



# Эксперимент «УФ атмосфера» (Mini-EUSO) – широкоугольный линзовый телескоп на борту МКС



Павел Климов  
НИИЯФ МГУ

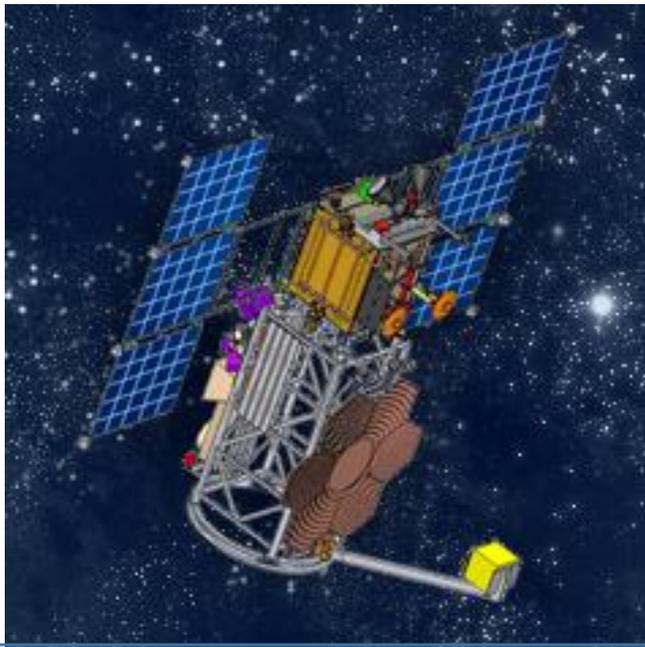
От имени коллаборации JEM-EUSO

36

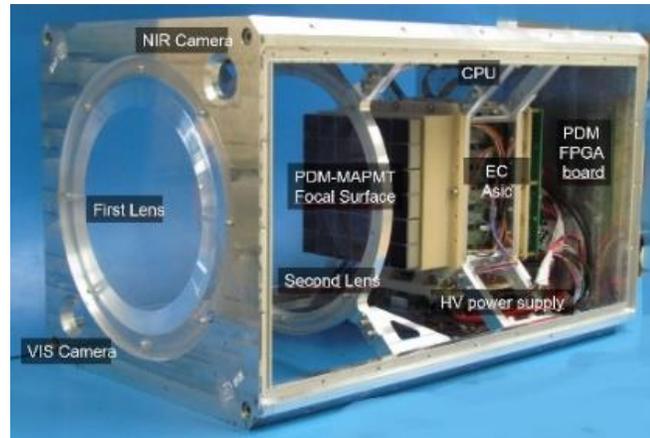
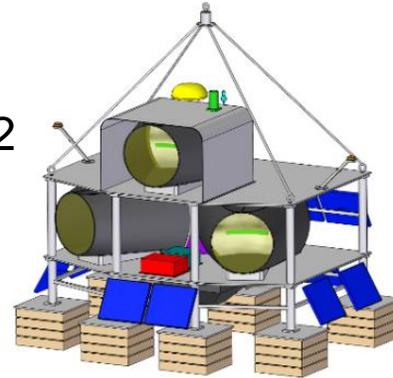
ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
ПО КОСМИЧЕСКИМ ЛУЧАМ

# Программа реализации орбитального детектора КЛ ПВЭ

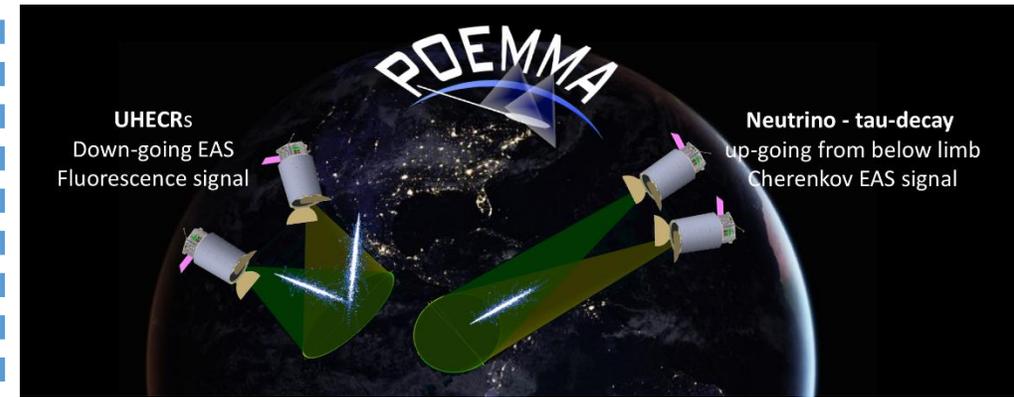
TUS  
(2016)



EUSO-SPB-2  
2021



УФ атмосфера/  
Mini-EUSO(2019)



«КЛПВЭ»/K-EUSO



# JEM-EUSO Program



- EUSO-TA 2013
- EUSO-BALLOON 2014
- EUSO-SPB-01 2017
- MINI-EUSO/UV 2019
- New EUSO-TA 2020
- EUSO-SPB-02 2022
- K-EUSO 2023
- POEMMA

JUNE 15-19 2020 **The 27th JEM-EUSO**  
International Collaboration Meeting

PROJECTS directed to UHECR/TLE study:

