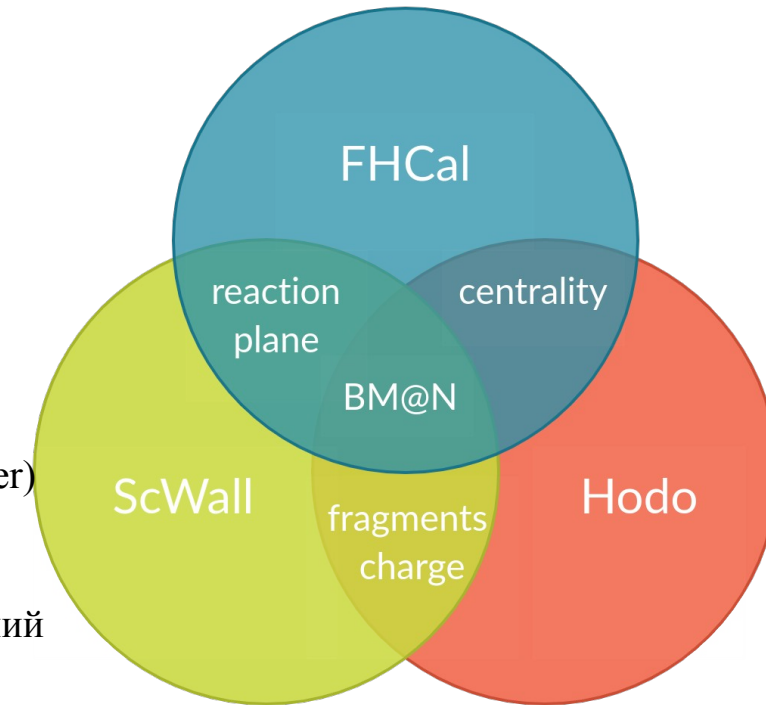


Передние детекторы:

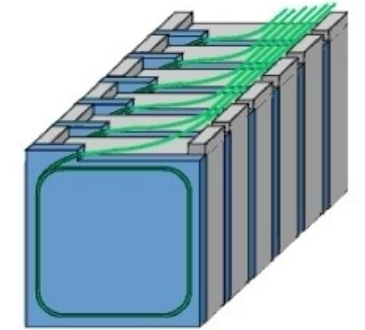
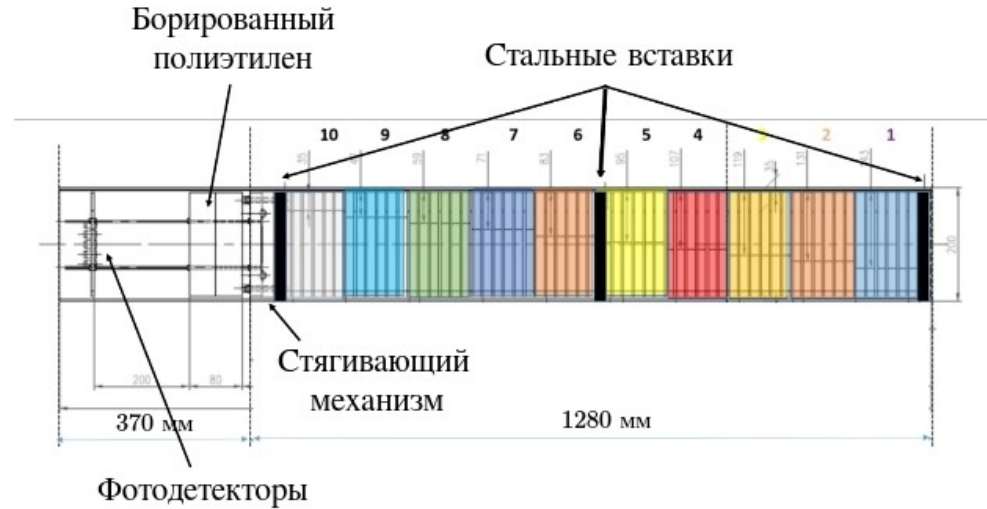
- **ScWall (Scintillation Wall)**
- **FQH (Forward Quartz Hodoscope)**
- **FHCale (Forward Hadron Calorimeter)**

Задачи:

- Измерение зарядовых распределений спектаторных фрагментов
- Оценка центральности
- Оценка ориентации плоскости реакции



Передний адронный калориметр FHCAL (Forward Hadron Calorimeter)

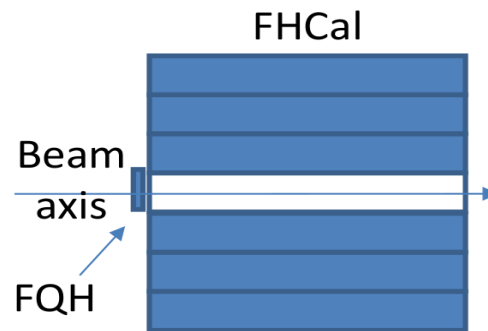


20 модулей с 10 продольными секциями (PSD CBM), поперечный размер $20 \times 20 \text{ cm}^2$, длина – $5.6 \lambda_{\text{int}}$.

34 модуля с 7 продольными секциями (FHCAL MPD), поперечный размер – $15 \times 15 \text{ cm}^2$, длина – $4.0 \lambda_{\text{int}}$.

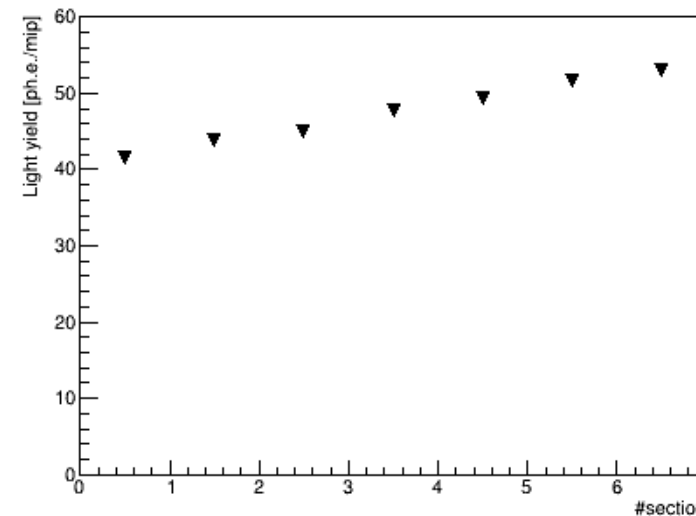
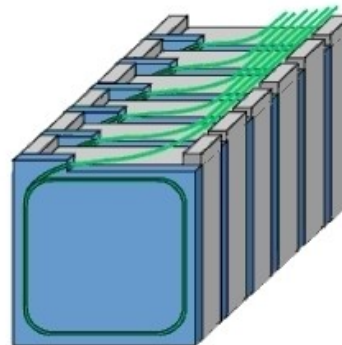
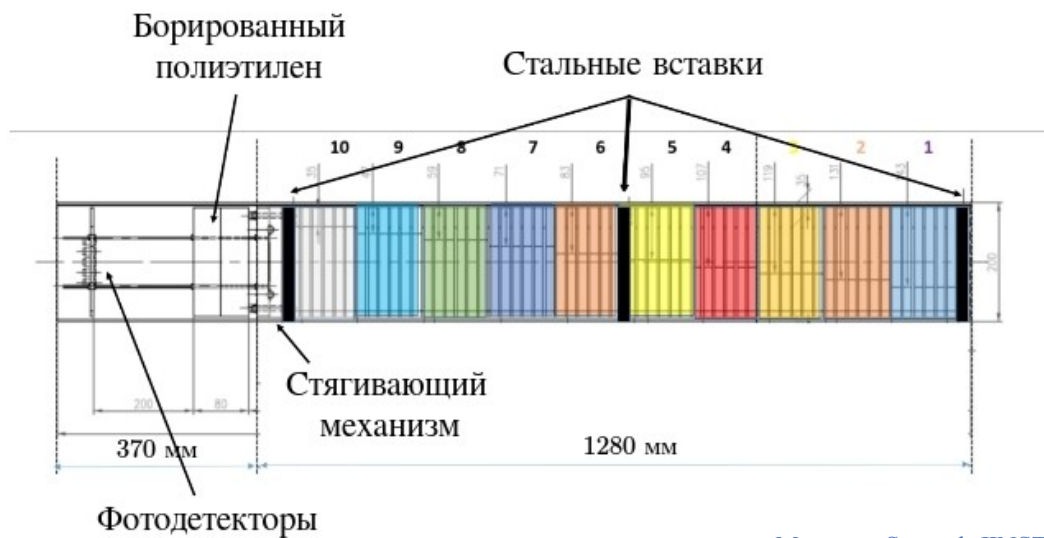
Hamamatsu MPPC S12572-010P, $3 \times 3 \text{ mm}^2$.

434 канала считывания.



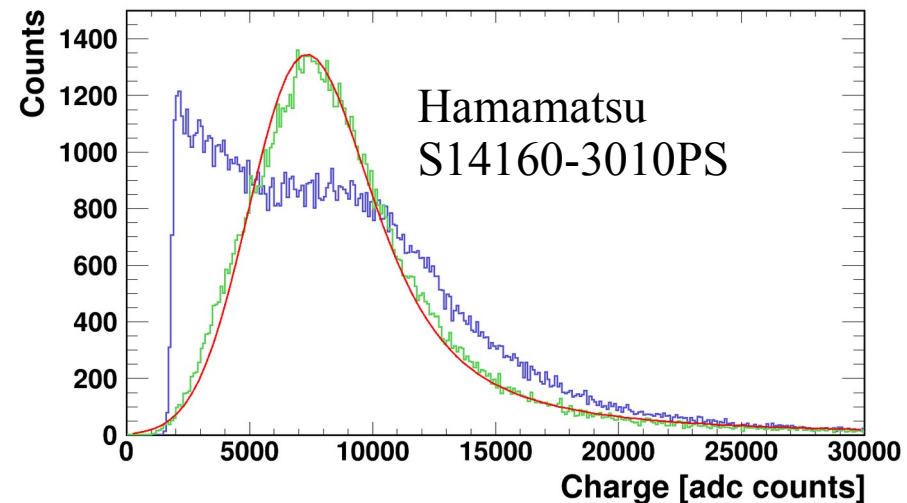
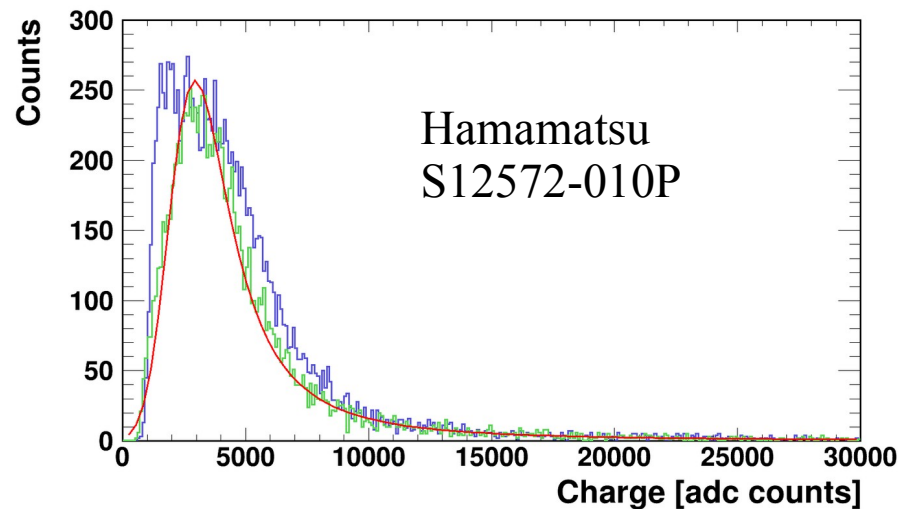
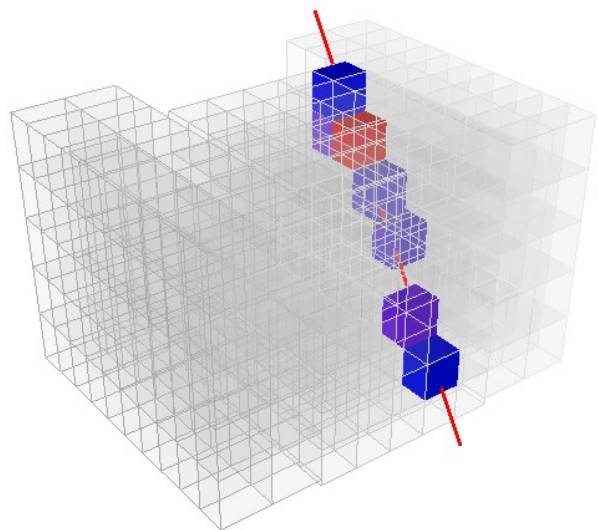
35	36	1	2	3	4	5	45	46
37	38	6	7	8	9	10	47	48
39	40	11	12	13	14	15	49	50
41	42	16	17		18	19	51	52
43	44	20	21	22	23	24	53	54
		25	26	27	28	29		
		30	31	32	33	34		

Калибровка секций FNCal на космических мюонах



Morozov, S., et al. JINST 15, C05050. doi:10.1088/1748-0221/15/05/C05050 (2020).

