Образ черенковского света ШАЛ с точки зрения аэростатного детектора.

Проект СФЕРА

Бонвеч Е.А., НИИЯФ МГУ

37 Всероссийская конференция по космическим лучам, 28 июня 2022

Проект СФЕРА

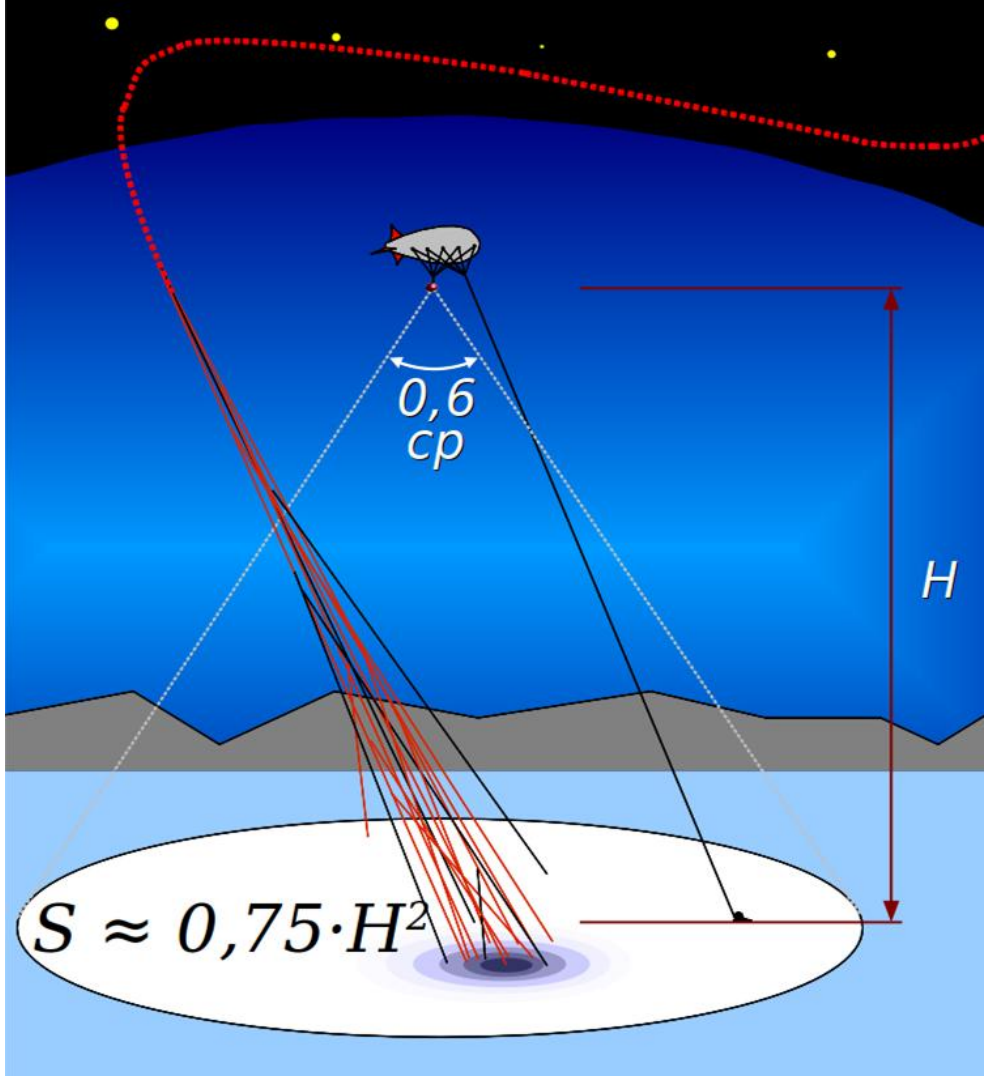
Изучение космических лучей с E > 3 ПэВ.

Метод регистрации отраженного от снега черенковского света ШАЛ.

Аэростатная установка СФЕРА-2:

оз. Байкал
2008-2013 гг.

Высота установки H: 300-900м



Стартовый комплекс СФЕРА-2 в 2013 г.

Ящик с установкой СФЕРА-2

Антенна доступа в интернет

Лебедка

Грузовой блок

Трансформатор, кабель питания (1км), резервный генератор

Центр управления

СФЕРА-2

Диаметр зеркала - 1.5 м

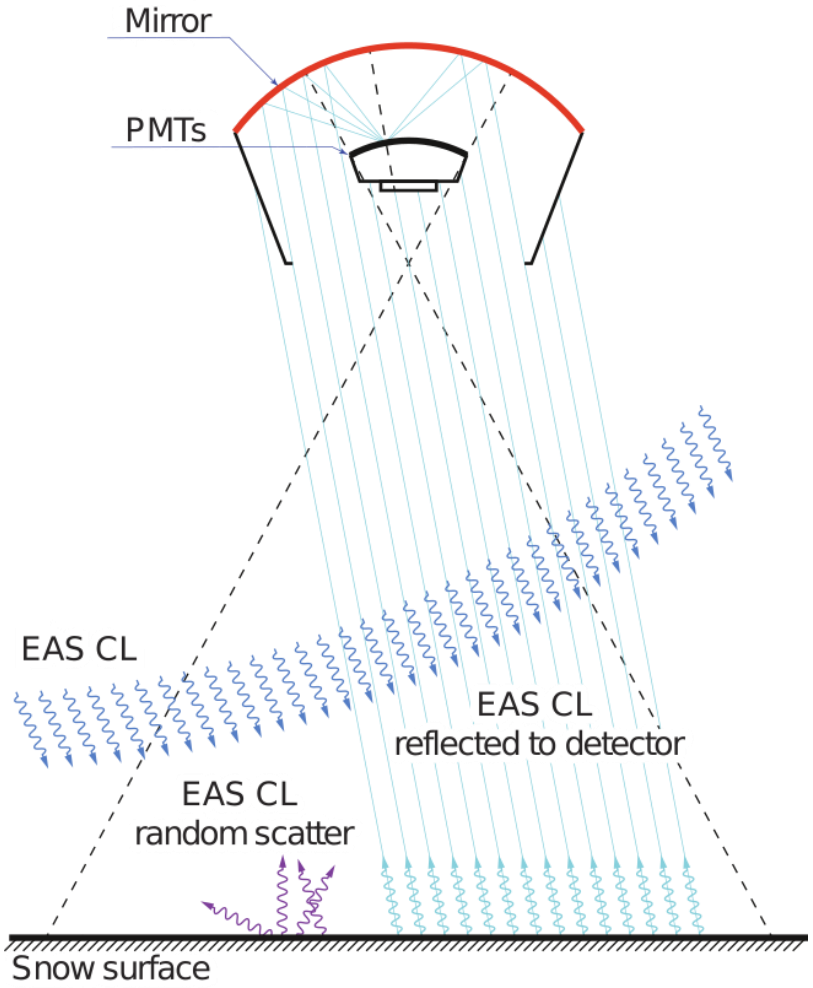
Мозаика 109 ФЭУ-110

Дискретность оцифровки 12.5 нс

За 2011-2013 гг.:

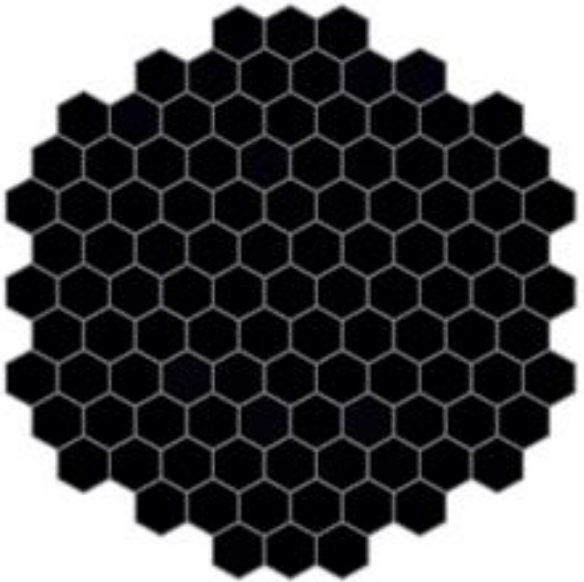
Всего триггеров: 32000

Событий ШАЛ: 1040



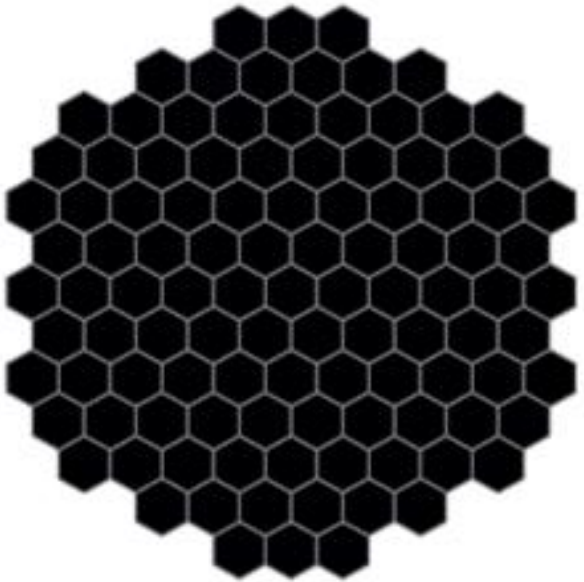
Прохождение фронта ливня по мозаике.

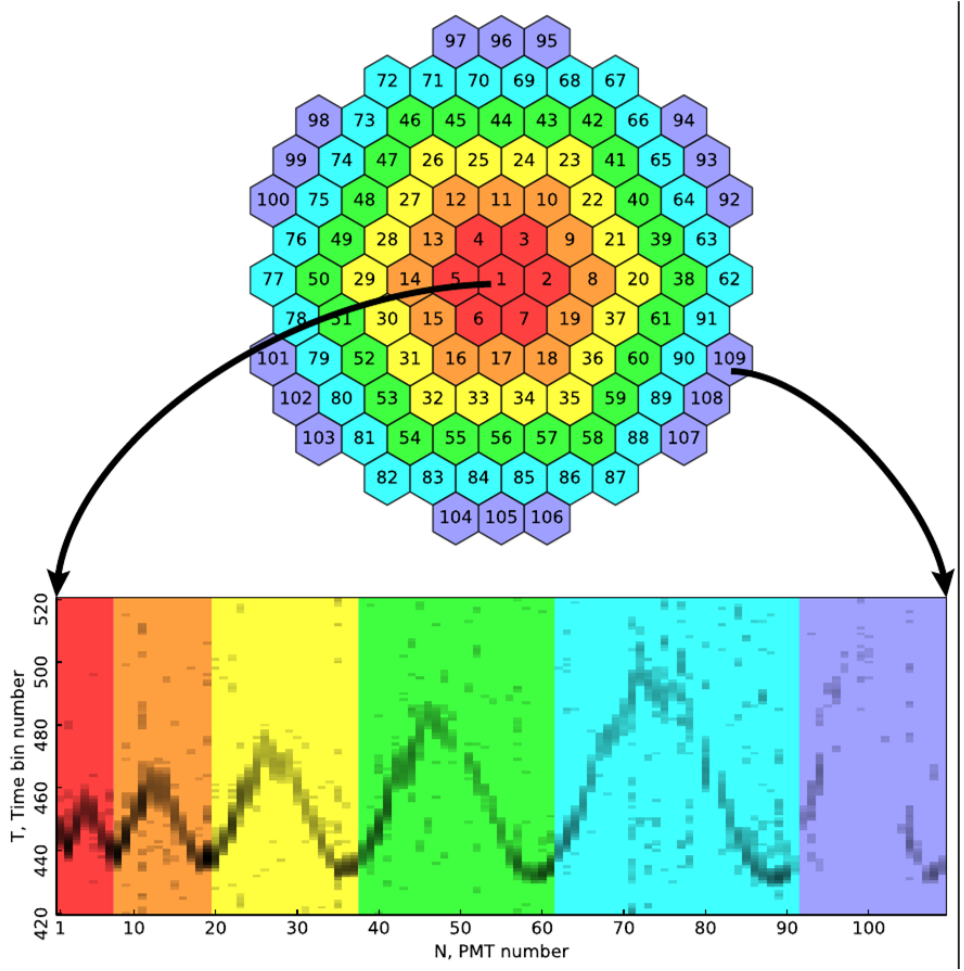
Дискретность оцифровки 12.5 нс

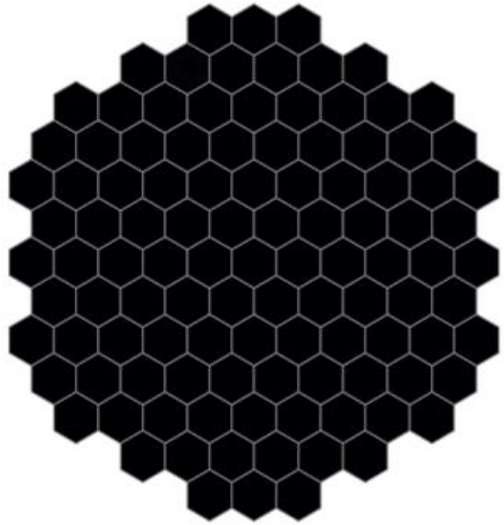


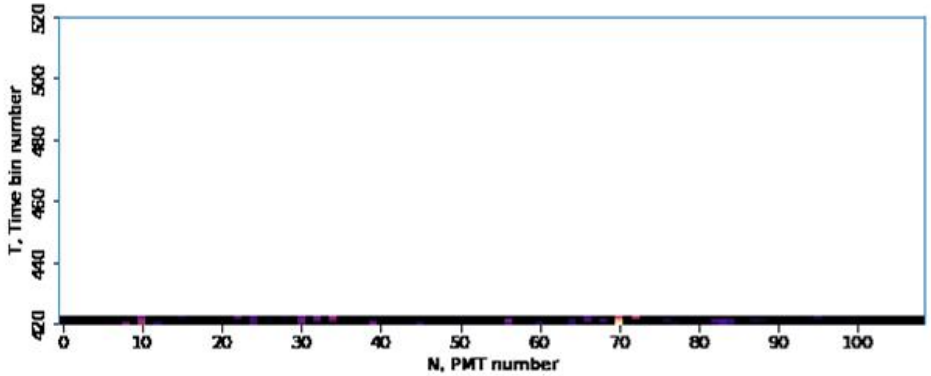
-87 ns

Суммарный образ




97 96 95
72 71 70 69 68 67
98 73 46 45 44 43 42 66 94
99 74 47 26 25 24 23 41 65 93
100 75 48 27 12 11 10 22 40 64 92
76 49 28 13 4 3 9 21 39 63
77 50 29 14 5 1 2 8 20 38 62
78 51 30 15 6 7 19 37 61 91
101 79 52 31 16 17 18 36 60 90 109
102 80 53 32 33 34 35 59 89 108
103 81 54 55 56 57 58 88 107
82 83 84 85 86 87
104 105 106
T, Time bin number
420 440 460 480 500 520
1 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
N, PMT number