POEMMA

TUS (2016) 500 km

K-EUSO (2023) 400 km

Mini-EUSO (2019) 400 km

EUSO-BALLOON (2014) 30-40 km

EUSO-SPB2 (2022) 30-40 km

EUSO-SPB (2017) 30-40 km

EUSO-TA (2013) 115 km

UHECR

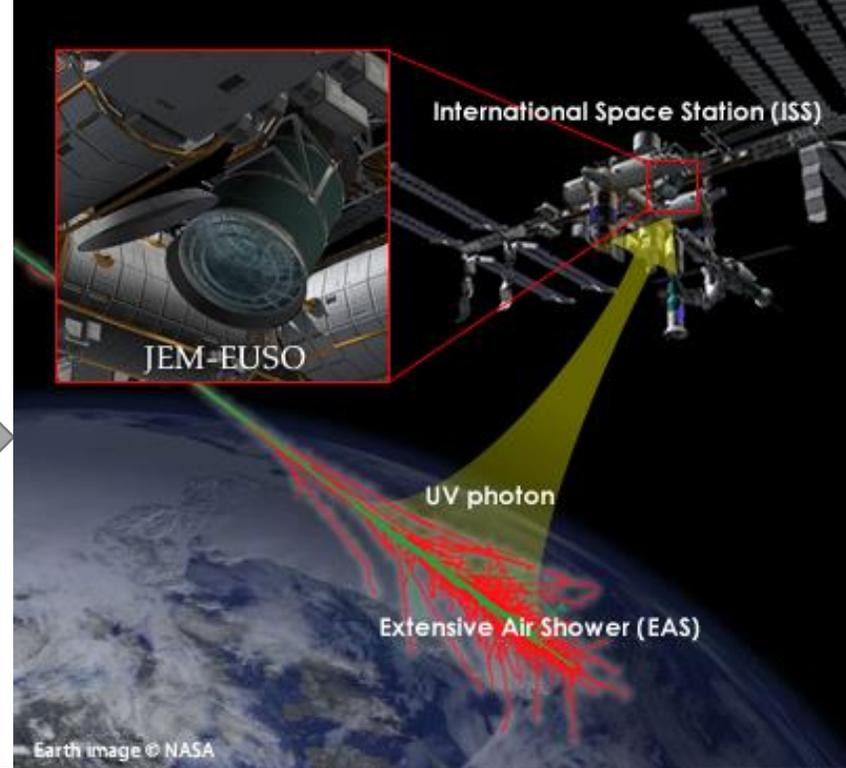
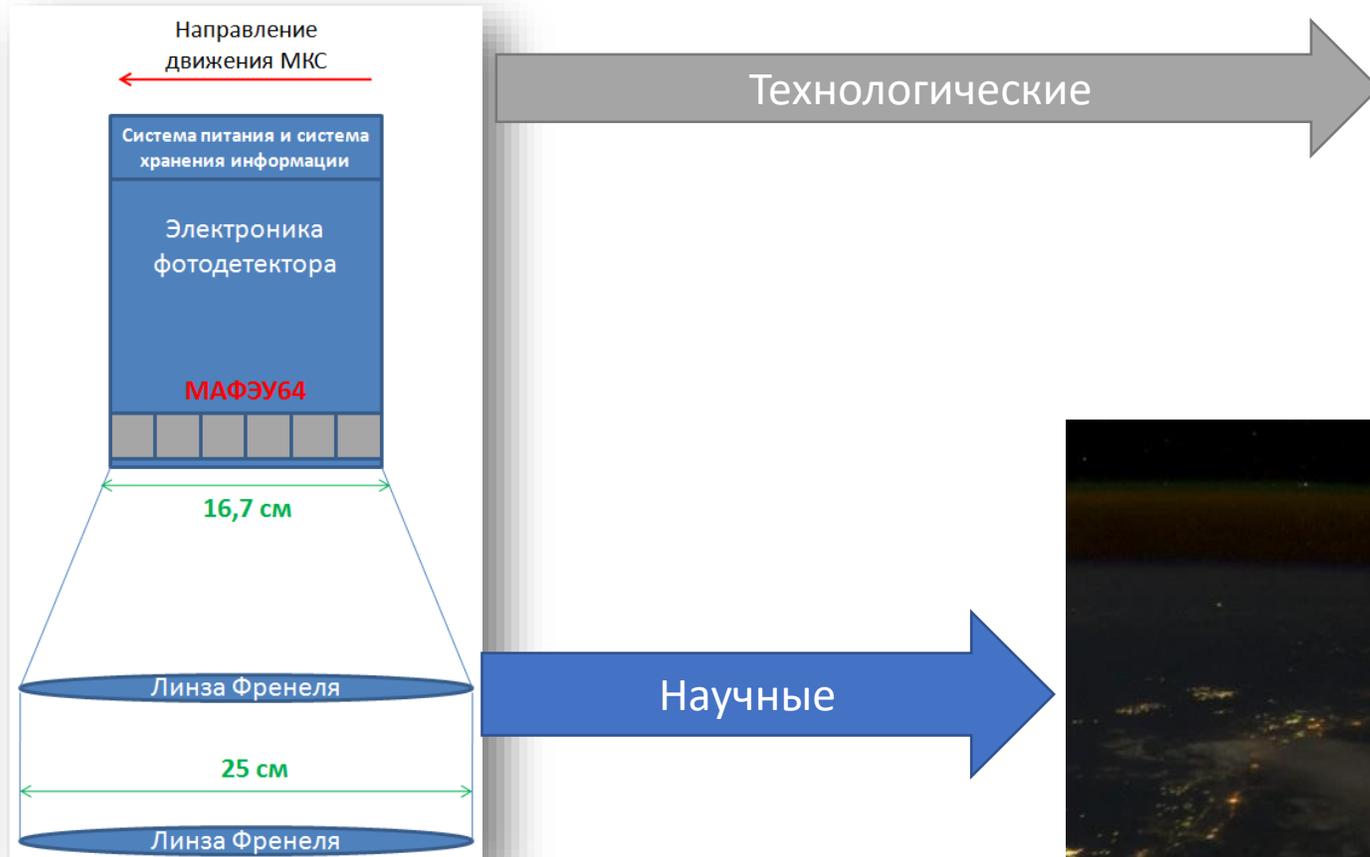
Fluorescence