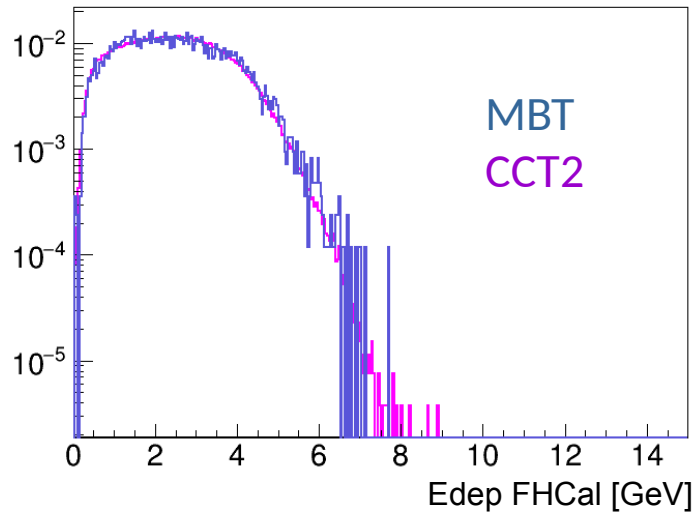
Izvestnyy, A., et al. J. Phys. Conf. Ser. 1690 012060. doi:10.1088/1742-6596/1690/1/012060 (2020).



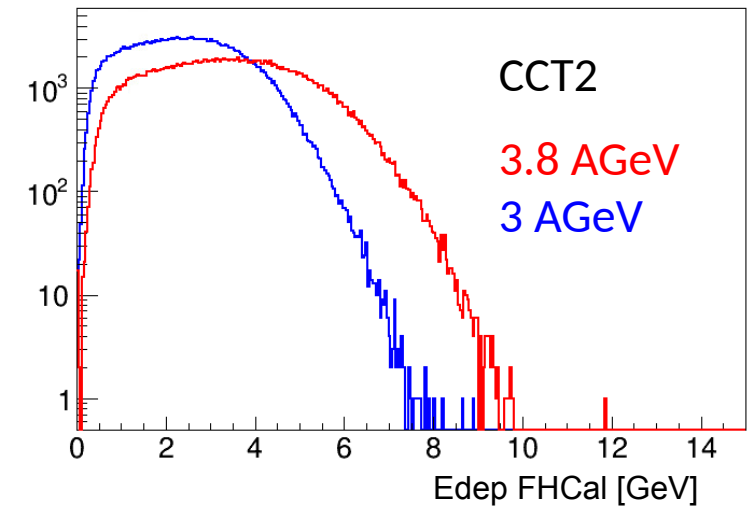
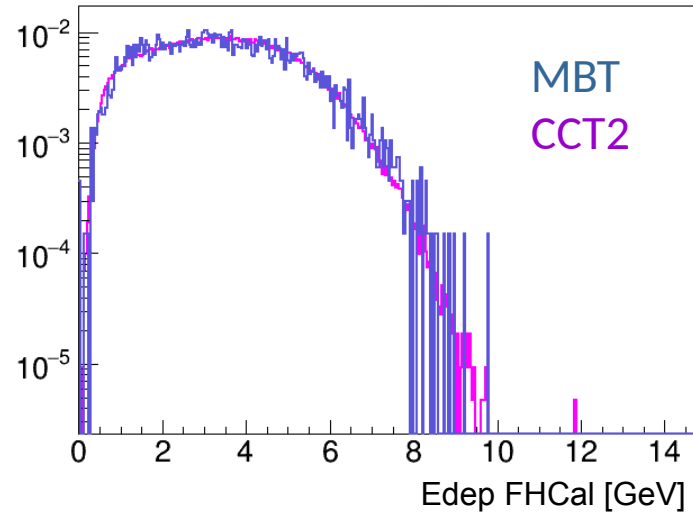
Видимая энергия в калориметре FHCaI

*Более 1 трека в реконструкции вершины
Один ион Xe по BC1S
Положение вершины $(-1.5 < Z < 1.5)$*

Run 8421 MIXED trigger, XeCsI@3AGeV 949646 ev



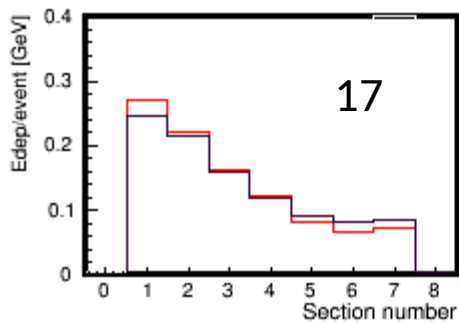
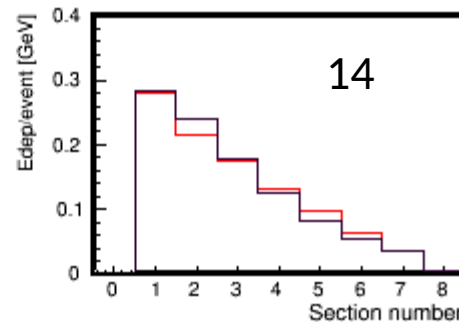
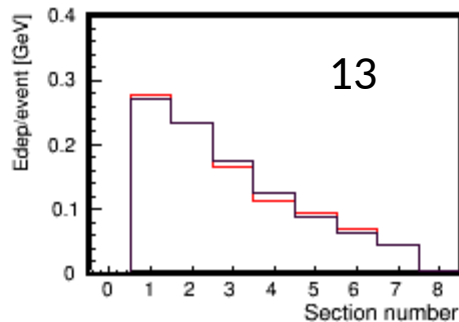
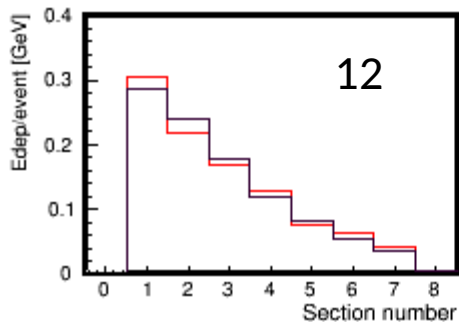
Run 8142 MIXED trigger, XeCsI@3.8AGeV 679560 ev



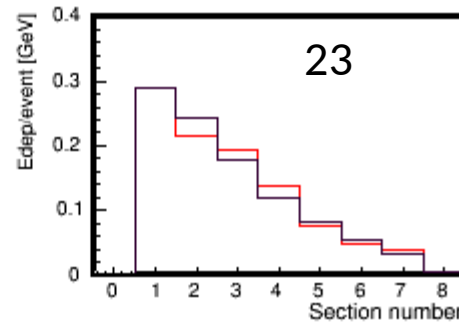
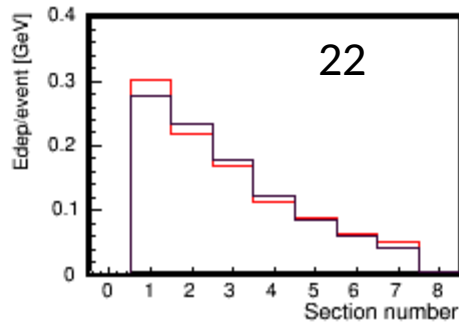
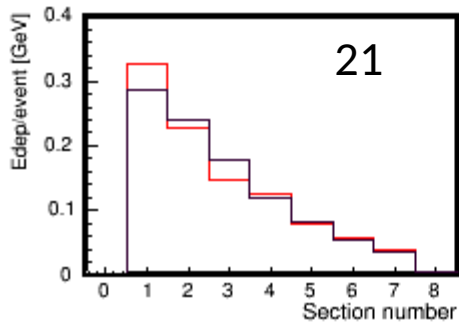
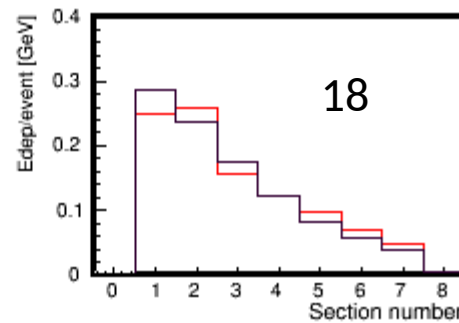
Энергетические профили калориметра FHCAL в сравнении с моделированием

Более 1 трека в реконструкции вершины
Один ион Xe по BCIS
Положение вершины ($-1.5 < Z < 1.5$)

Модули



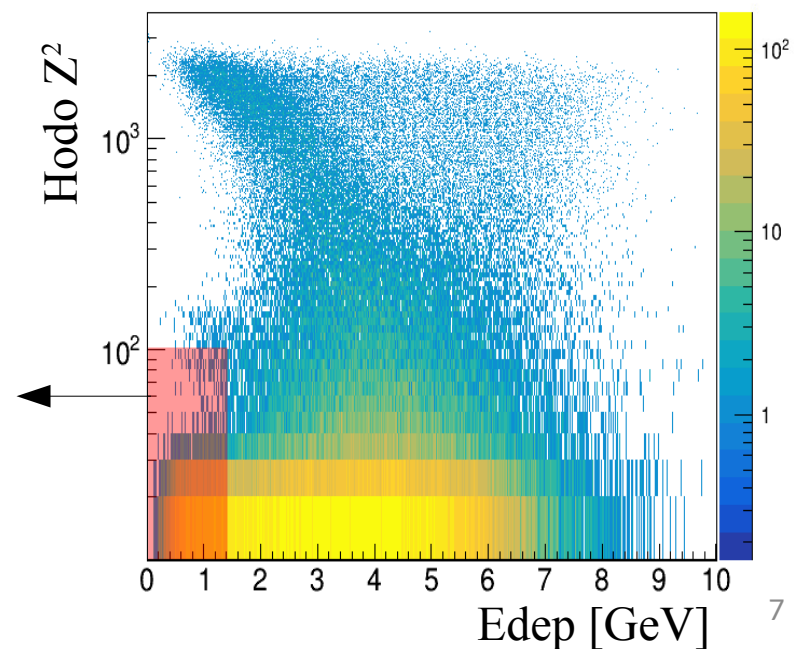
FHCAL beam hole



Run 7821 MBT trigger 3.8 AGeV
Центральные события:
FHCAL Edep < 1.4 GeV && $Z^2 < 100$

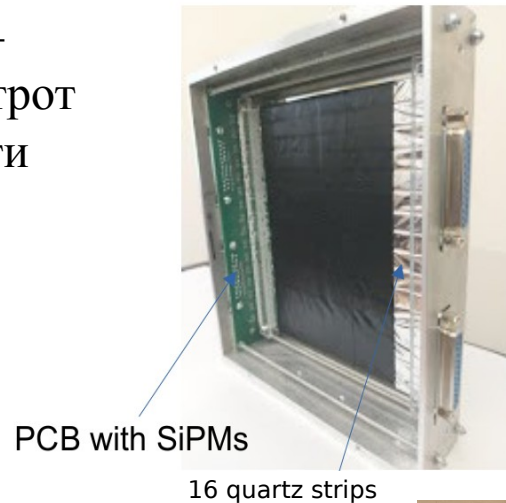
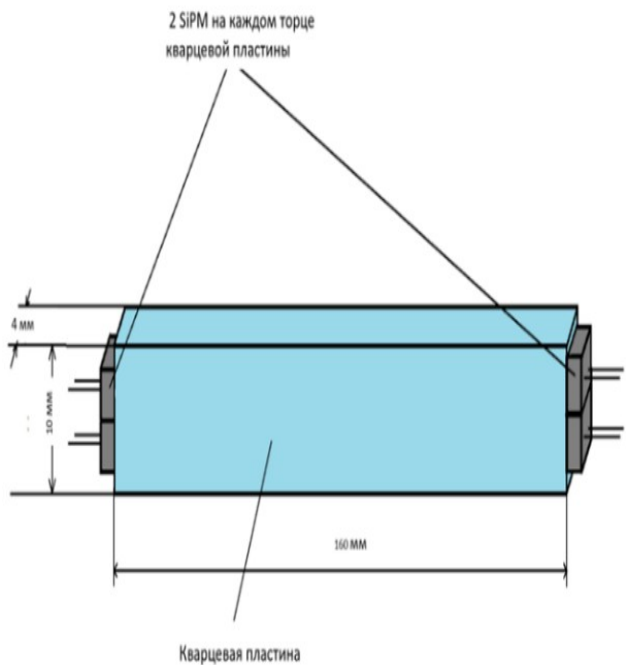
Simulation Xe+CsI@3.8 AGeV
DCM-QGSM-SMM (UNIGEN)
all BMN detectors