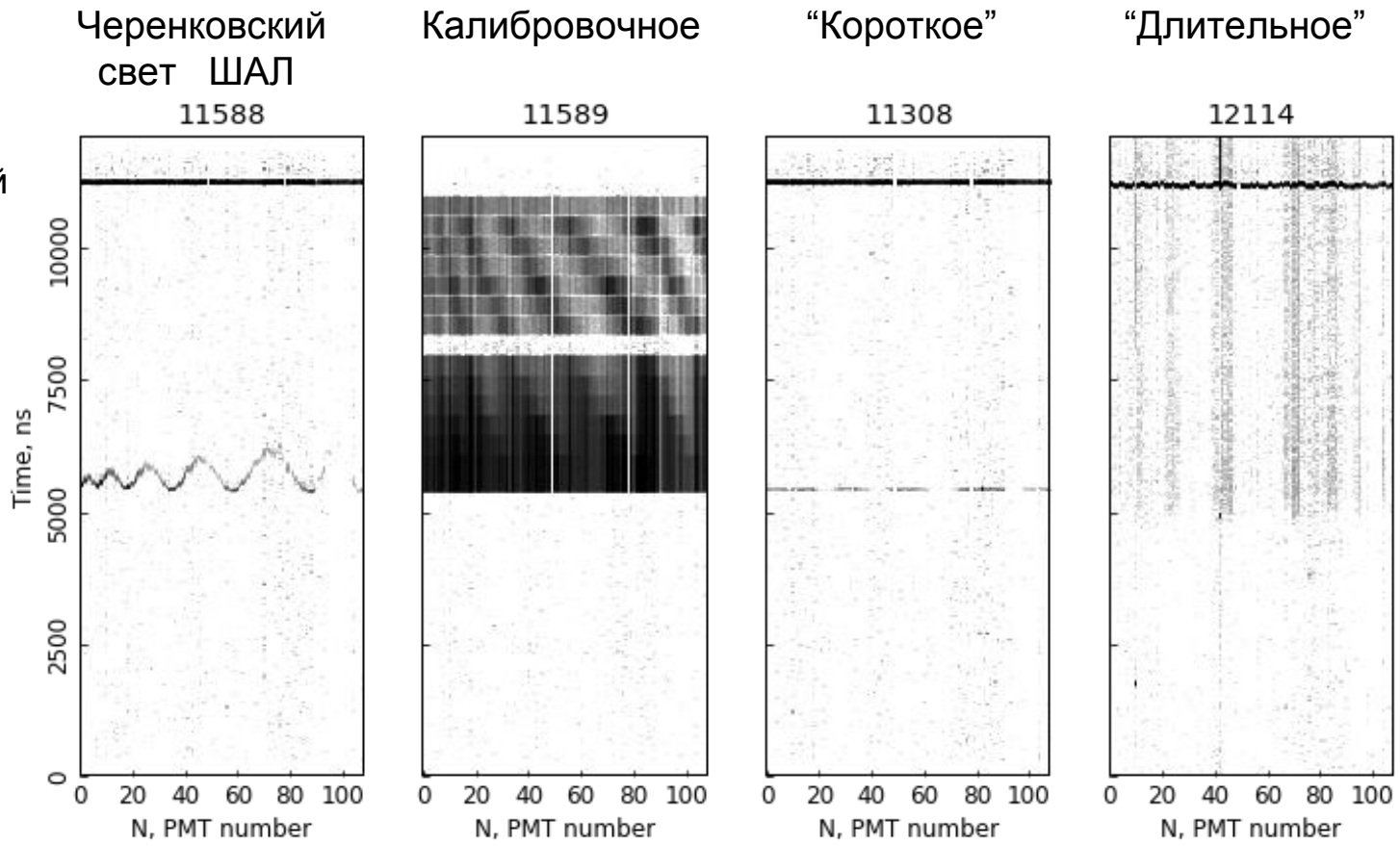



T, Time bin number
420 440 460 480 500 520
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
N, PMT number

Типы событий

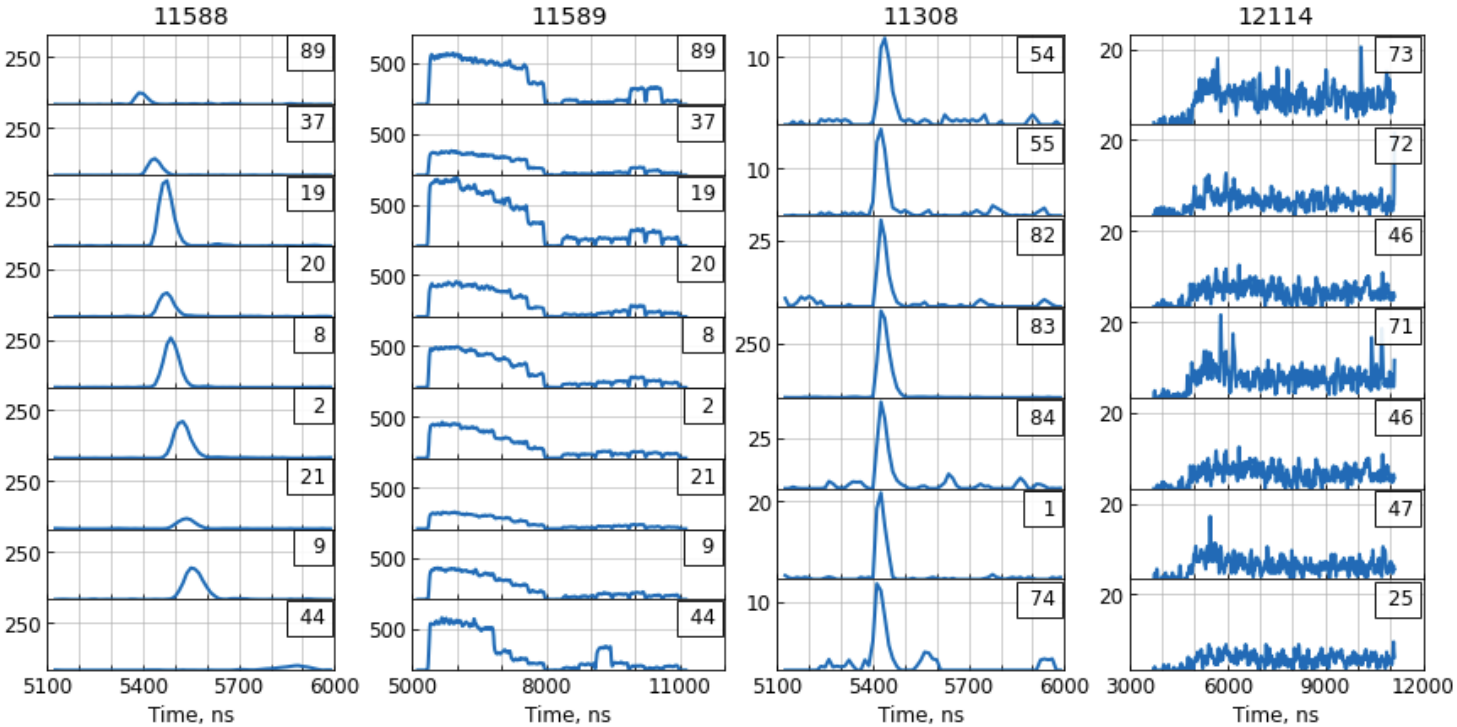
Калибровочный синхроимпульс

Триггер

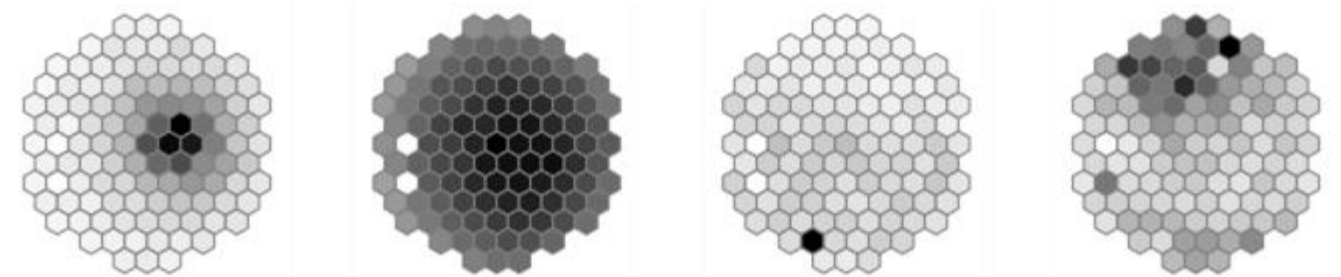


ШАЛ | Калибровочное | “Короткое” | “Длительное”