Cherenkov

20°

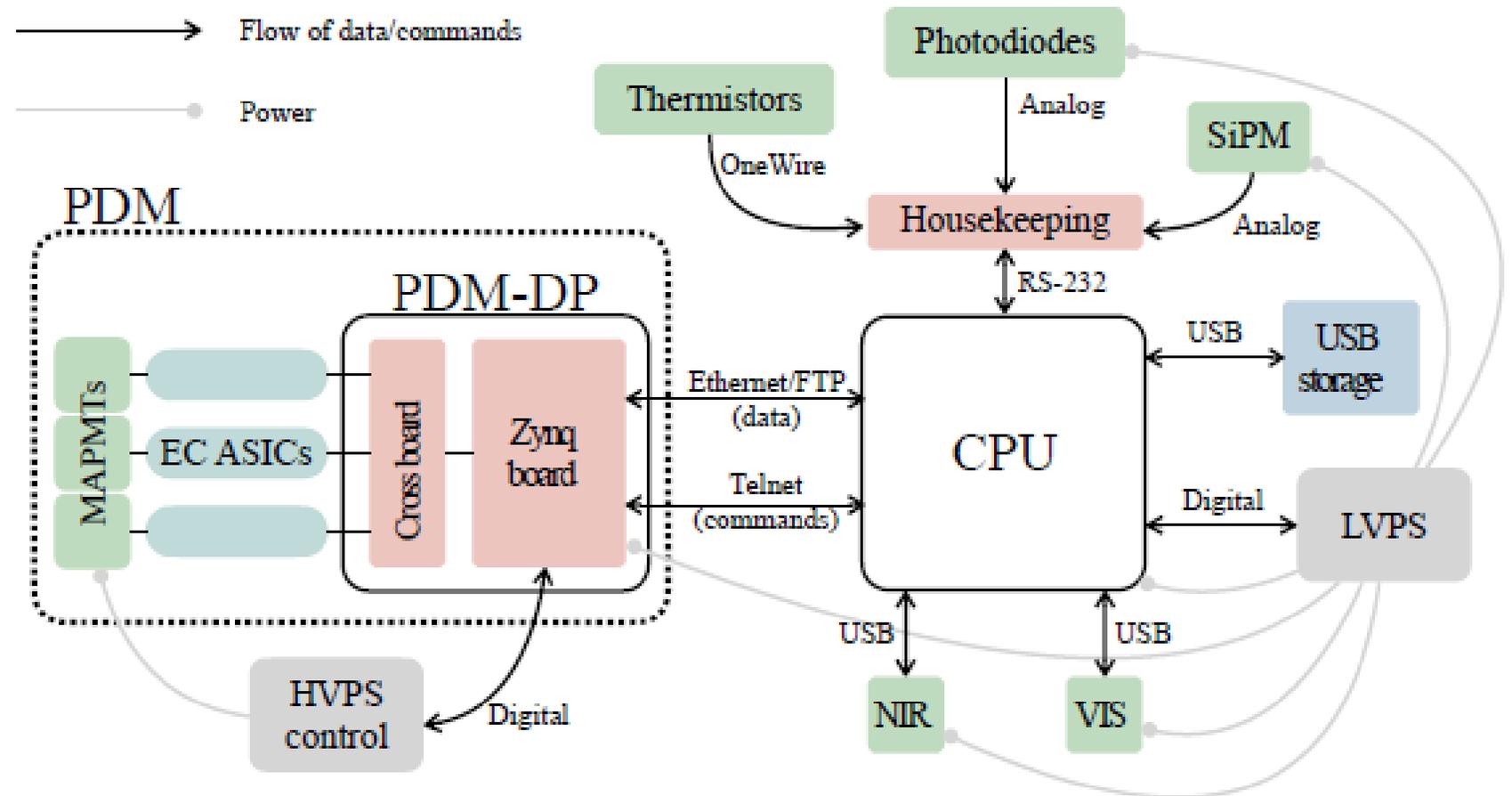
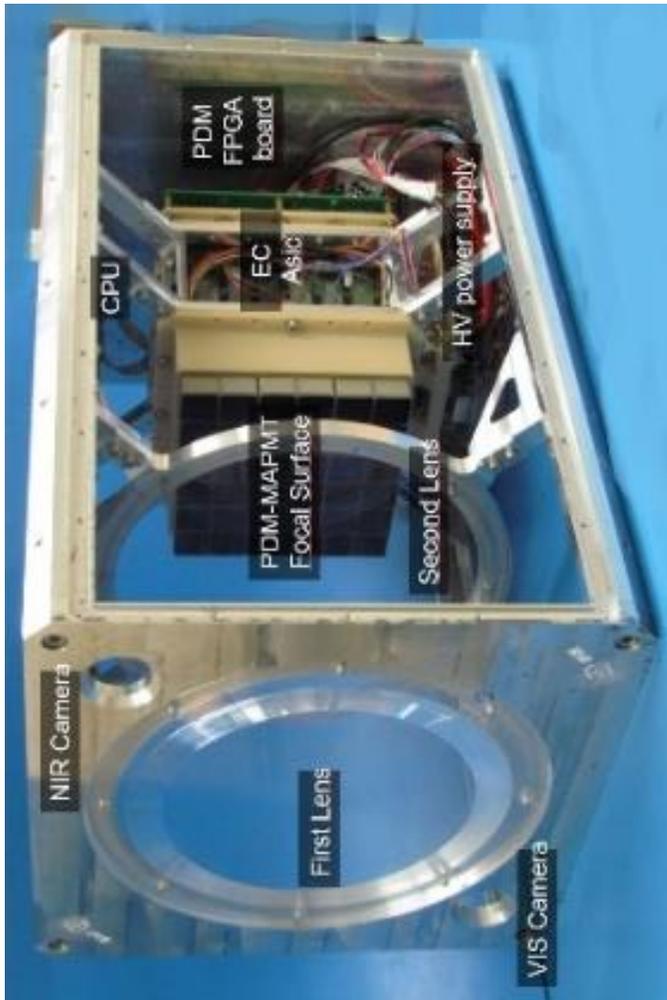
The meeting will take place at Skobel'syn Institute of Nuclear Physics of Lomonosov Moscow State University