Центральные события:
FHCAL Edep < 1.4 GeV && $Z^2 < 100$

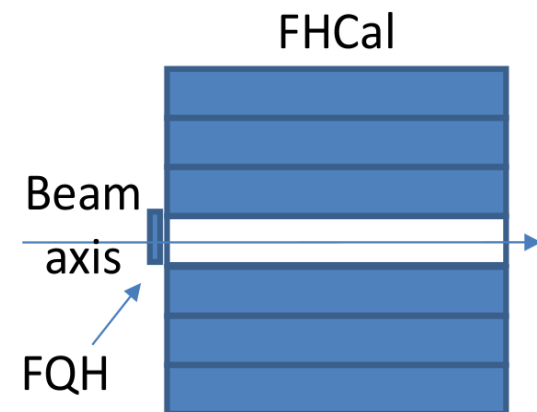
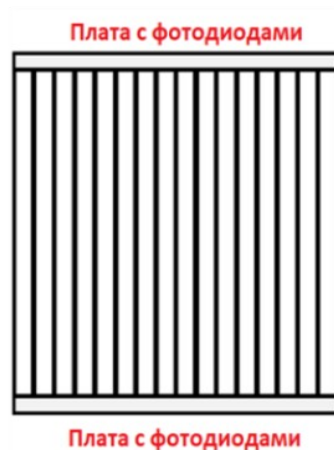


Передний кварцевый годоскоп FQH (Forward Quarz Hodoscope)

Измерение зарядов ядерных фрагментов в отверстии FHCaI – наиболее передней области быстрот – для определения центральности

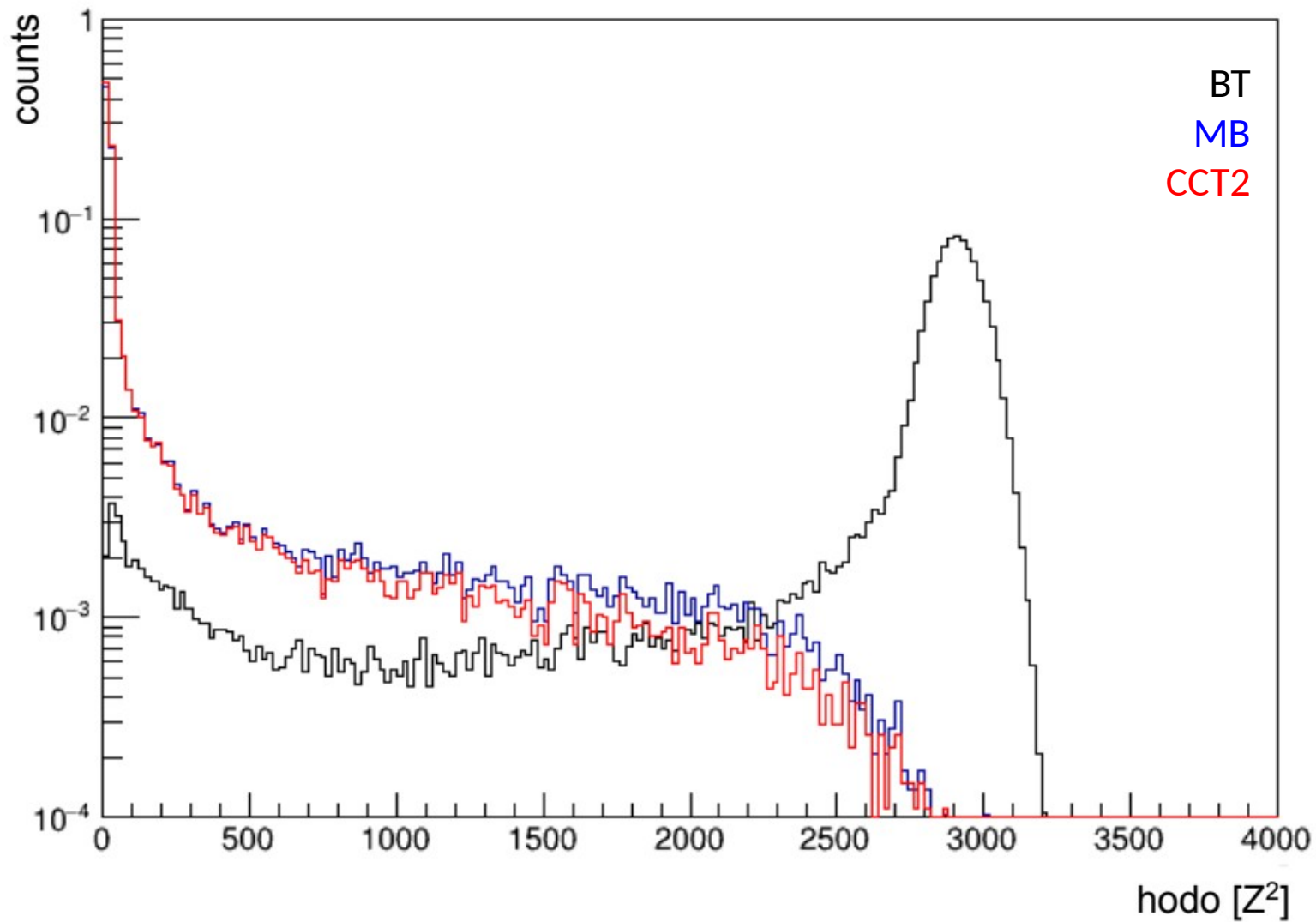


- 16 стрипов 160*10*4 мм³ с майларовым отражателем
- Покрывает пучковое отверстие 15*15 мм²
- Считывание света с обоих торцов каждого стрипа
- 2 МРРС, подключенные параллельно, на каждом торце
- каждая пара МРРС читается с усилениями x1 и x4

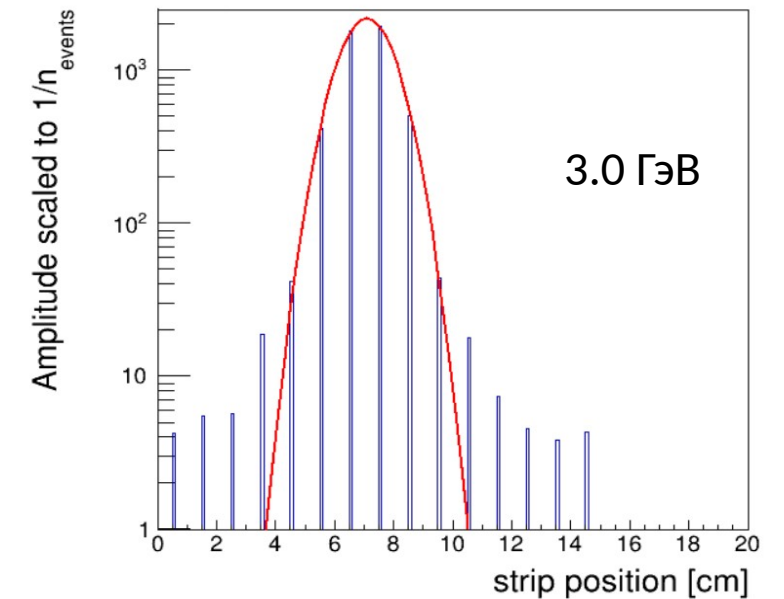
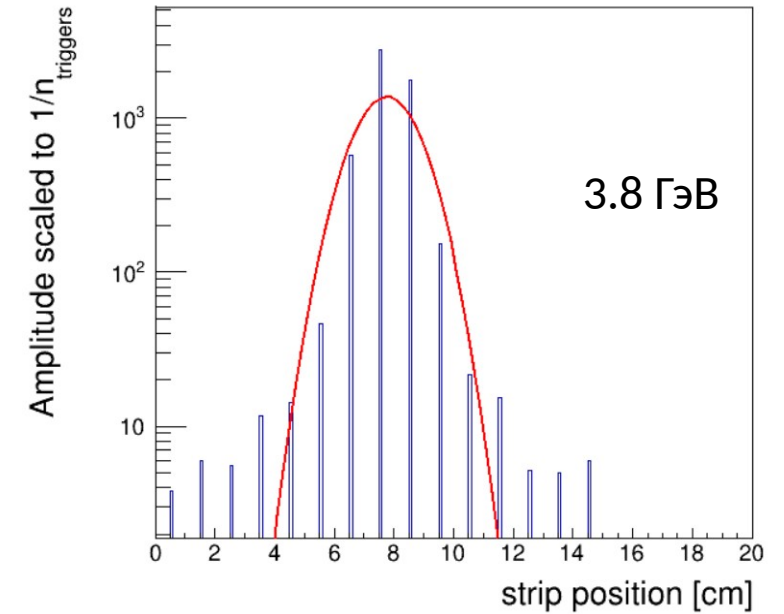