Импульсы в разных каналах

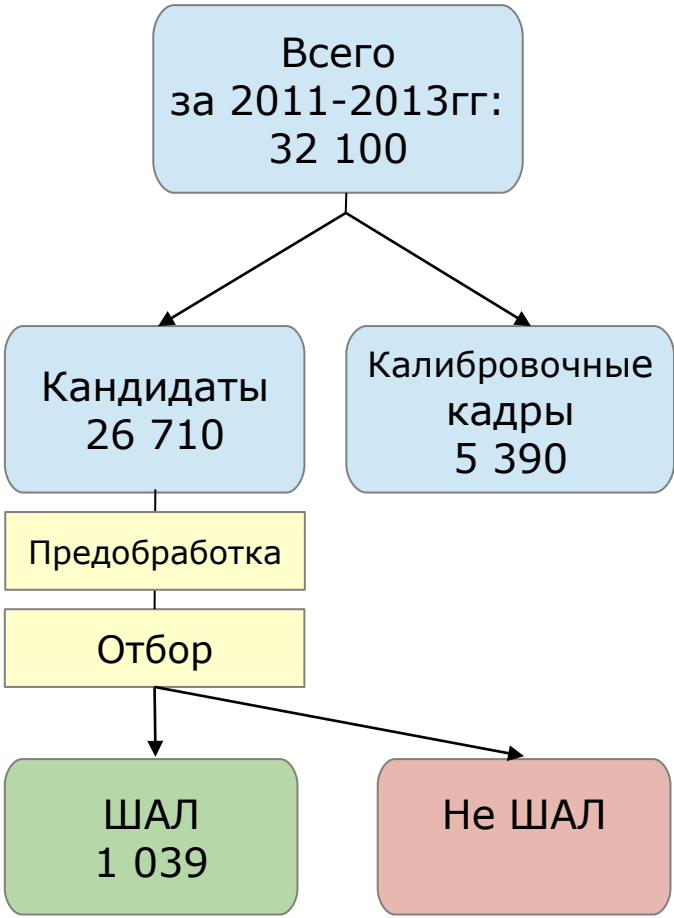


Интегральный образ в области триггера

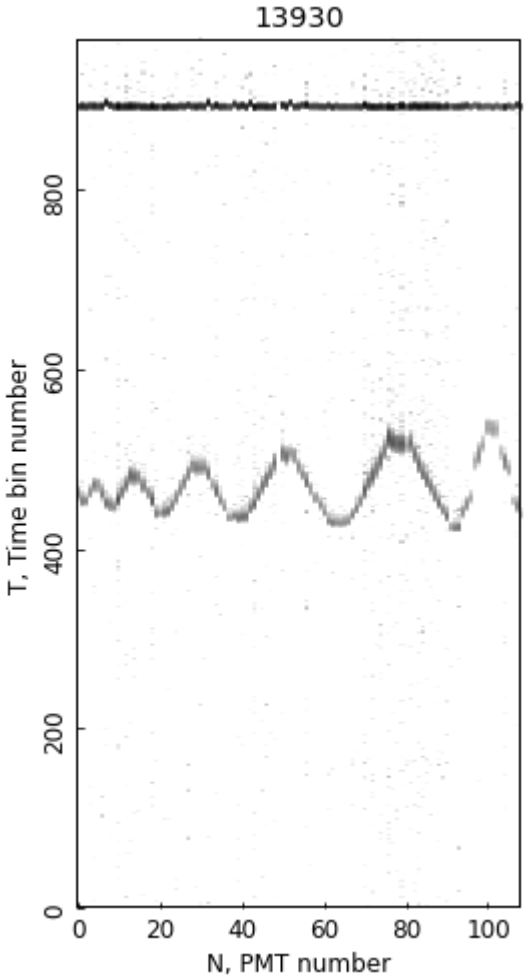


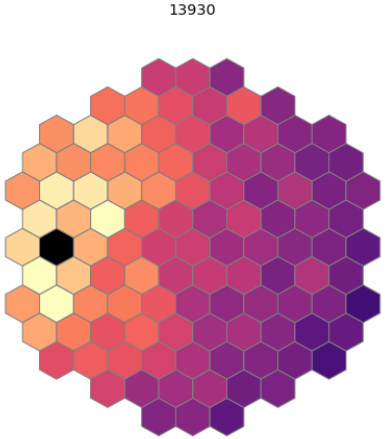
Порядок отбора событий

1. Выделение калибровочных кадров - большой суммарный сигнал
2. События с ошибками этапа сбора данных:
   a. Fifoerr - сбоями при чтении событий из буфера
   b. Нет триггера L3 и G5
   c. Метка триггера вне триггерного диапазона [220 : 300]
3. Предобработка событий
   a. Вычитание пьедесталов
   b. Выявление и устранение временного сдвига каналов
   c. Вычитание импульсного шума
   d. Применение калибровок
4. Длительные события: dt > 625 нс
5. Короткие события: dt < 75 нс
6. Распознавание “змейки” и метод пристального взгляда