# Цели эксперимента



# Основные технические параметры НА

НА «УФ атмосфера» – широкоугольный линзовый телескоп



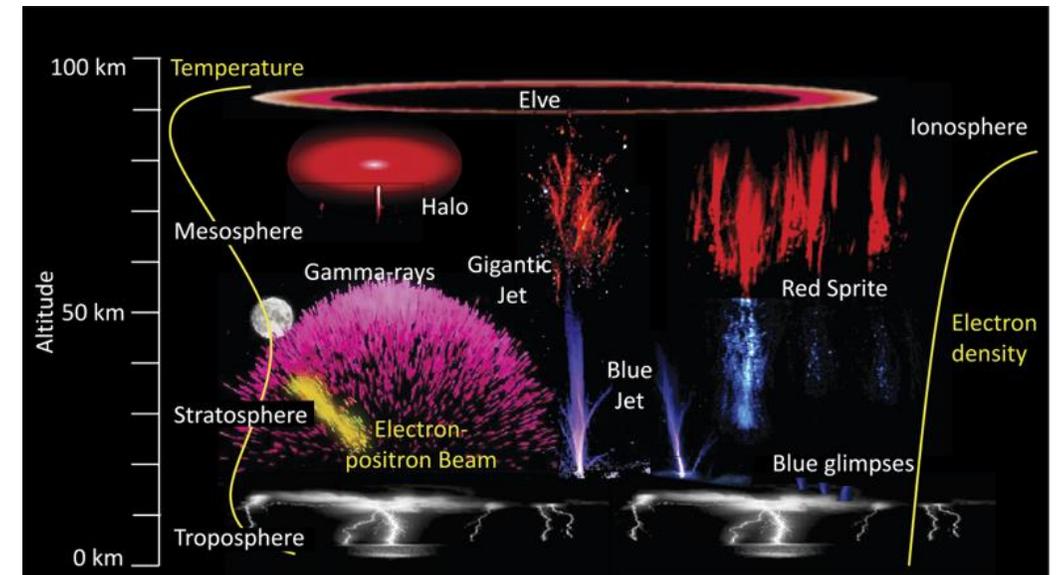
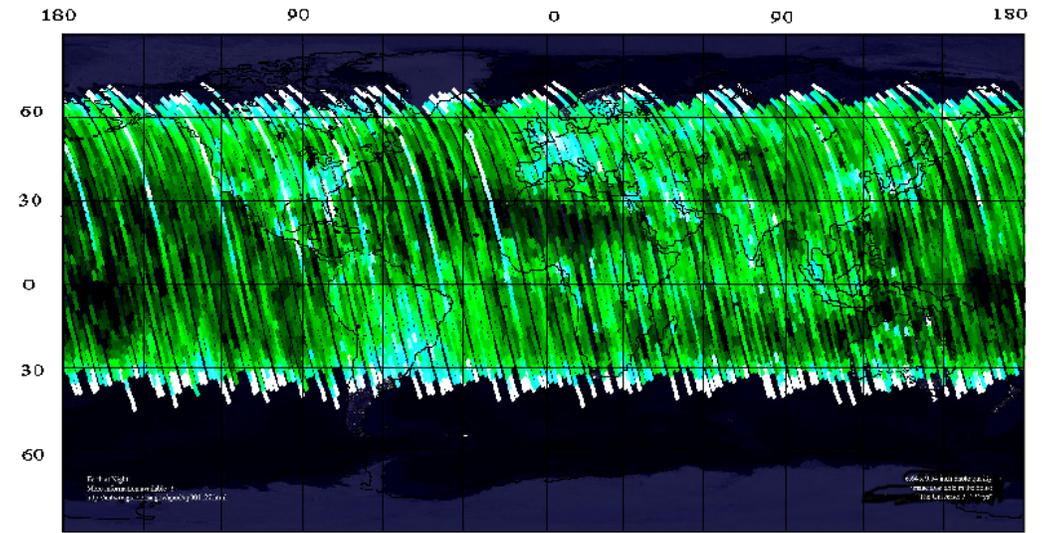
# Уникальность аппаратуры

Сочетание в одном приборе высокой чувствительности, высокого временного разрешения и широкого поля зрения.

- НА «УФ атмосфера» обладает очень широким полем зрения (около 40 градусов) с пространственным разрешением (5 км).
- НА «УФ атмосфера» имеет высокое временное разрешение: 2,5 мкс.
- НА «УФ атмосфера» имеет высокую чувствительность, которая определяется площадью входного окна детектора. Она на три порядка больше, чем у детекторов УФ излучения на спутниках МГУ («Татьяна», «Вернов»).
- В НА «УФ атмосфера» реализована многоуровневая система отбора событий, которая позволяет производить регистрацию в разных временных шкалах: с разрешением 2,5 мкс, 320 мкс и 40 мс. Причем, измерения с разрешением 40 мс происходят непрерывно в мониторинговом режиме вдоль всей траектории движения МКС на ночной стороне орбиты.