Зарядовые распределения в FQN

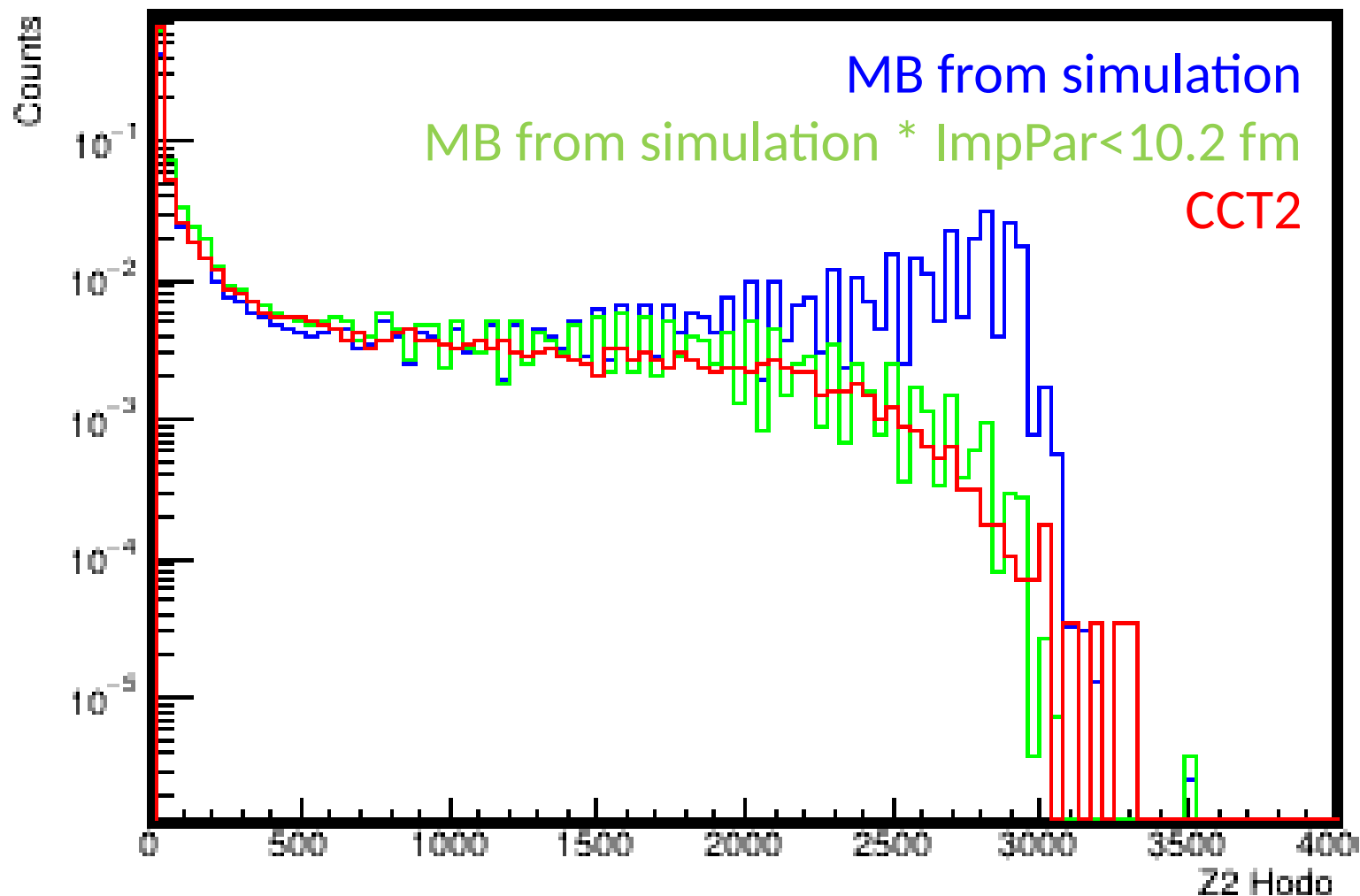
Один ион Xe по BCIS



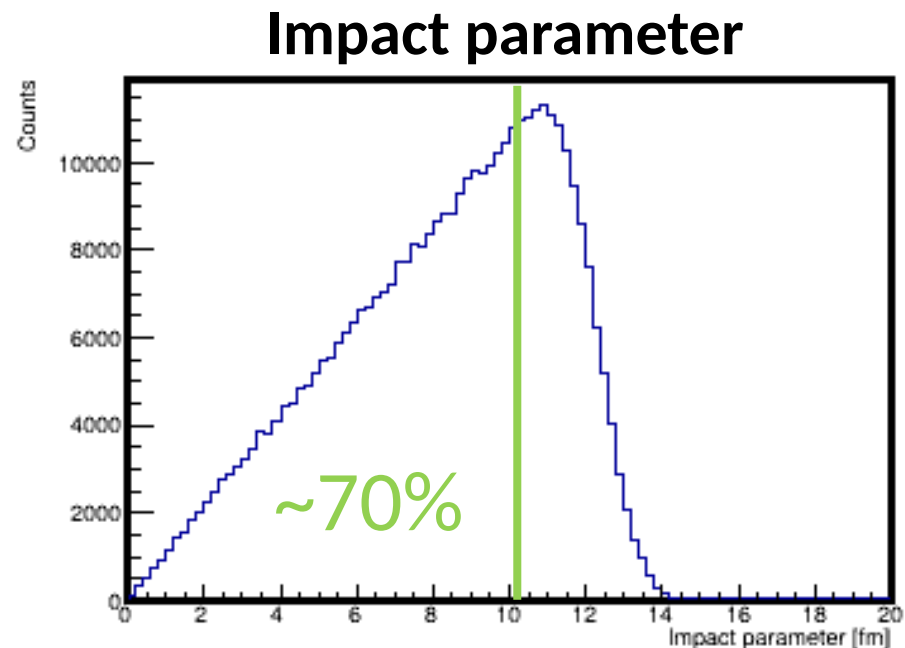
Профиль пучка. ВТ



Зарядовые распределения в FQH: Оценка доли minimum bias

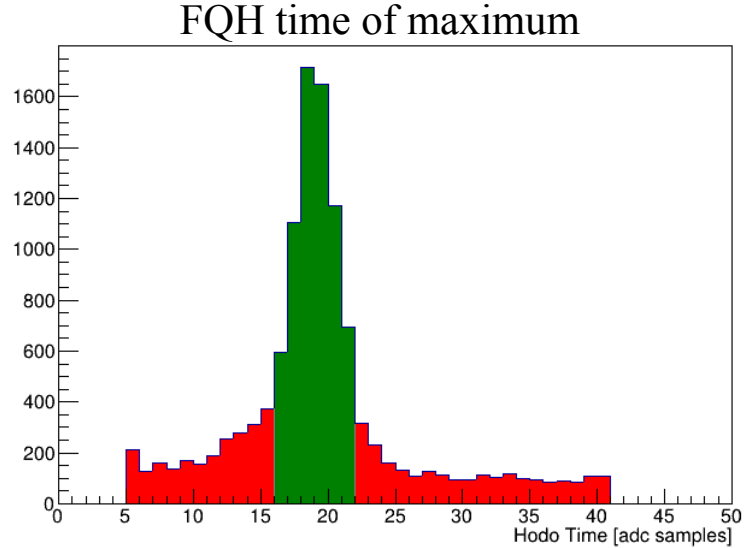
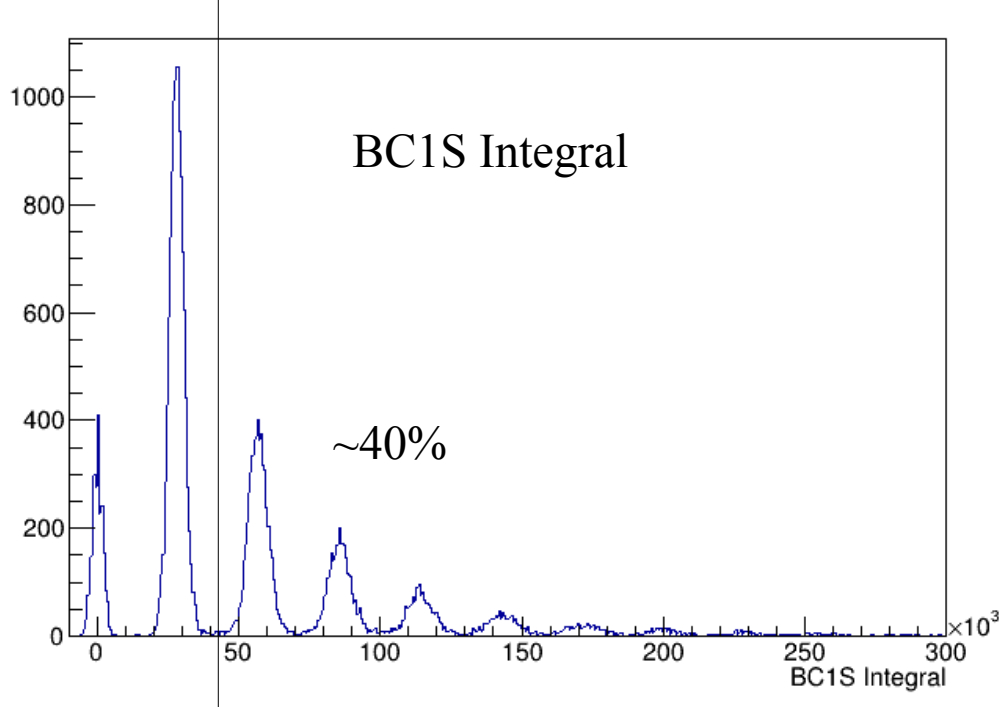
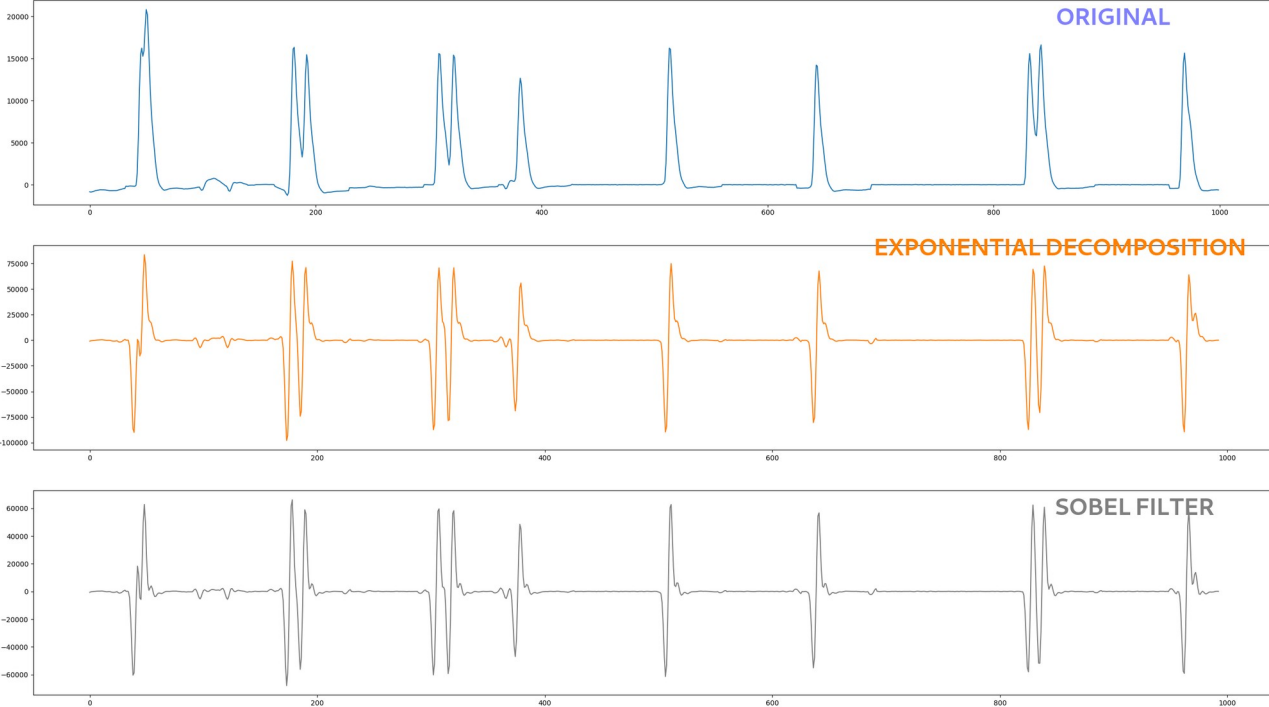


ССТ2 триггер отбирает до ~70% наиболее центральных событий (по отношению к моделированию minimum bias)



Восстановление пайлапа в FQH: WIP

- В данных в ~40% событий BC1S показывает более одного иона ксенона.
- Пайлапы видны в FQH. В текущем алгоритме берется максимум в фиксированном окне.
- В ~35% случаев из события с пайлапом выбирается неверный пик.
- Это не сказывается на суммарных распределениях, но провоцирует возможную ошибку неправильного определения центральности по событиям. Доля таких событий $40\% * 35\% = 15\%$ всей статистики.



- Возможный путь решения:
1. Разработка метода обработки осциллограмм с минимизацией длительности сигнала
 2. Результат обработки – не одно число, а массив значений положений и амплитуд пиков

Сцинтилляционная стенка ScWall (Scintillation Wall)

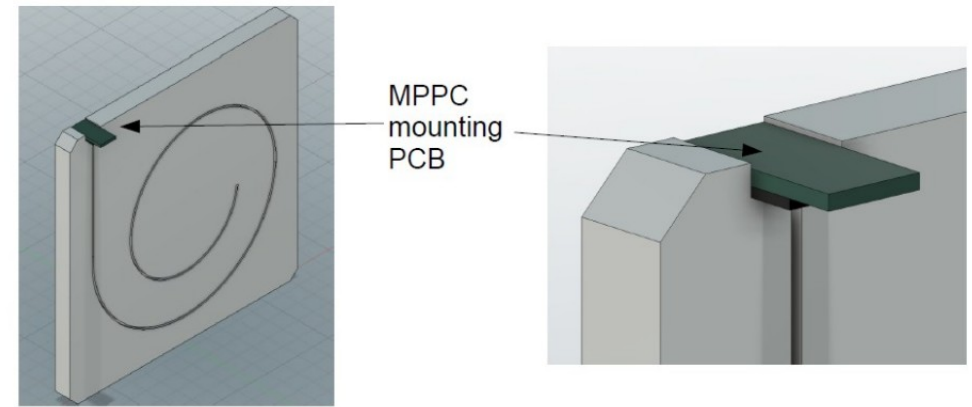
Внутреннее устройство ScWall (в процессе сборки)



- 36 малых внутренних сцинт. ячеек $7.5 \times 7.5 \times 1 \text{ cm}^3$ + 138 больших внешних сцинт. ячеек $15 \times 15 \times 1 \text{ cm}^3$
- Пучковое отверстие = 4 малым ячейкам
- Светозащита алюминиевой пластиной
- Захват и передача света по WLS
- Считывание света по SiPM на индивидуальной PCB каждой ячейки

Измерение зарядовых распределений спектров
→ настройка параметров фрагментационных моделей