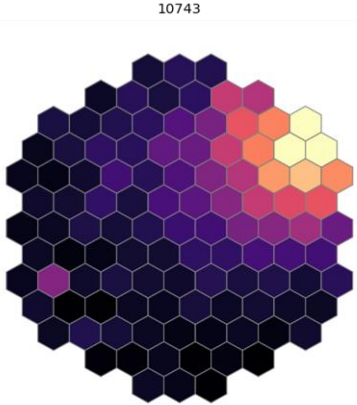
Самые яркие

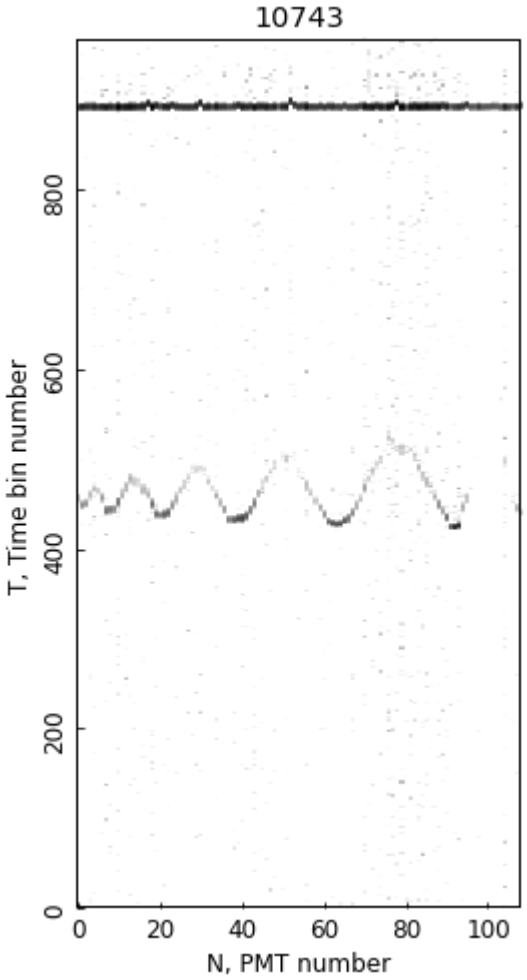


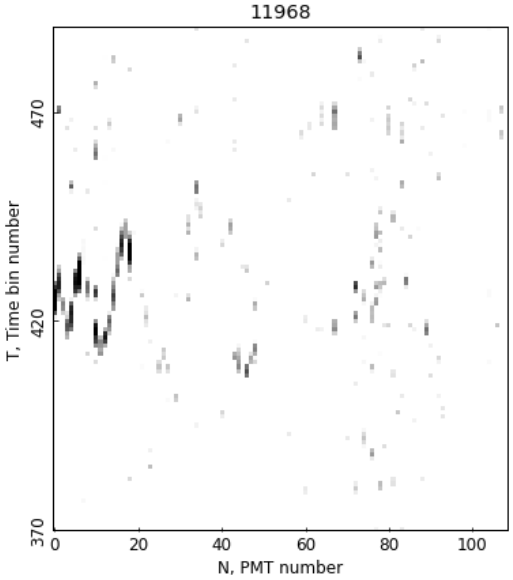


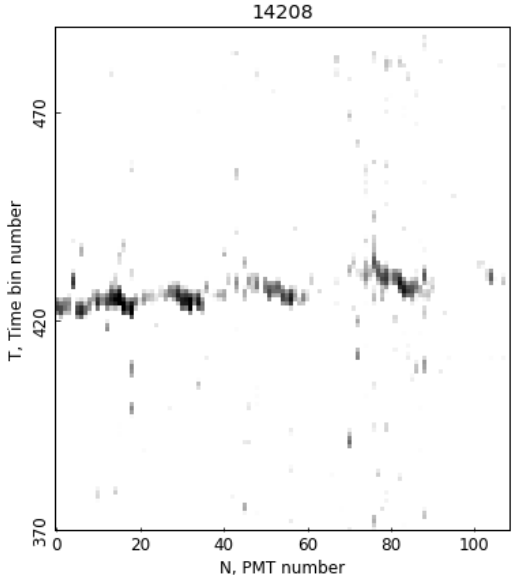
H = 380 м

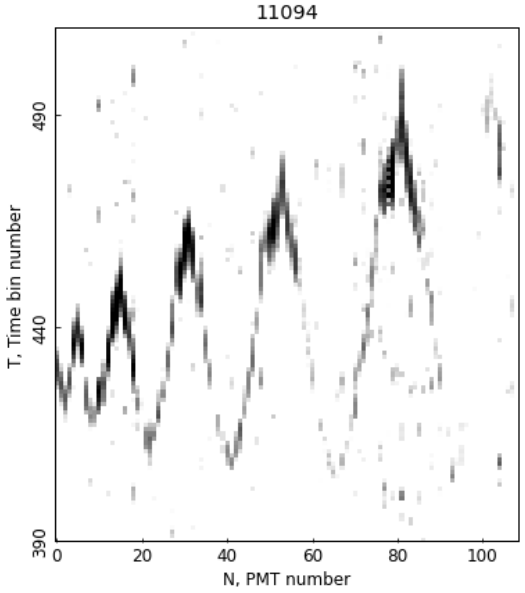
H = 607 м

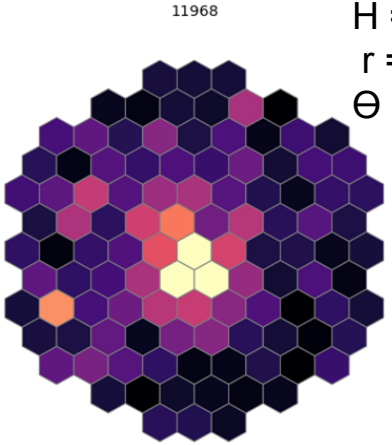




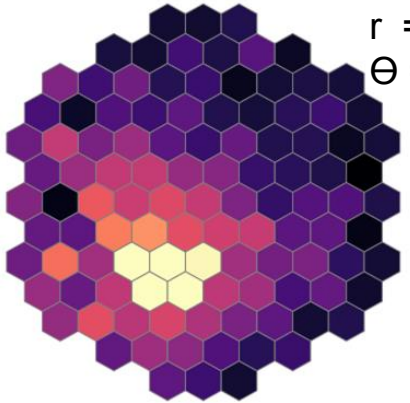




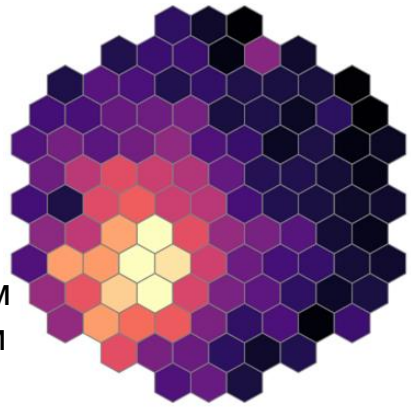




H = 610 м
r = 13 м
Θ = 28°



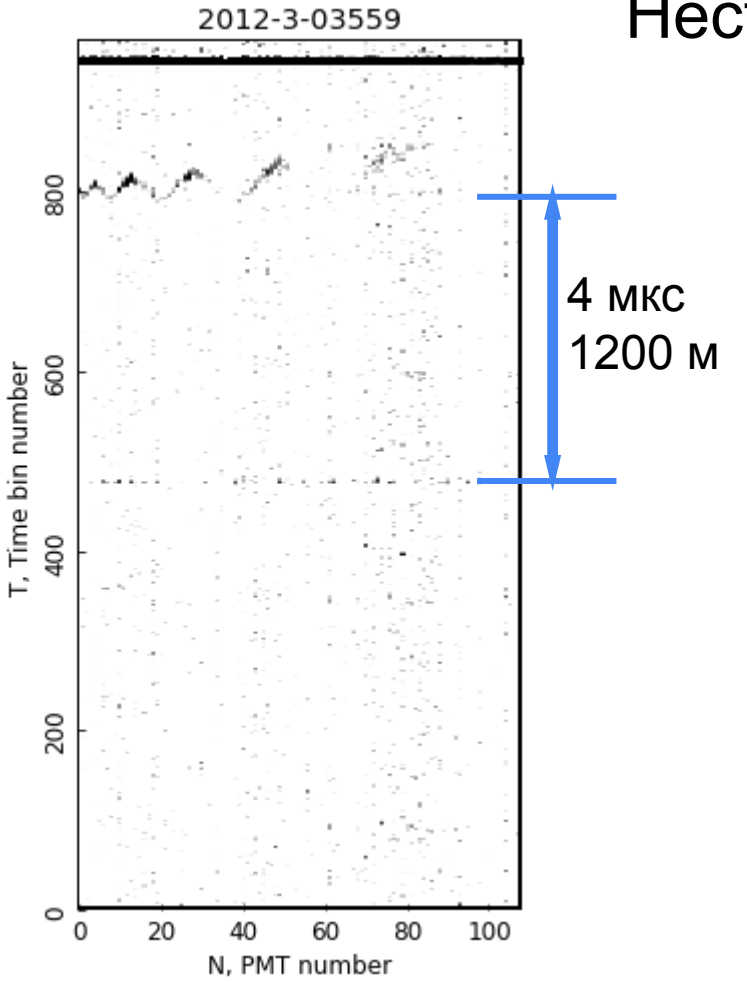
H = 322 м
r = 58 м
Θ = 5°

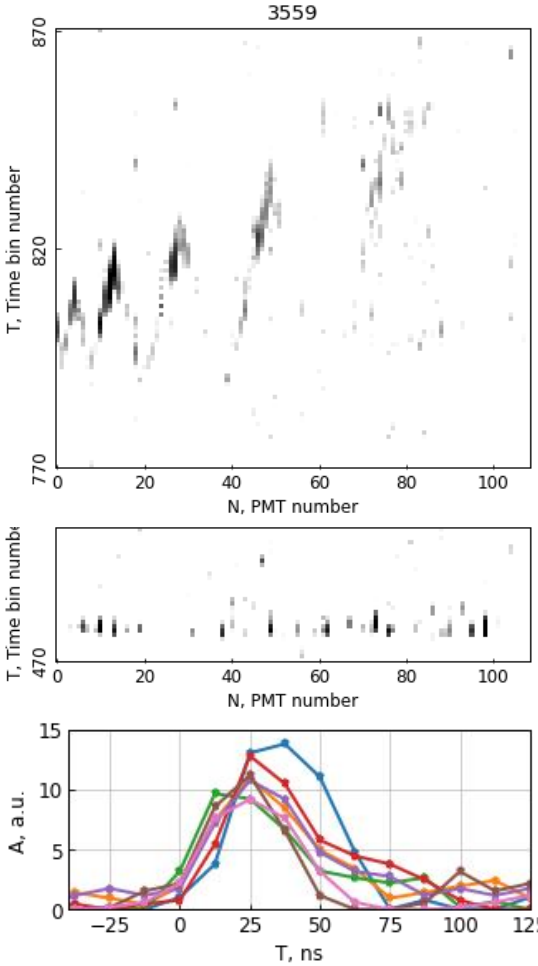