# Цели и задачи эксперимента УФ излучение ночной атмосферы Земли

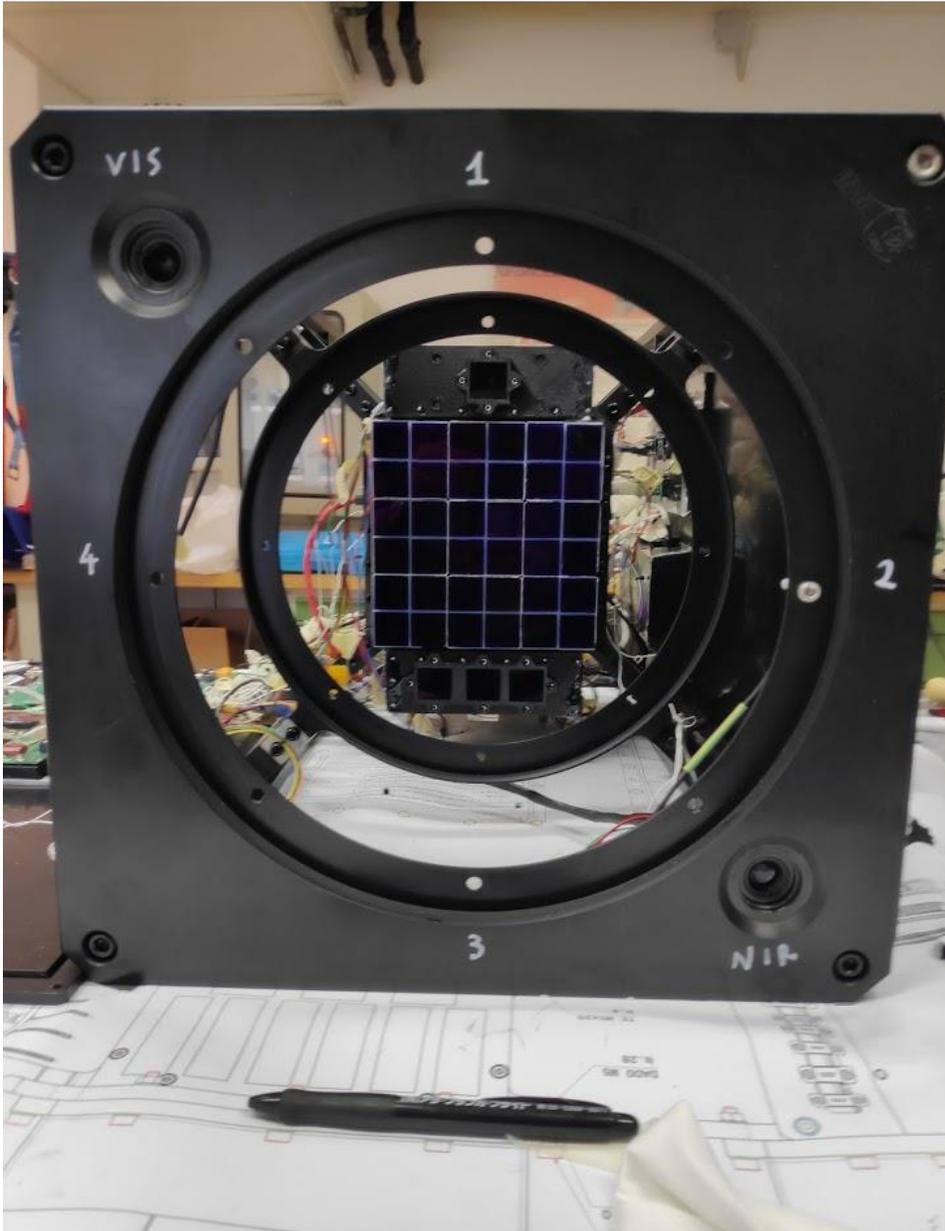
- ✓ мониторинг и картография УФ свечения атмосферы;
- ✓ измерения энергичных транзиентных атмосферных процессов грозового происхождения: «спрайтов», «джетов», «эльфов» и пр.;
- ✓ анализ антропогенного влияния на верхние слои атмосферы;
- ✓ регистрация гравитационных волн от цунами и биолюминесценции океанов;
- ✓ исследование воздействия космических энергичных излучений на атмосферу Земли;
- ✓ исследование гипотетических частиц странной кварковой материи – «нуклеаритов».