+ оценка центральности и ориентации плоскости реакции

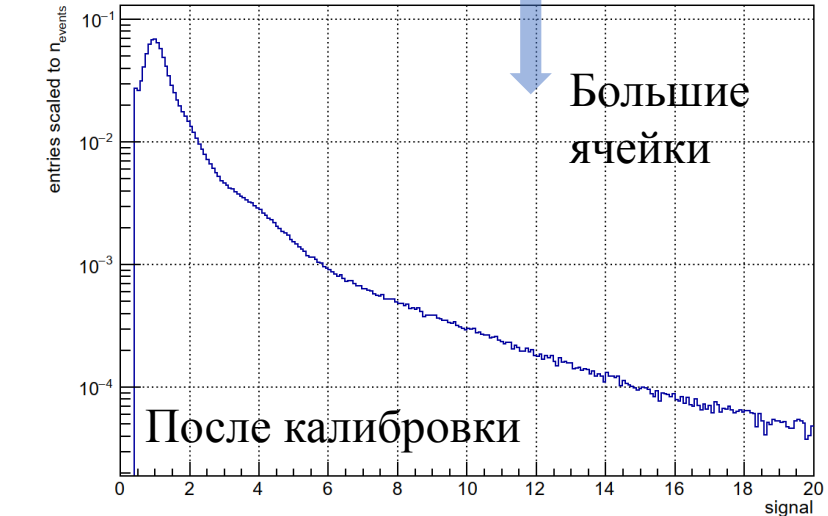
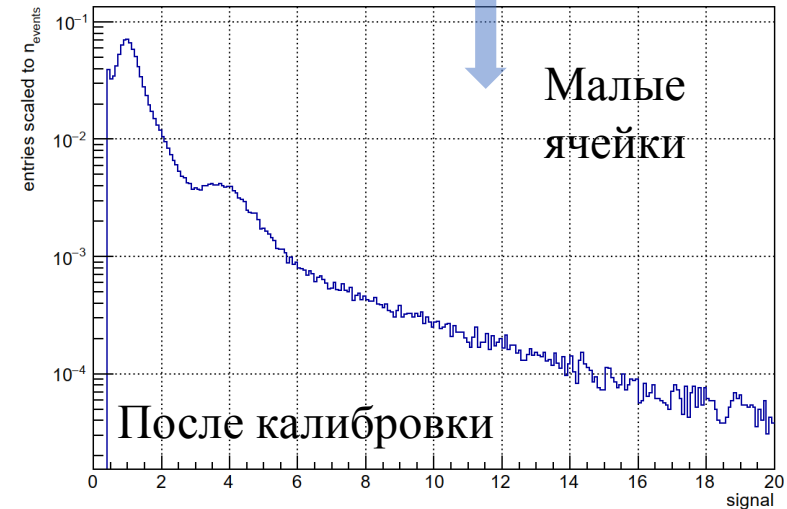
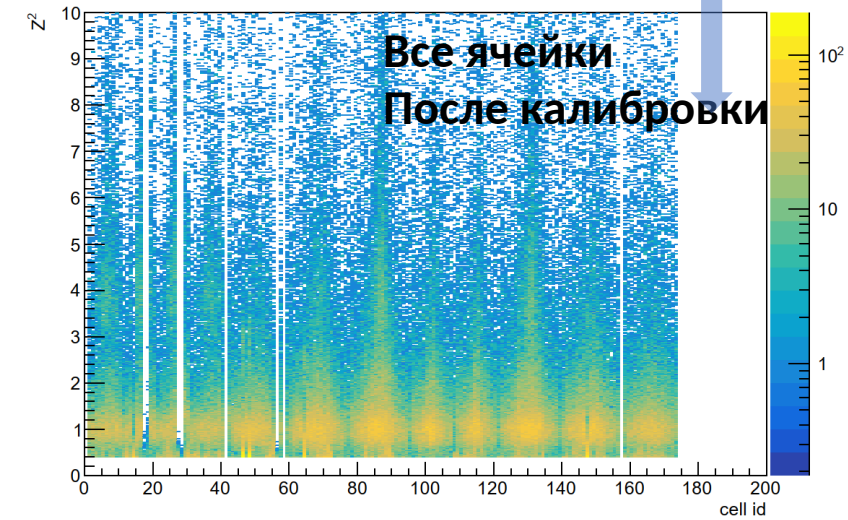
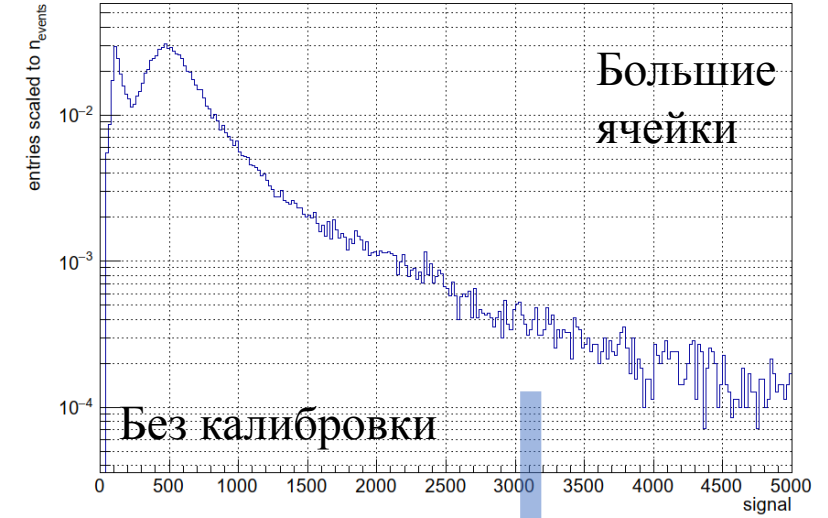
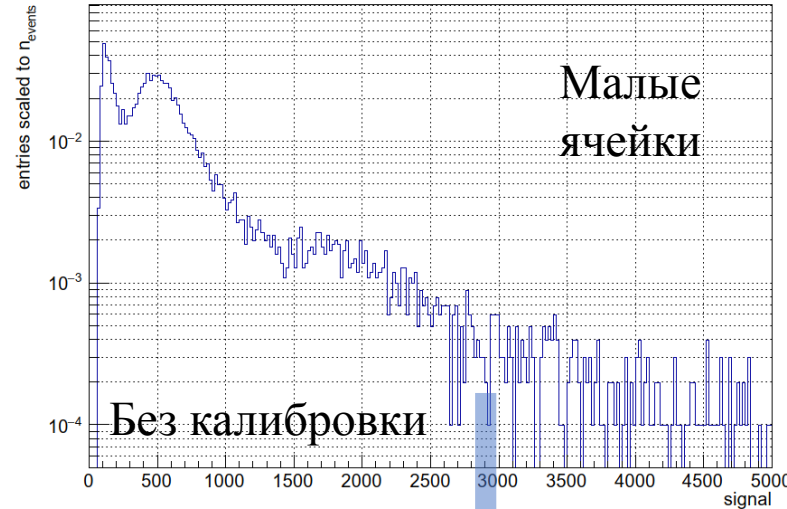
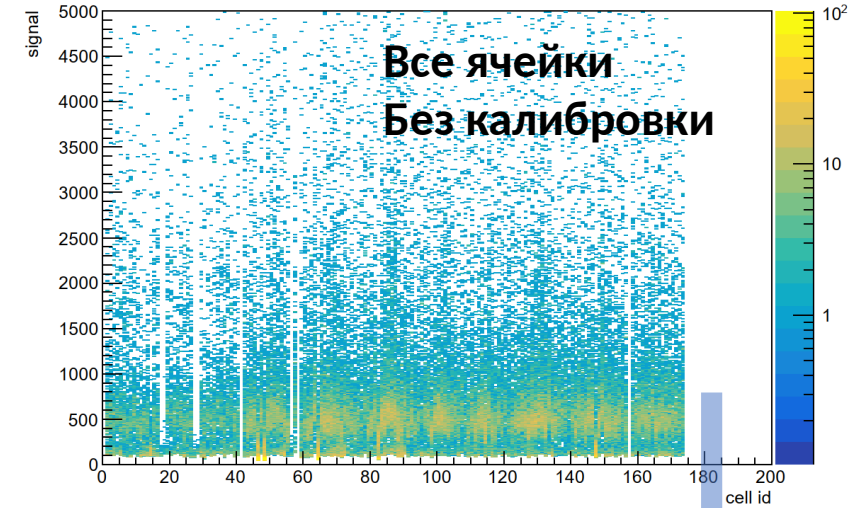


light collection from tiles

Зарядовые распределения в ячейках ScWall

XeCsI@3.8 АГЭВ

Более 1 трека в реконструкции вершины
Один ион Xe по BCIS
Положение вершины ($-1.5 < Z < 1.5$)



Зарядовые распределения в сцинтиляционной стенке. Пики соответствуют зарядам $Z = 1, 2$

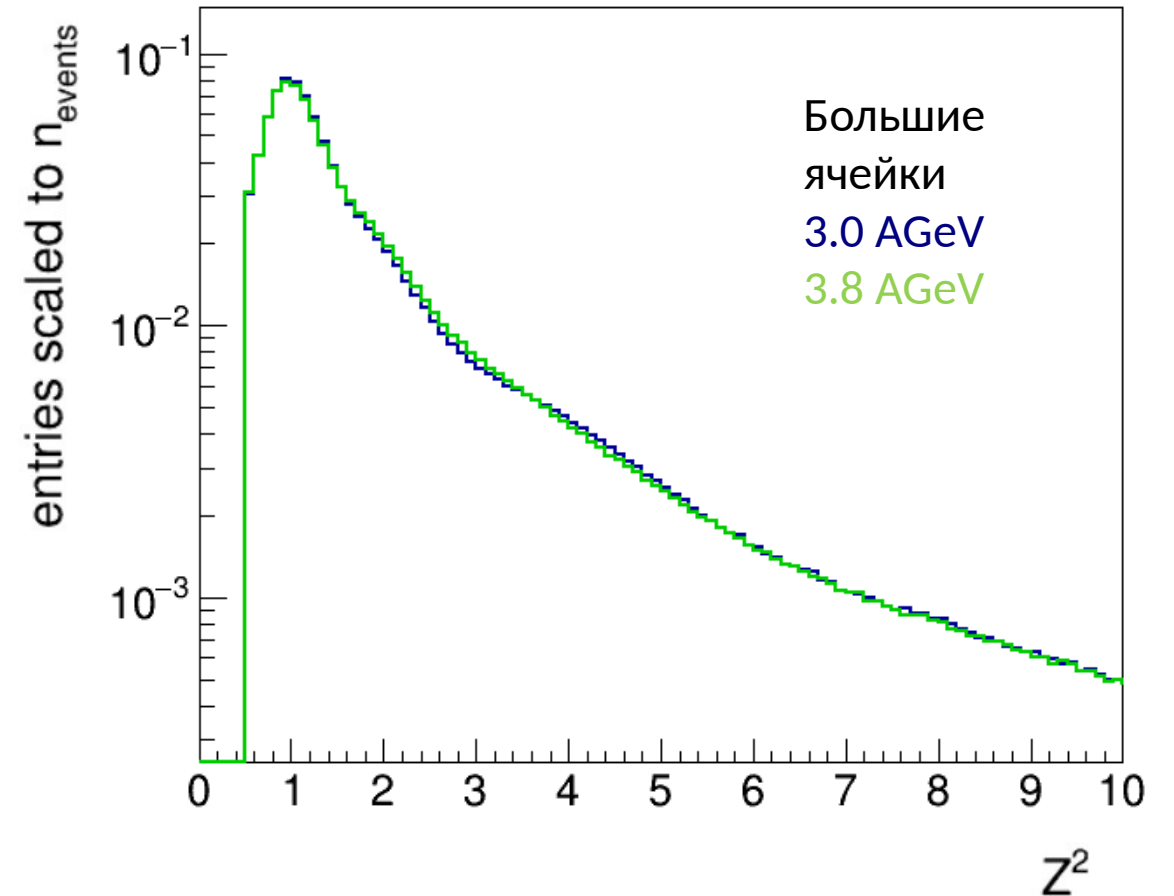
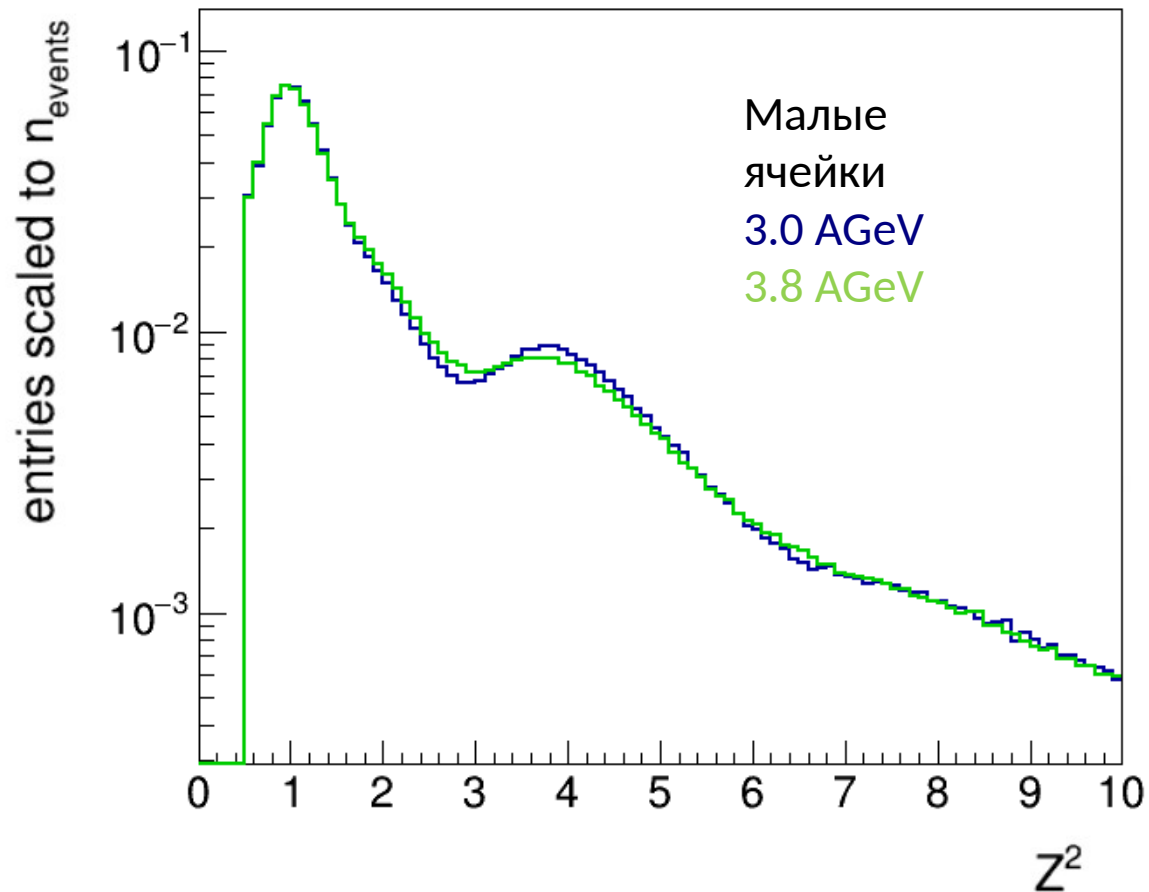
Зарядовые распределения в ячейках ScWall