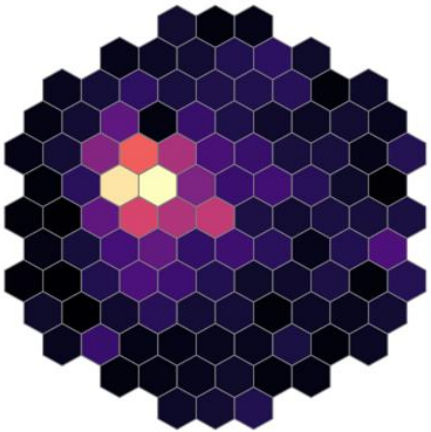
H = 607 м
r = 140 м
Θ = 35°

Нестандартное событие ШАЛ

H = 603 м
Θ = 17°







В области триггера:
длительность импульсов - 60-90 нс

Проект СФЕРА-3

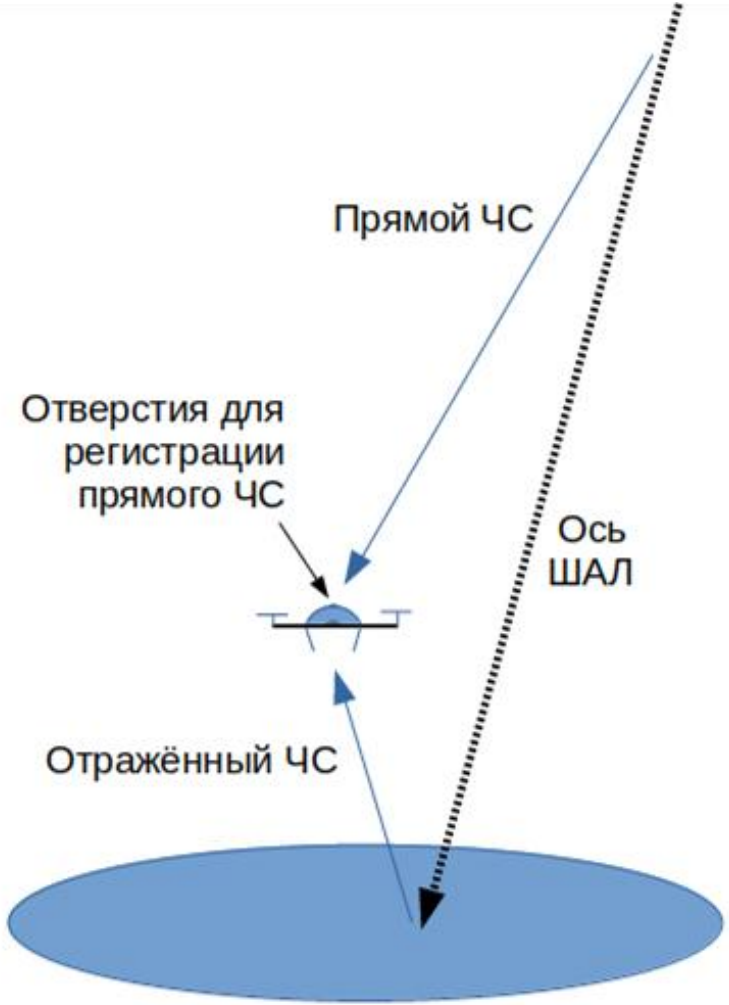
Светосильный аэромобильный детектор.

Большое зеркало до 2.5 м

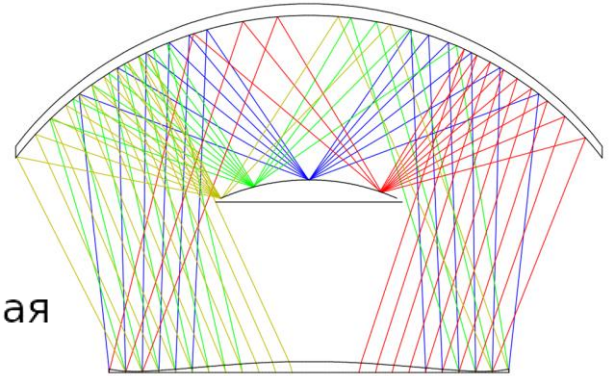
Светочувствительные элементы: SiPM > 2000

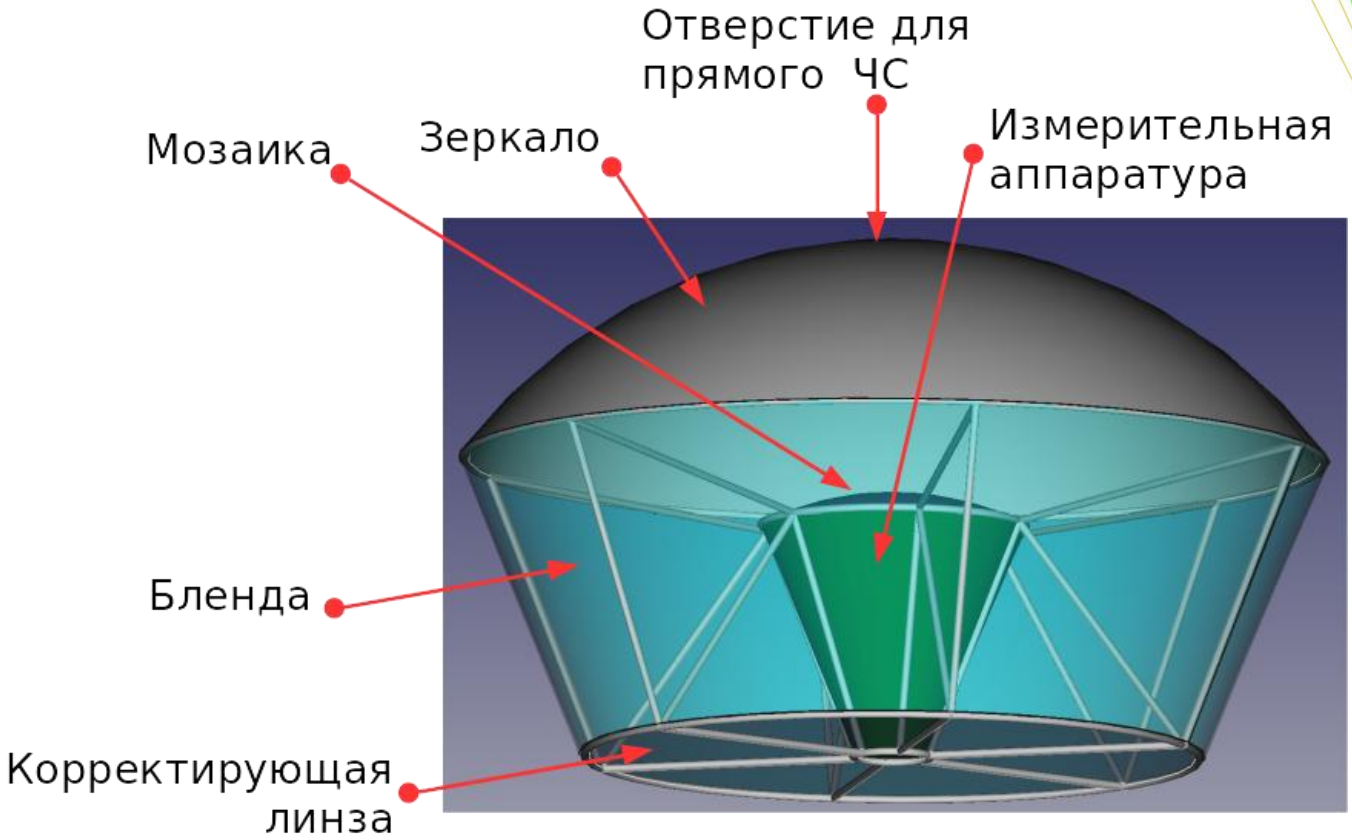
Носитель - беспилотный летающий аппарат

Опция: одновременная регистрация прямого и отраженного черенковского света.