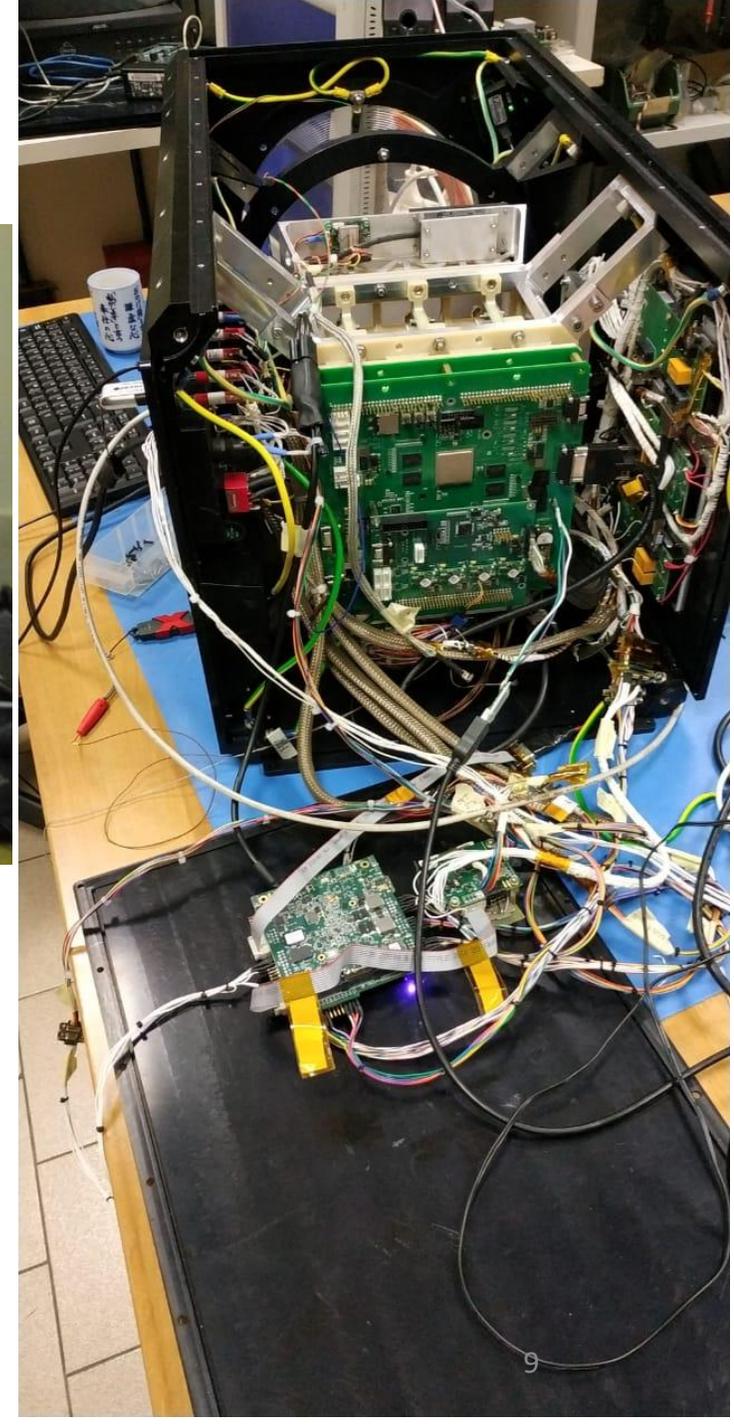
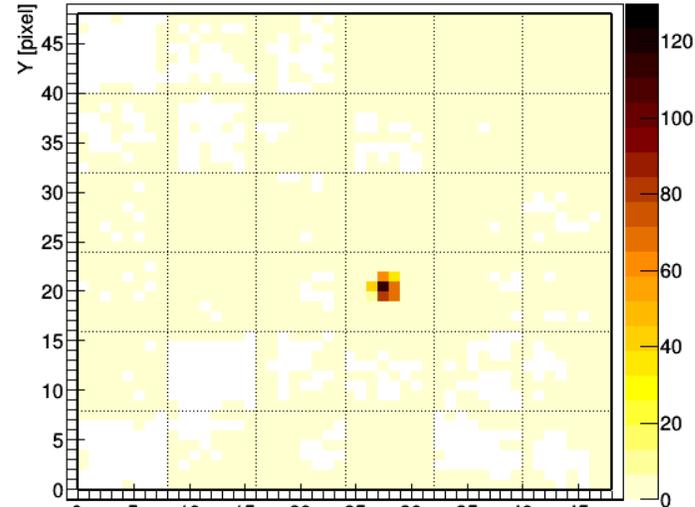
# Стадии развития проекта

1. Идея эксперимента и заявка в Роскосмос – 2014 г.
2. Включение проекта в долгосрочную программу НПИ на РС МКС – 2015 г.
3. Защита эскизного проекта – 2017 г.
4. Соглашение между ГК Роскосмос и Итальянским космическим агентством о совместной реализации. Изготовление опытного образца – 2018 г.
5. Изготовление и испытания летного образца – 2018-2019
6. Предполетные тесты и запуск – август 2019 г.

# Лабораторные испытания (2018)



GTU: 2500, pkt: 19, GTU in pkt: 68,  
UTC time: 2019-08-13 19:11:38.4001837

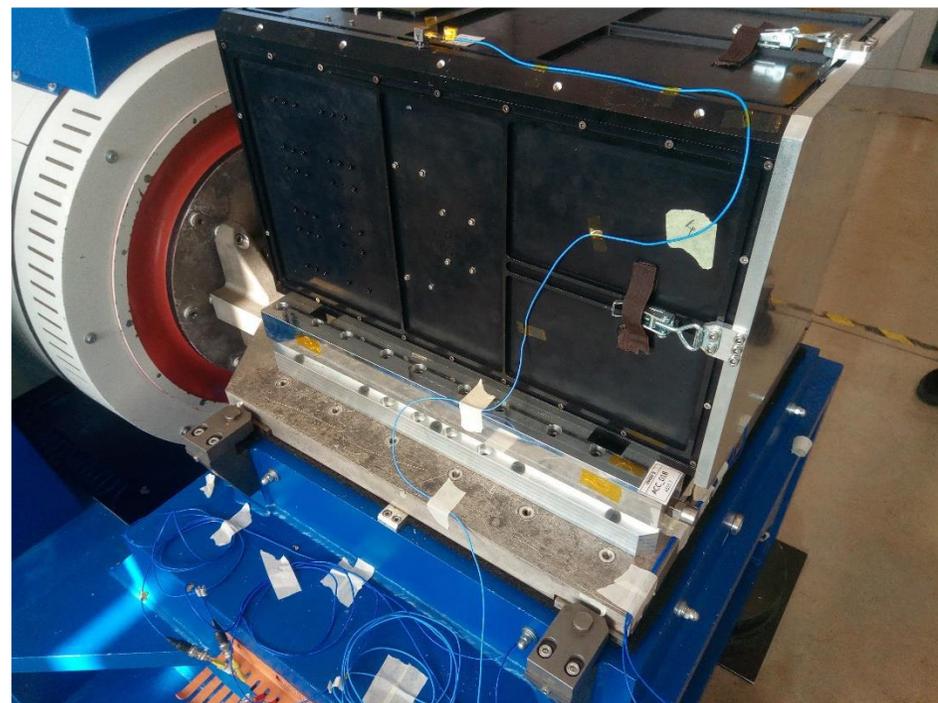




Испытания на электромагнитную совместимость, Kayser, Италия



Приемо-сдаточные  
испытания (Университет  
Тор Вергата, Рим)