XeCsI CCT2 триггер

Более 1 трека в реконструкции вершины

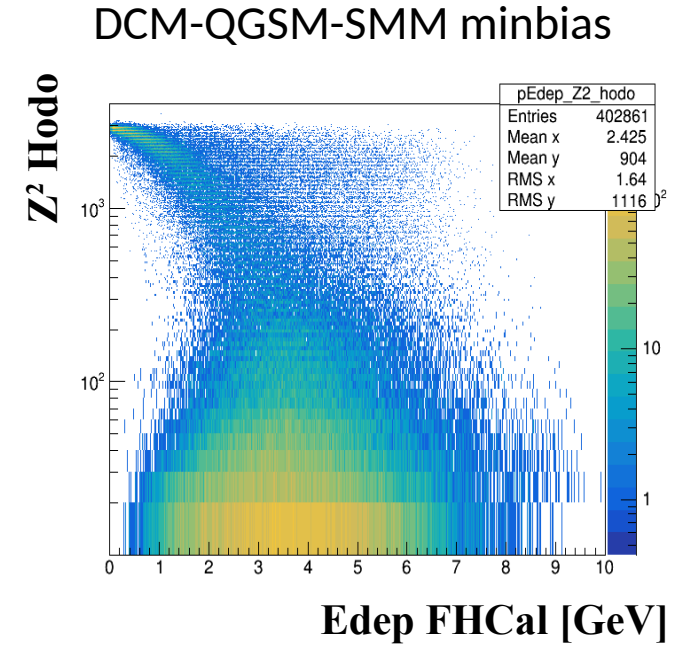
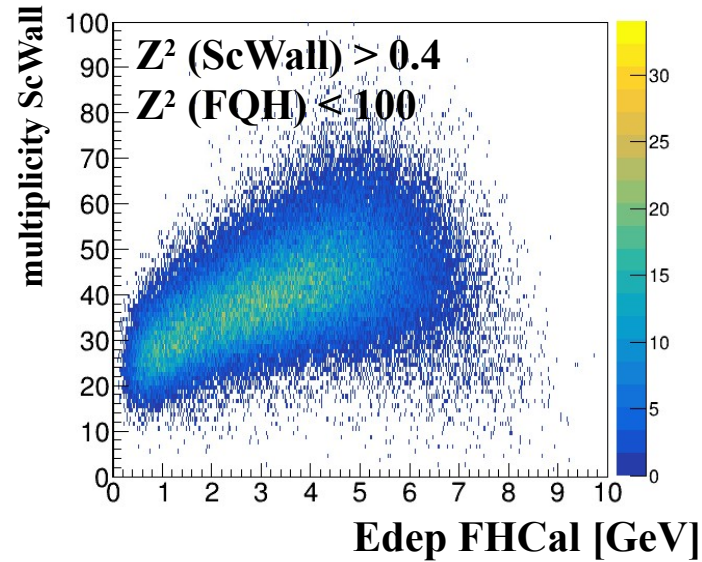
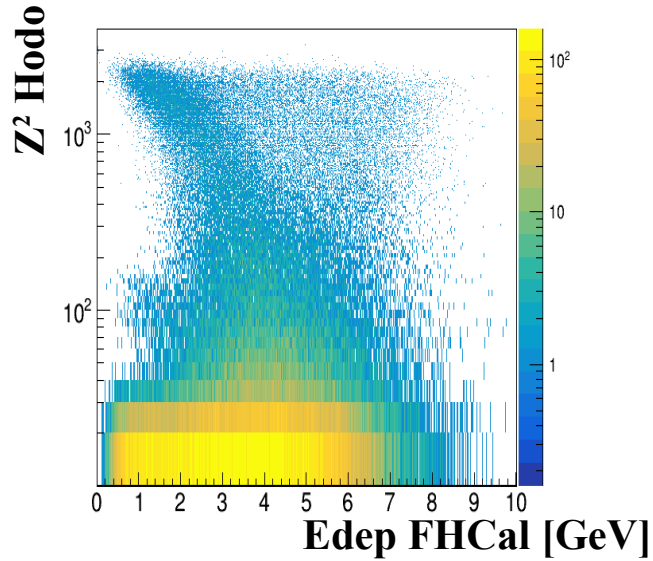
Один ион Xe по BC1S

Положение вершины ($-1.5 < Z < 1.5$)

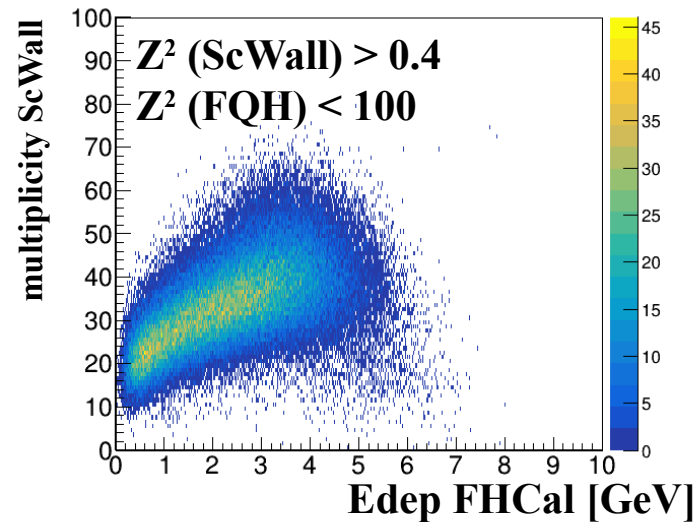
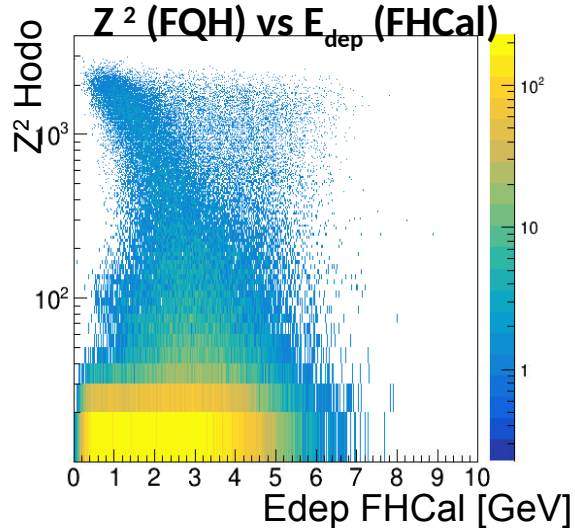


Корреляции откликов передних детекторов

XeCsl@3.8A GeV. Run 8142 2% Csl target, CCT2 trigger selection.



XeCsl@3.0A GeV. Run 8421 2% Csl target, CCT2 trigger selection.



No simulation available yet

*Более 1 трека в реконструкции вершины
Один ион Xe по BCIS
Положение вершины ($-1.5 < Z < 1.5$)*

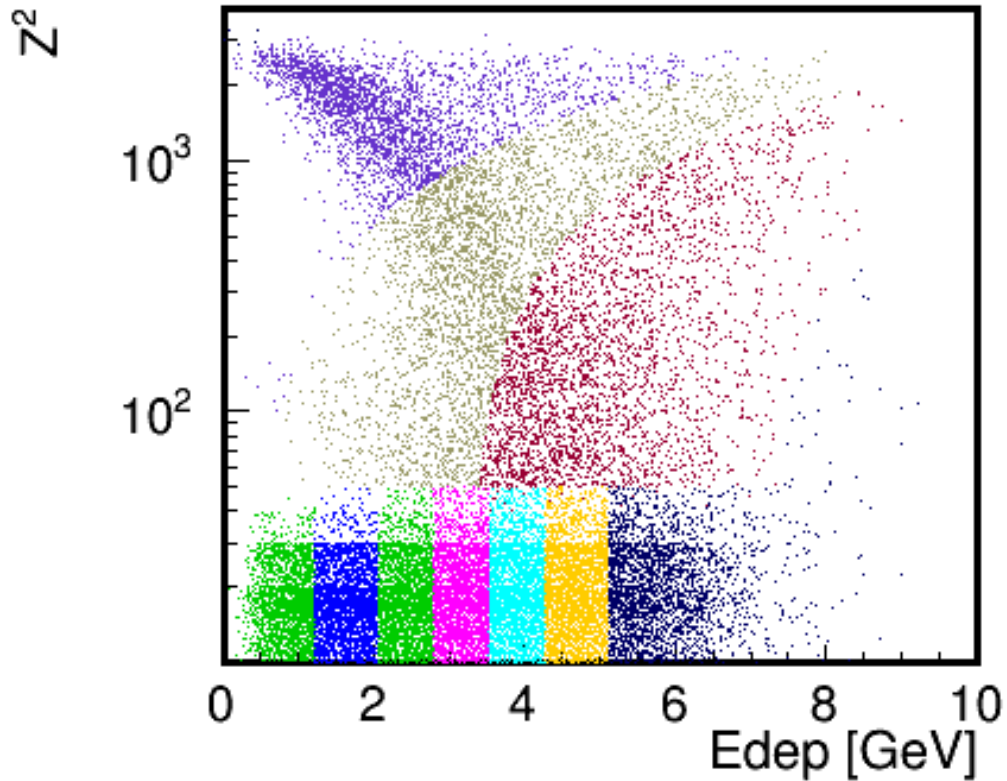
Классификация событий по классам центральности