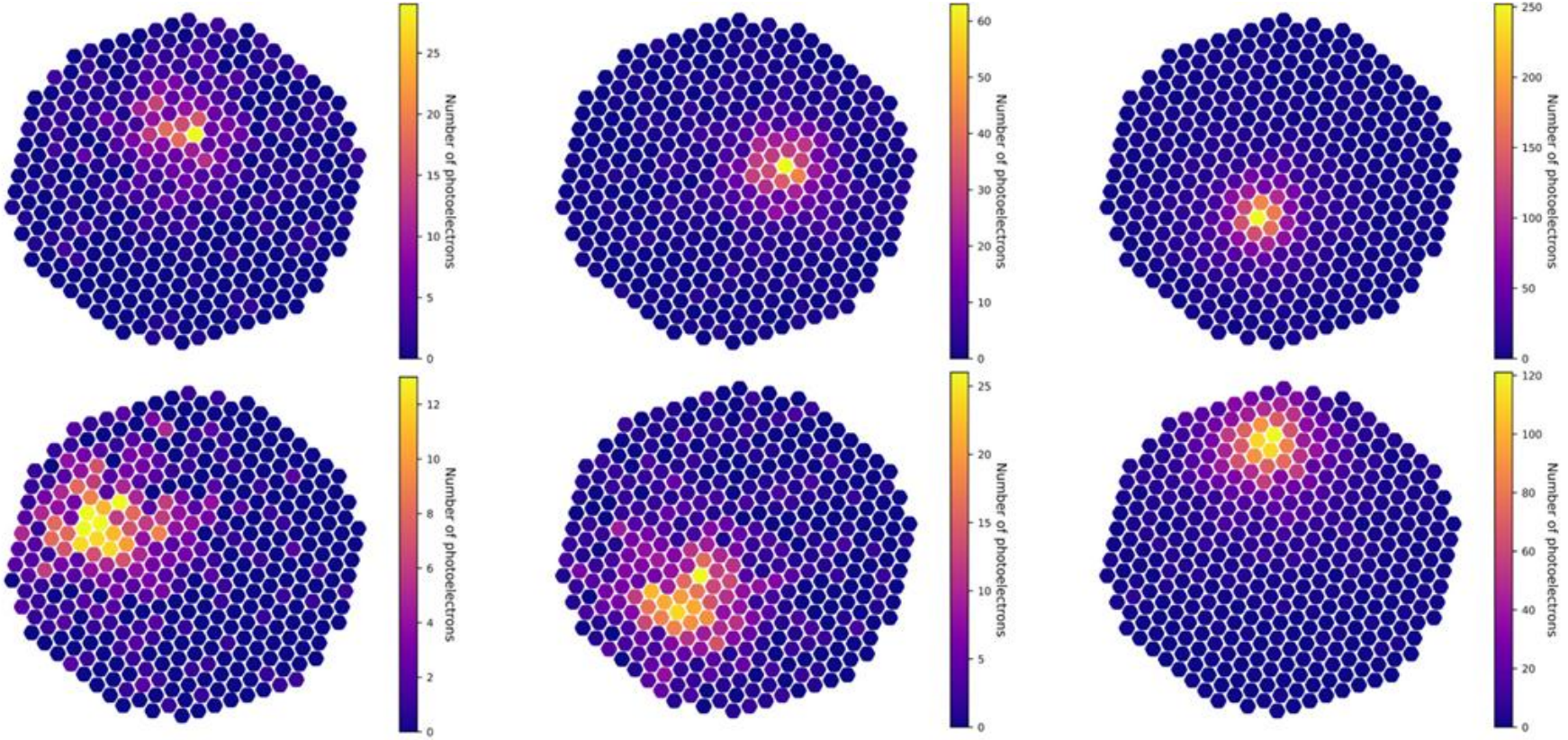
Вариант оптической системы





Постер
ПКЛ2 ID100

Моделирование установки СФЕРА-3



5 ПэВ

10 ПэВ

30 ПэВ

Заключение

1. Проведена классификация событий в эксперименте СФЕРА-2, выделено 1039 события от черенковского света ШАЛ.
2. Выявлено событие, в котором одновременно зарегистрированы прямой и отраженный черенковский свет ШАЛ.
3. Рассматривается возможность адаптации конструкции будущего детектора СФЕРА-3 для опции регистрации прямого черенковского света ШАЛ.
4. Начато моделирование прямого и отраженного ЧС для поиска оптимальных параметров установки СФЕРА-3 для целей определения массового состава ПКЛ.
5. Результаты эксперимента СФЕРА-2 опубликованы в следующих работах:
   a. Моделирование: Astroparticle Physics, **2019**, 108, 24-39; 10.1016/j.astropartphys.2019.01.002
   b. Описание установки: *Astroparticle Physics* **2020***, 102460*;10.1016/j.astropartphys.2020.102460
   c. Условия наблюдения ШАЛ: *Universe* **2022**, *8*(1), 46; DOI 10.3390/universe8010046
   d. Спектр, состав: *ЭЧАЯ*, **2015**, 46, 1, 115-166

Спасибо за внимание!

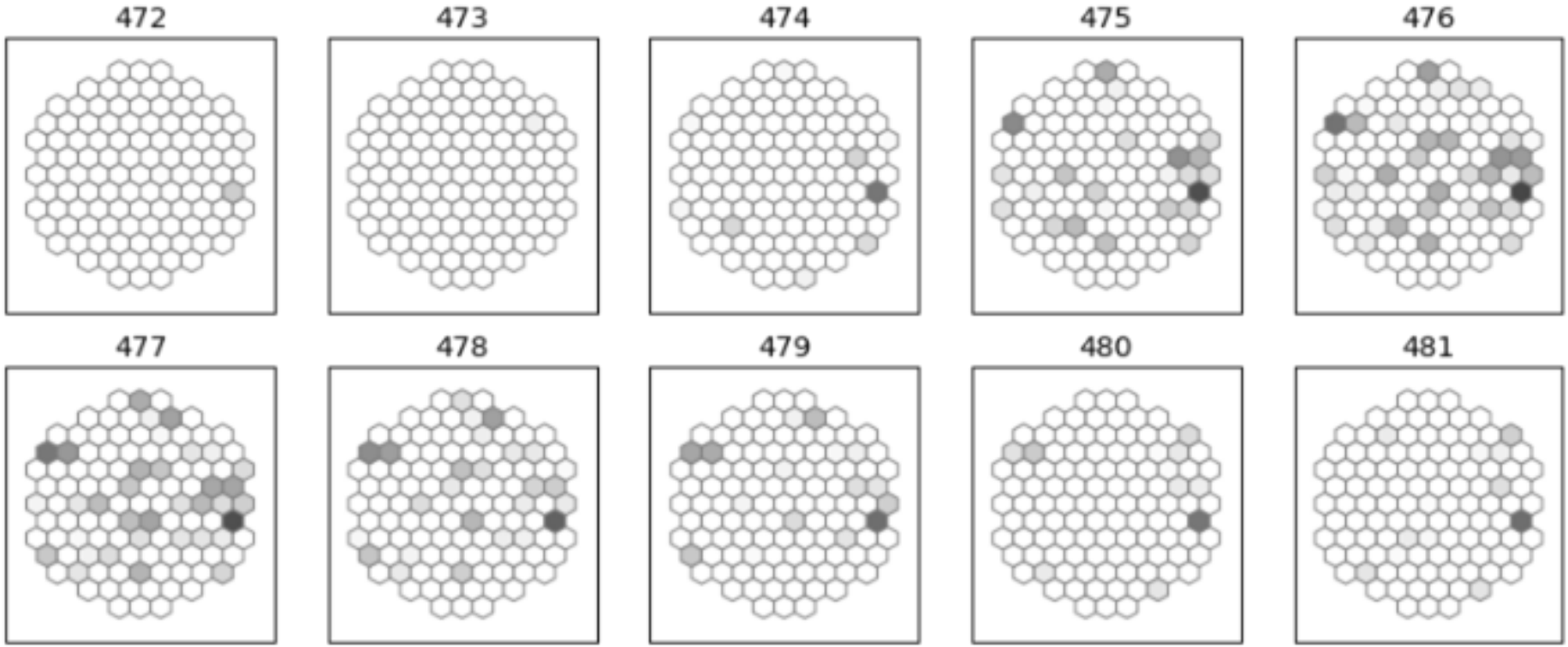
Наши постеры:

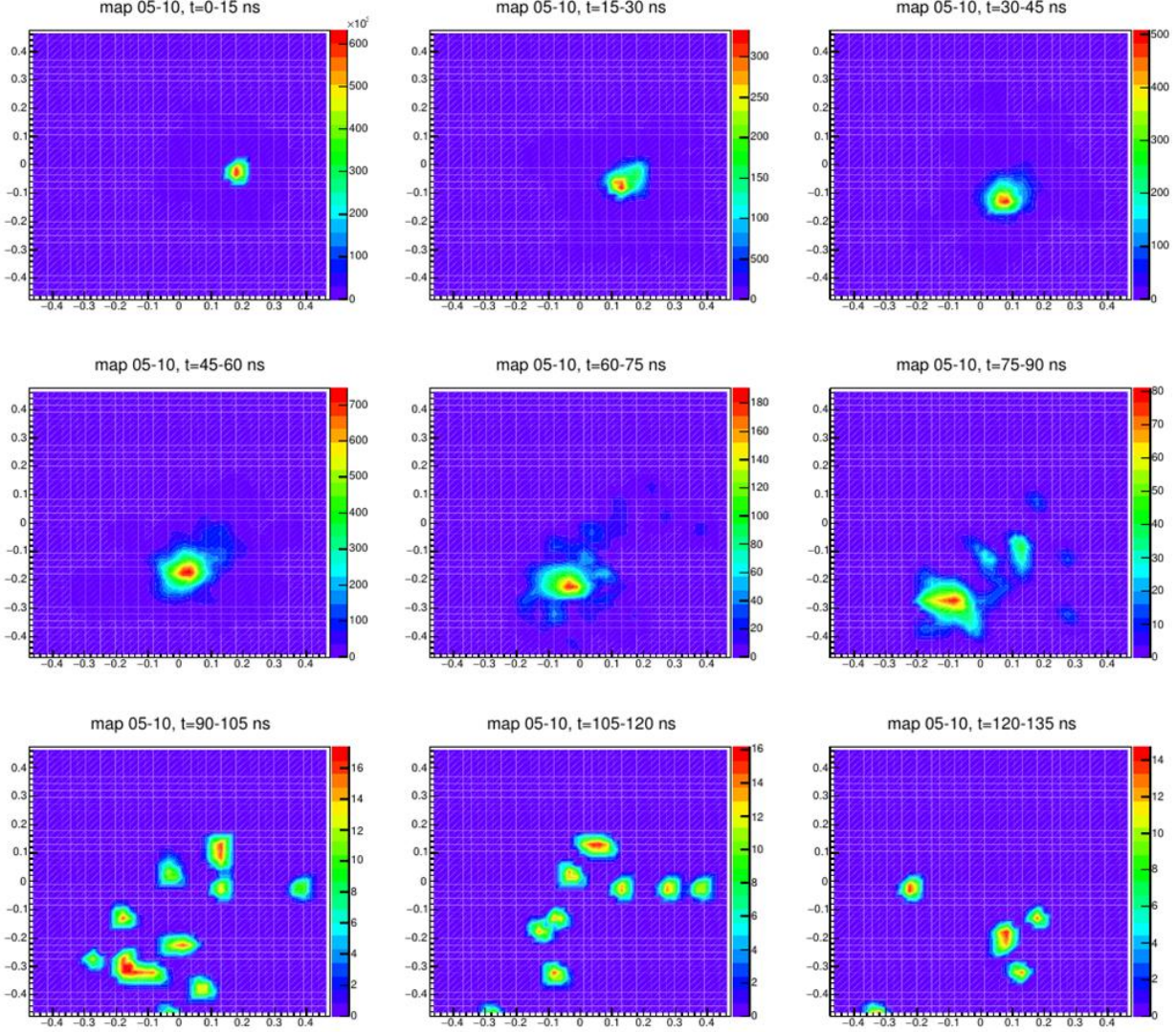
(ID 100) Статус проекта создания установки СФЕРА-3 для изучения состава ПКЛ в области 1-1000 ПэВ

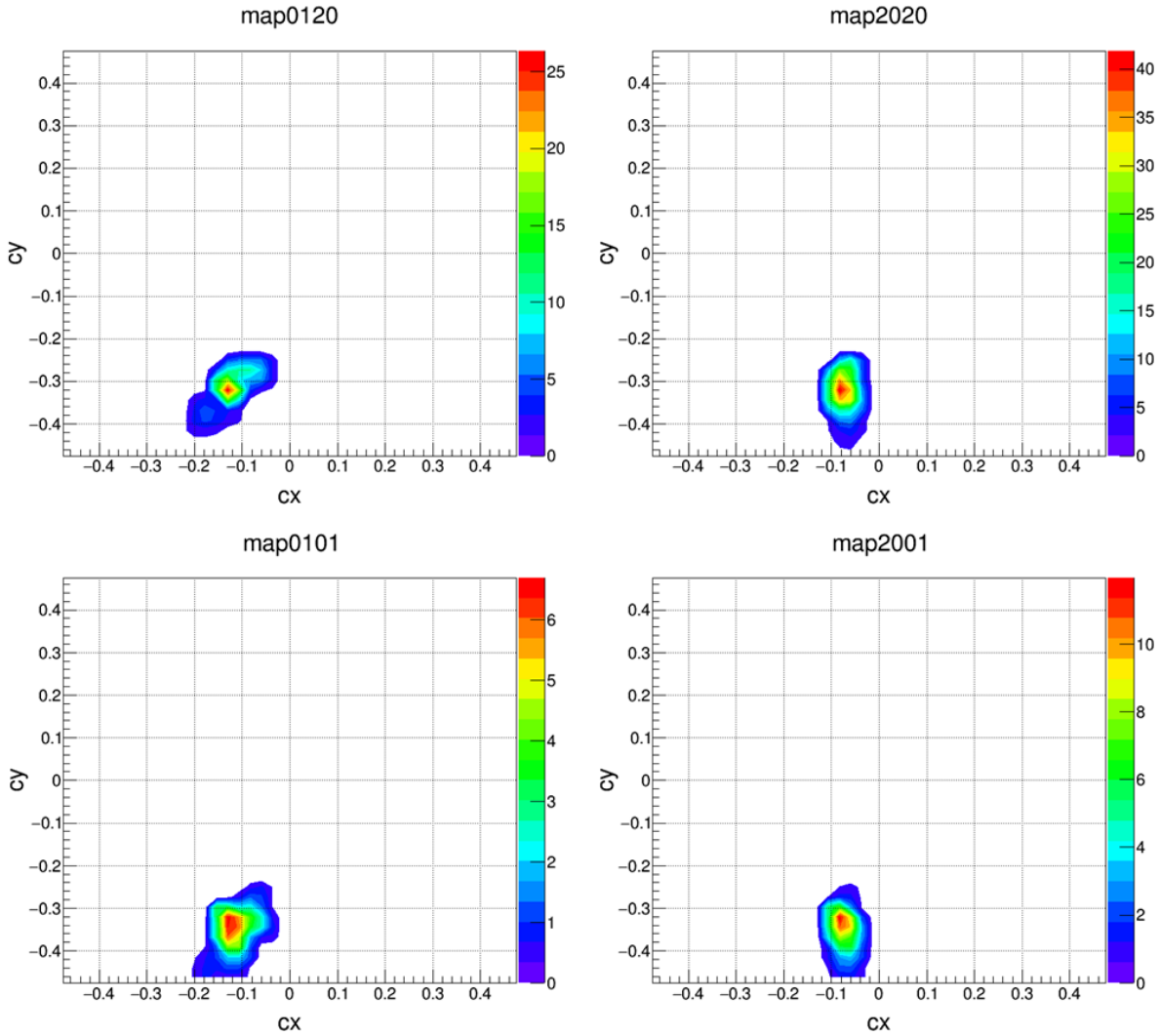
(ID 127) Аппроксимация функции пространственного распределения черенковского света широких атмосферных ливней в диапазоне первичных энергий 1-100 ПэВ

e-mail: bonvech@yandex.ru

Область триггера




map 05-10, t=0-15 ns
map 05-10, t=15-30 ns
map 05-10, t=30-45 ns
map 05-10, t=45-60 ns
map 05-10, t=60-75 ns
map 05-10, t=75-90 ns
map 05-10, t=90-105 ns
map 05-10, t=105-120 ns
map 05-10, t=120-135 ns


map0120
map2020
map0101
map2001
cx
cy