Виброиспытания,  
Kayser, Италия

# На Байконуре



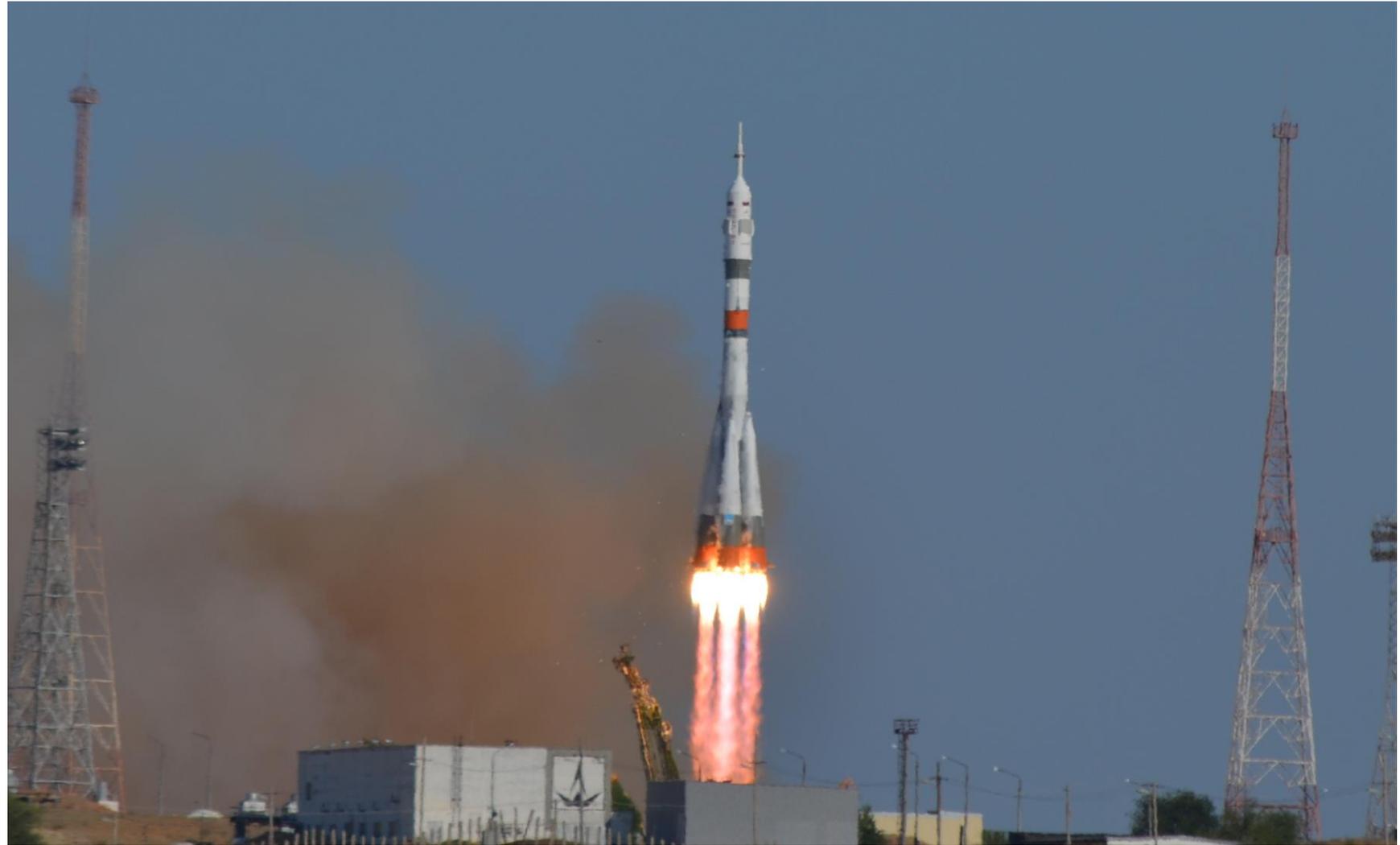
Космический эксперимент "УФ атмосфера"