XeCsI@3.8AGэВ. SST2 триггер

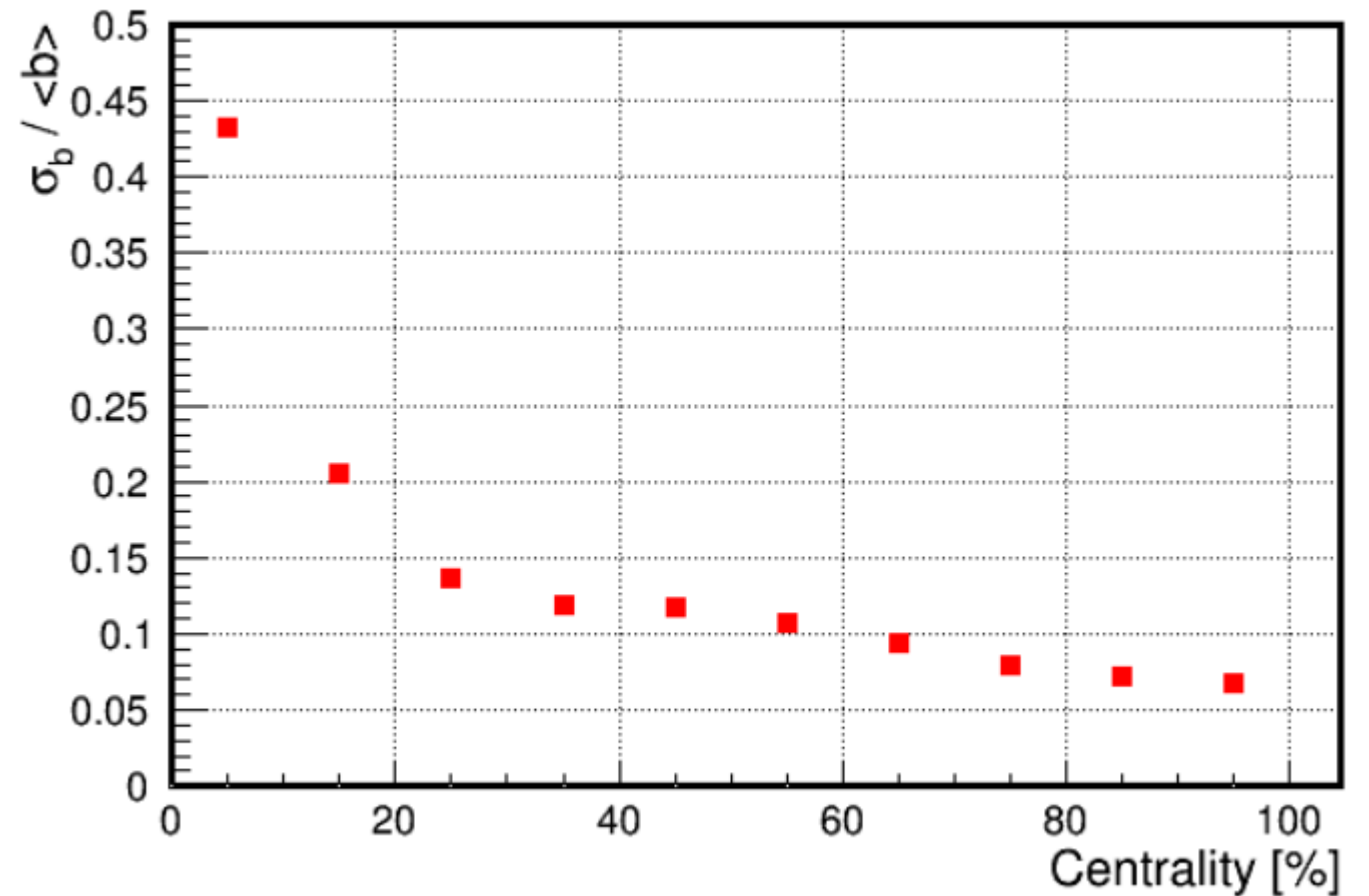
Более 1 трека в реконструкции вершины

Один ион Xe по BCIS

Положение вершины ($-1.5 < Z < 1.5$)



DCM-QGSM-SMM minbias
Аналогичный подход
классификации центральности
Impact parameter resolution



Заключение

- Выполнены калибровки детекторов FHCaI, FQH и ScWall
- Проведен предварительный анализ полученных с этих детекторов данных
- Отклики детекторов находятся в согласии с модельными данными и коррелируют друг с другом
- Полученные корреляции можно использовать для определения центральности

Спасибо за внимание!

BACKUP

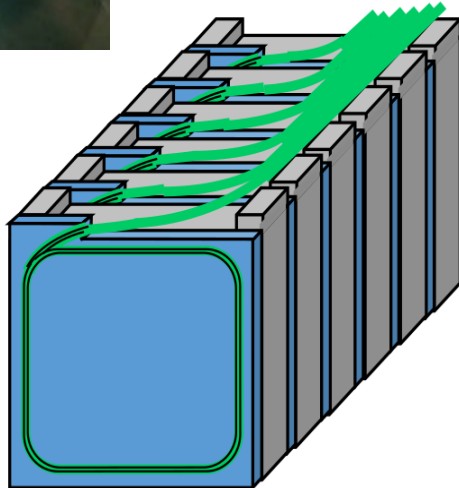
FHCal (Forward Hadron Calorimeter)

(for centrality and reaction plane reconstruction)

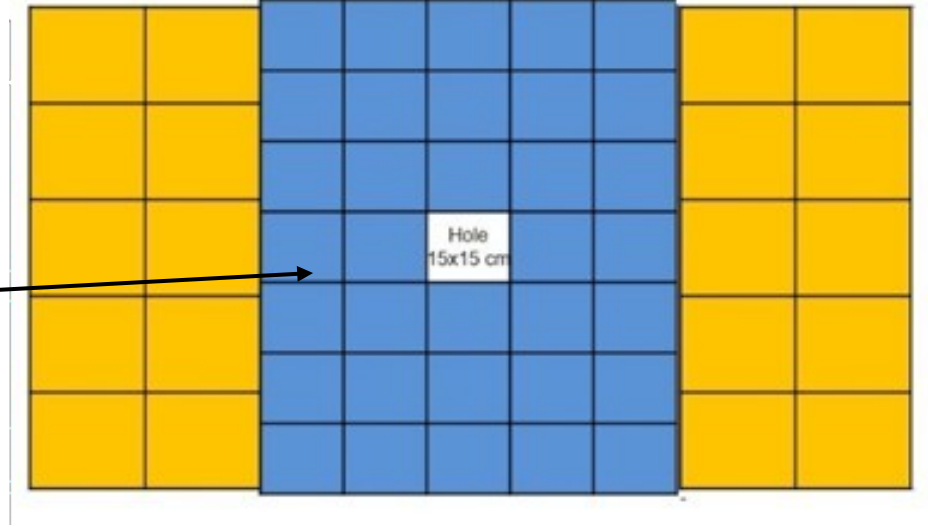


CBM PSD
module
production

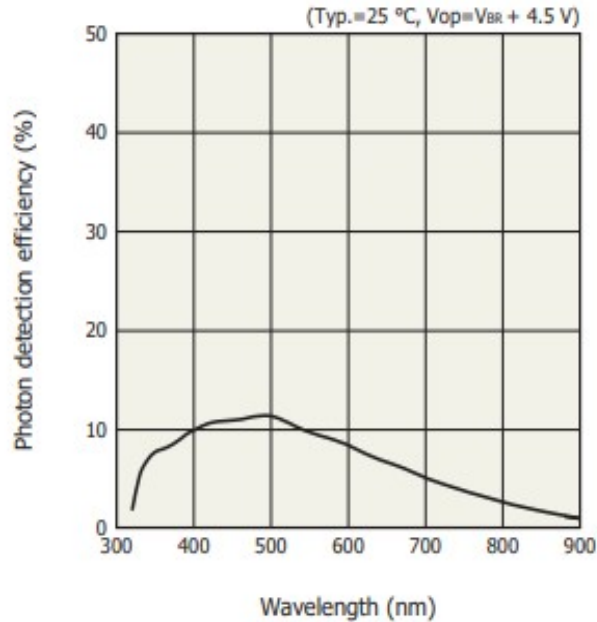
- 34 inner modules - 42 Pb/scint samples (16mm Pb + 4mm Scint)
- 20 outer modules - 60 Pb/scint samples (16mm Pb + 4mm Scint)
- Length of small module $\sim 4 \lambda_{\text{int}}$
Length of large module $\sim 5.6 \lambda_{\text{int}}$
- Light collection - 6 WLS fibers from each 6 consec. scint tiles (one section) combined to one optical connector at the end of module
- Light readout:
7 MPPCs per small module
10 MPPCs per large module
- Weight of small module - 200kg
Weight of large module - 500kg



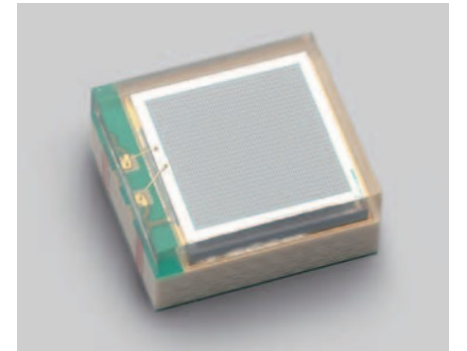
one section

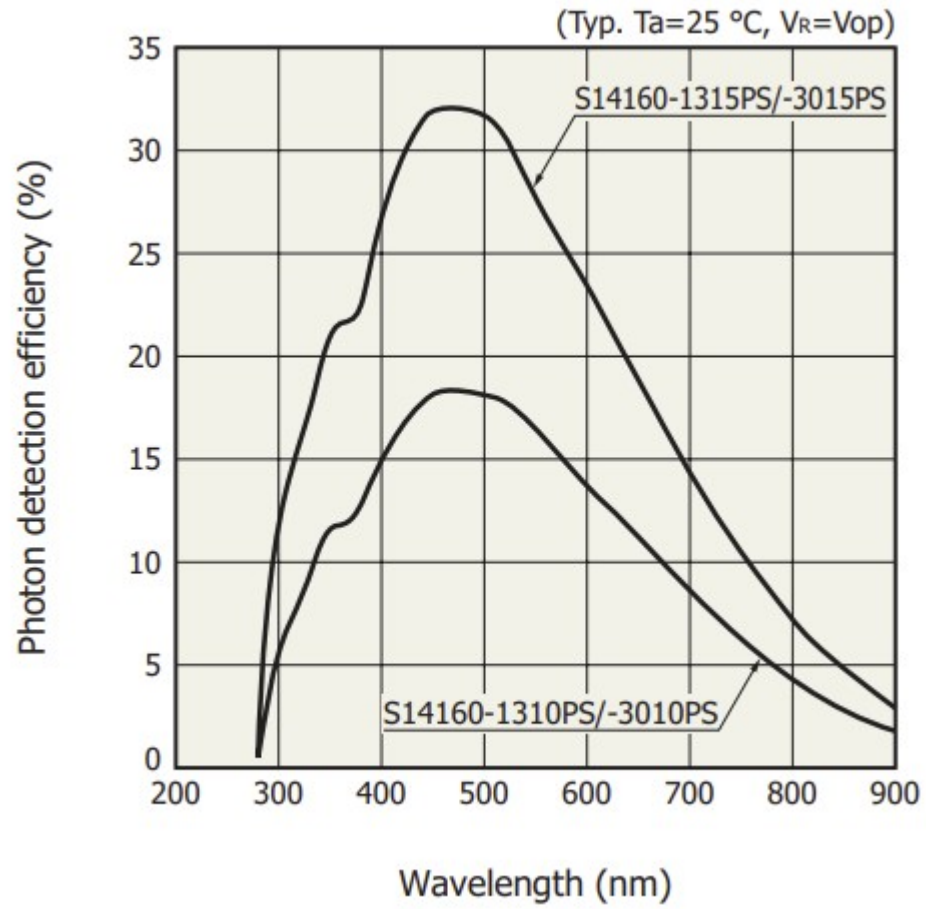


BM@N FHCal

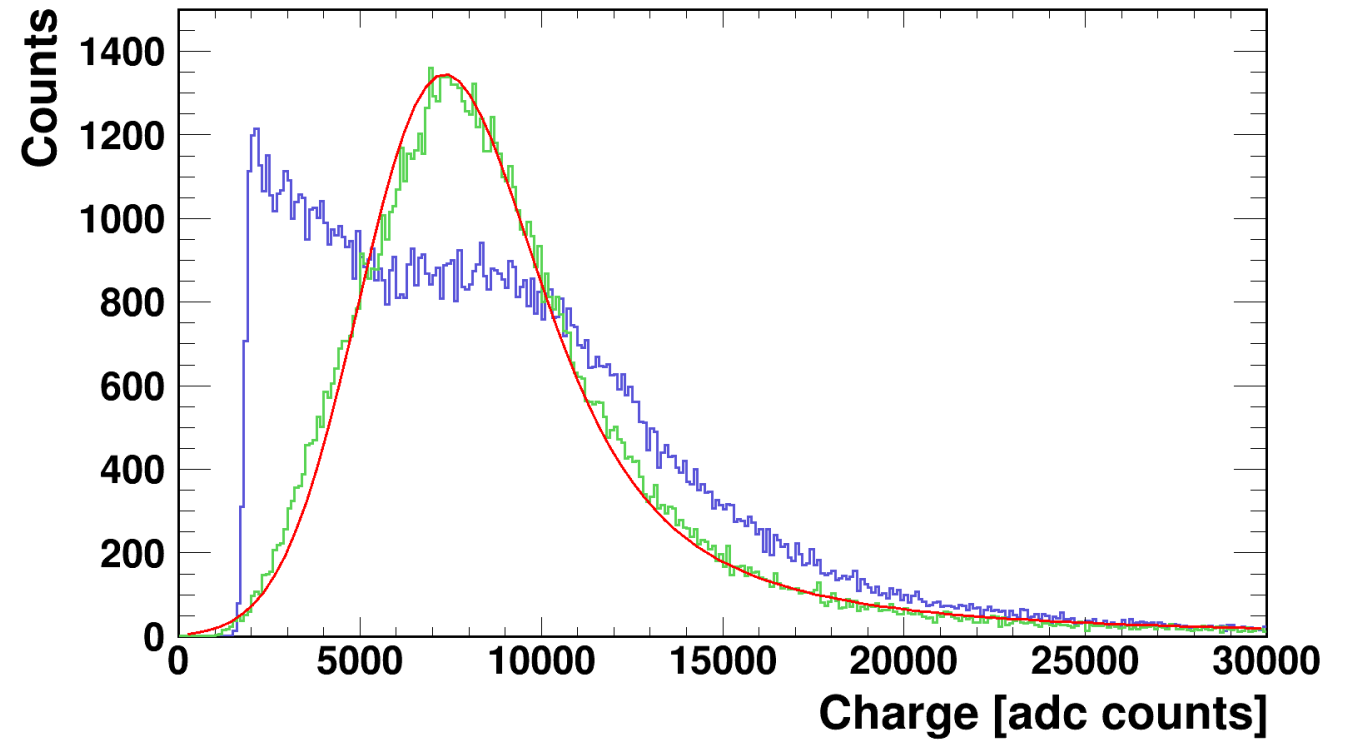
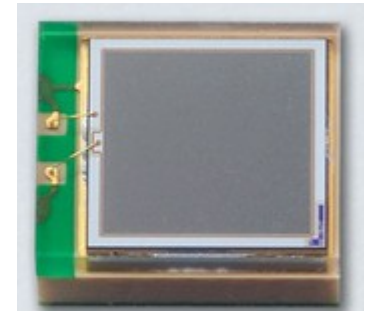


Hamamatsu MPPC S12572-010P 3*3mm
Number of pixels: 90000
Gain: $1.35 \cdot 10^5$
PDE: 12%





Hamamatsu S14160-3010PS $3*3\text{mm}^2$
Number of pixels: 90000
Gain: $1.8*10^5$
PDE: 18%



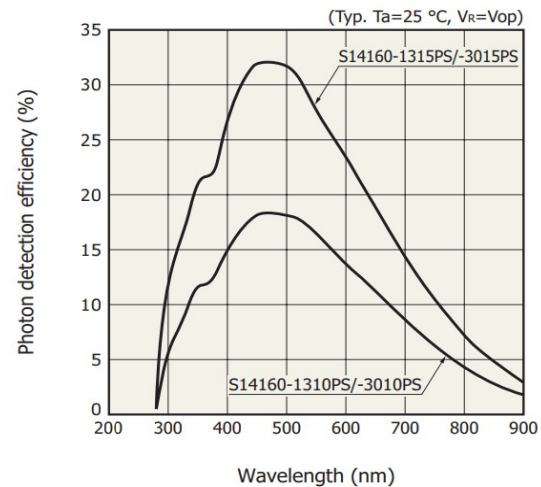
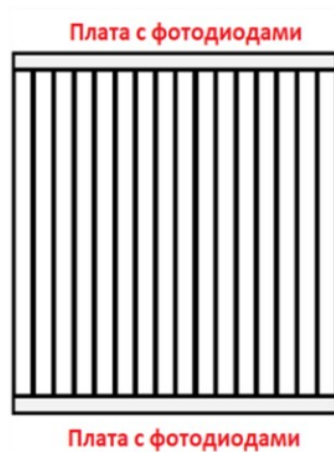
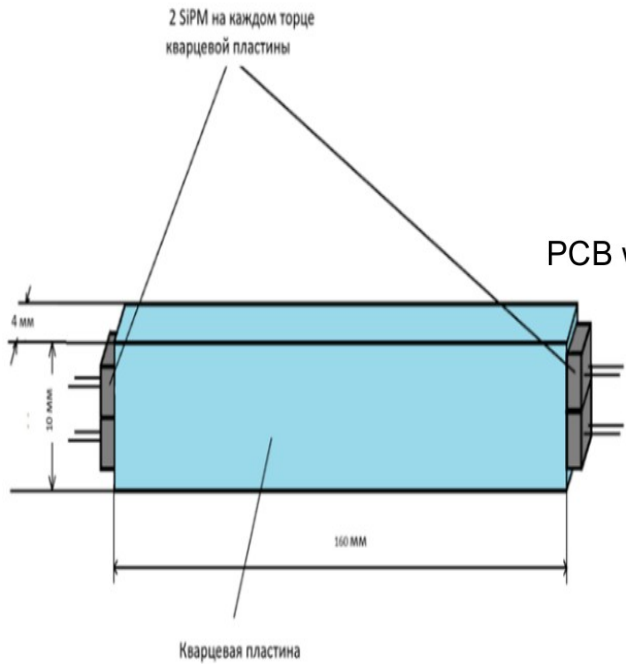
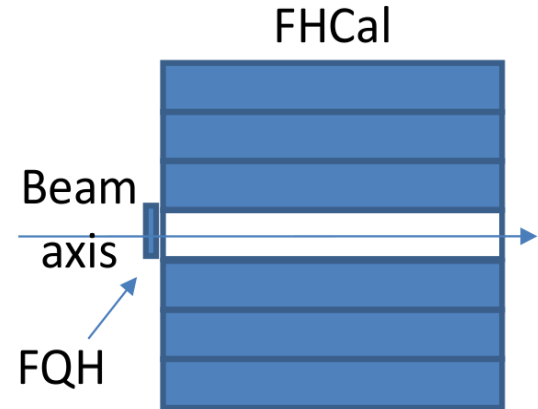
FQH (Forward Quarz Hodoscope)

(for centrality and fragments charge measurements)

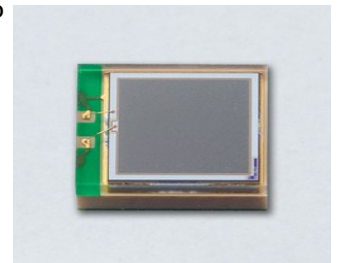
measurement of fragments charge in the FHCaI beam hole - very forward rapidity region (for event centrality determination)



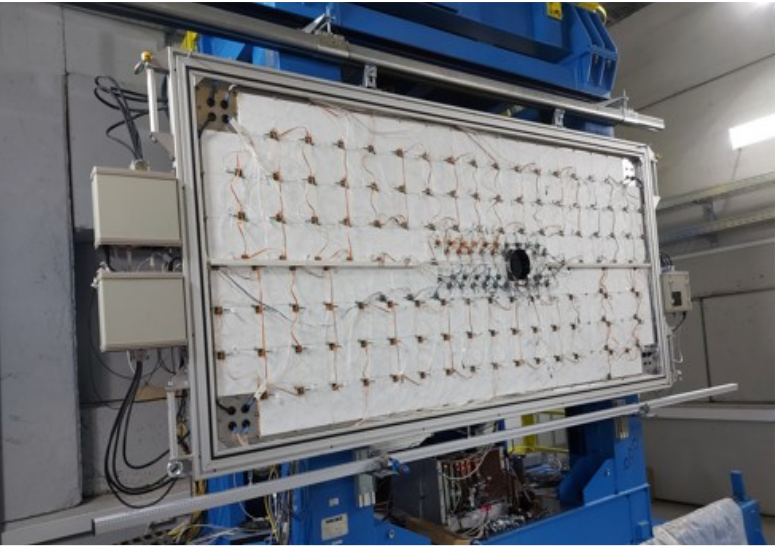
- 16 strips 160*10*4 mm³ with mylar reflector
- cover beamhole 15*15cm²
- light readout from both edges of each strip
- 2 MPPCs connected in parallel on each side
- each MPPC pair is read with gains x1 and x4



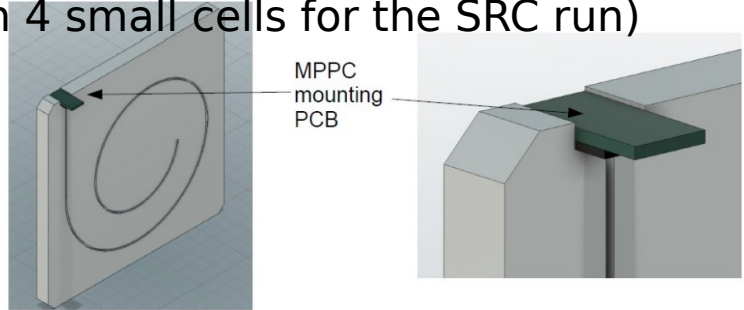
Hamamatsu MPPC S14160-3015PS 3*3mm²
 Number of pixels: 39984
 Gain: $3.6 \cdot 10^5$
 PDE: 32%



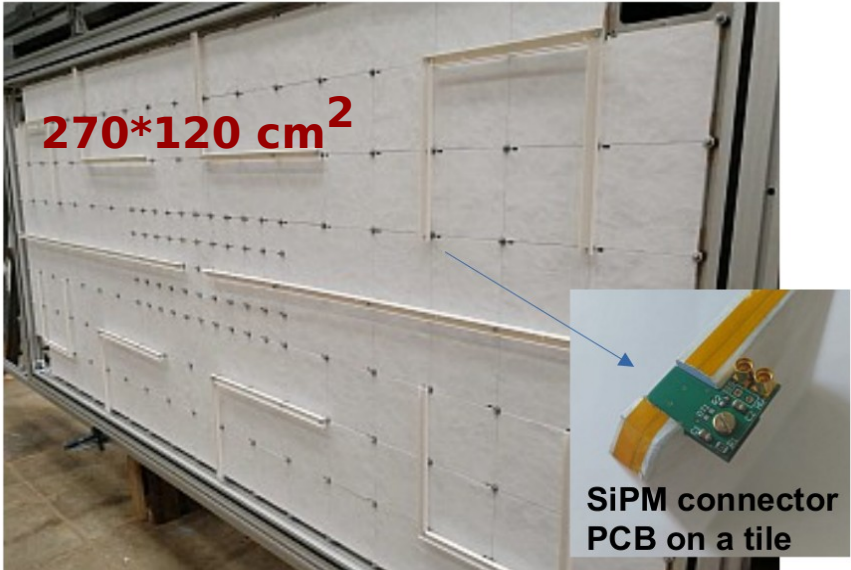
Scintillation Wall (ScWall) для измерения зарядов ядерных фрагментов и оценки плоскости реакции



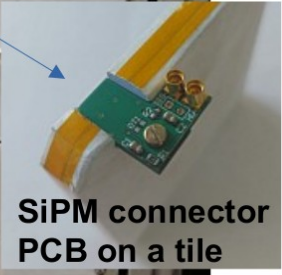
- 36 small inner cells $7.5 \times 7.5 \times 1 \text{ cm}^3$ + 138 big outer cells $15 \times 15 \times 1 \text{ cm}^3$
- light yield for MIP signal - small cells 55 p.e. $\pm 2.4\%$; big cells 32 p.e. $\pm 6\%$.
- optional beam hole (covered with 4 small cells for the SRC run)
- covered with a light-shielding aluminum plate
- light collection by WLS fibers
- light readout with SiPM mounted



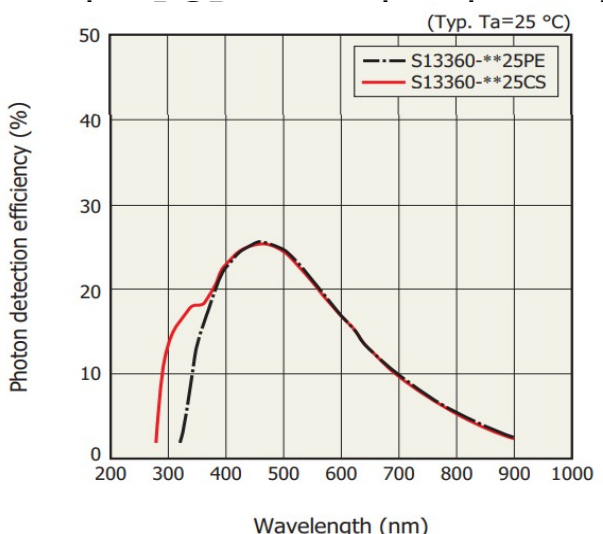
light collection from tiles



270*120 cm²



SiPM connector PCB on a tile



- Hamamatsu MPPC S13360-1325CS $1.3 \times 1.3 \text{ mm}^2$
- Number of pixels: 26
- Gain: 7×10^5
- PDE: 25%