# Укладки Flash-карт

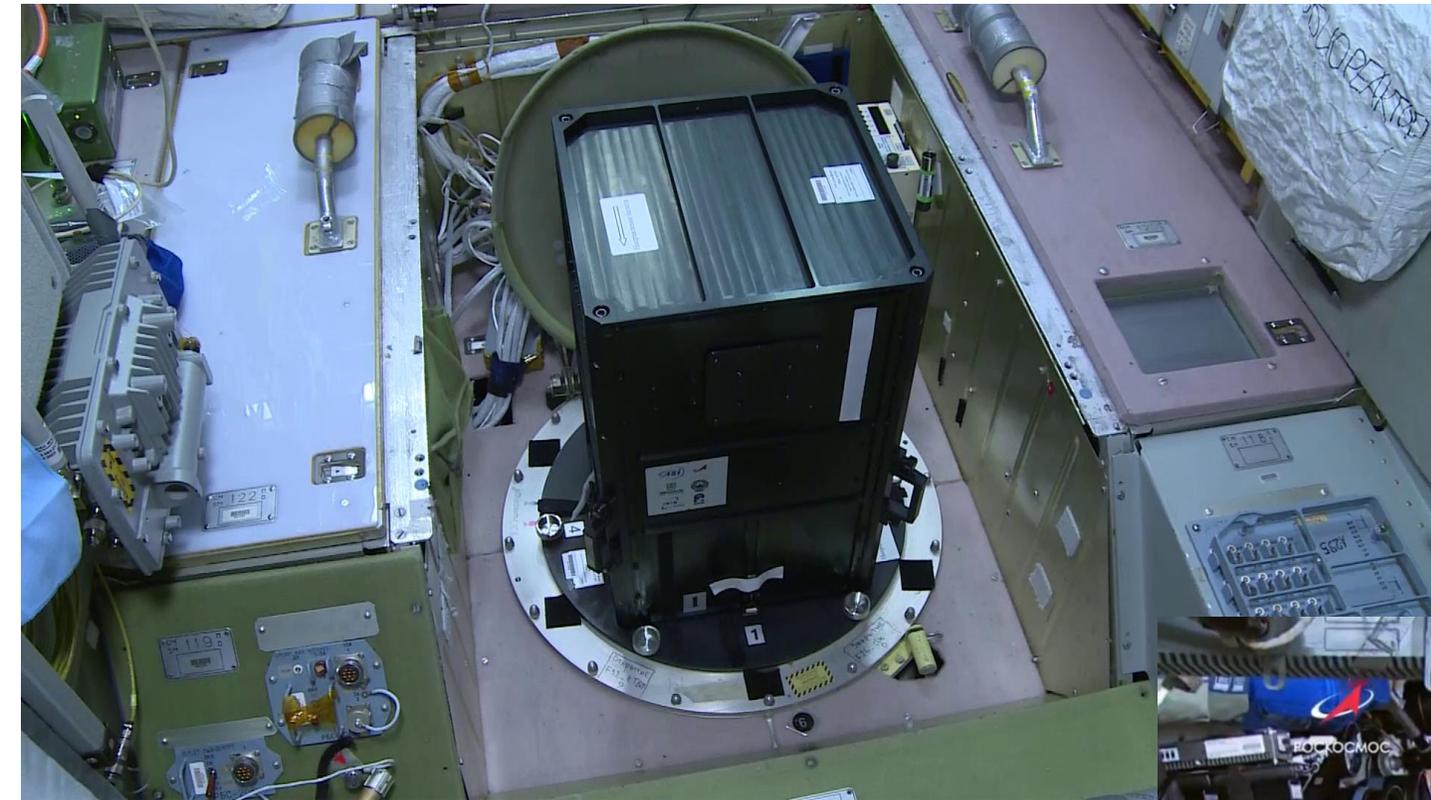


Успешно запущен 22.08.2019, доставлен на  
борт МКС 27.08.2019

**Проведено 26  
сеансов КЭ**



# УФ атмосфера (Mini-EUSO) на борту



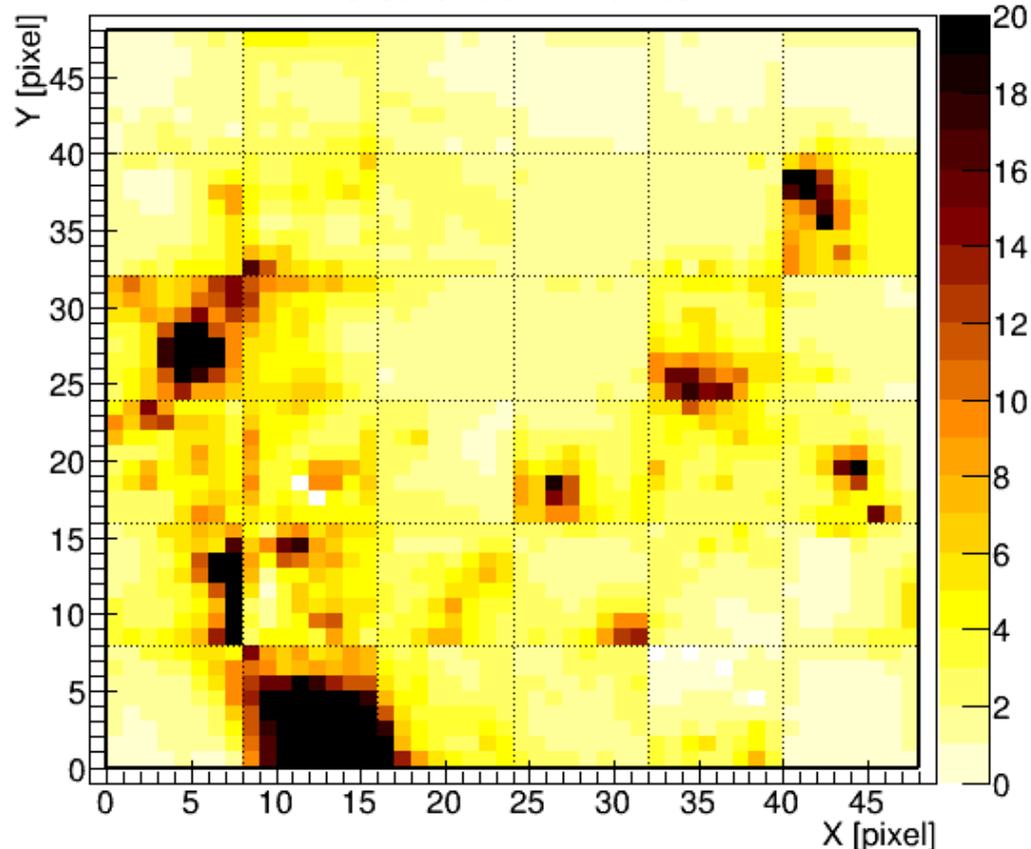
Космонавт Роскосмоса О.И. Скрипочка в ходе проведения подготовки к первому сеансу КЭ «УФ атмосфера» (съёмка ПАО «РКК «Энергия»).

# Мониторинг УФ свечения

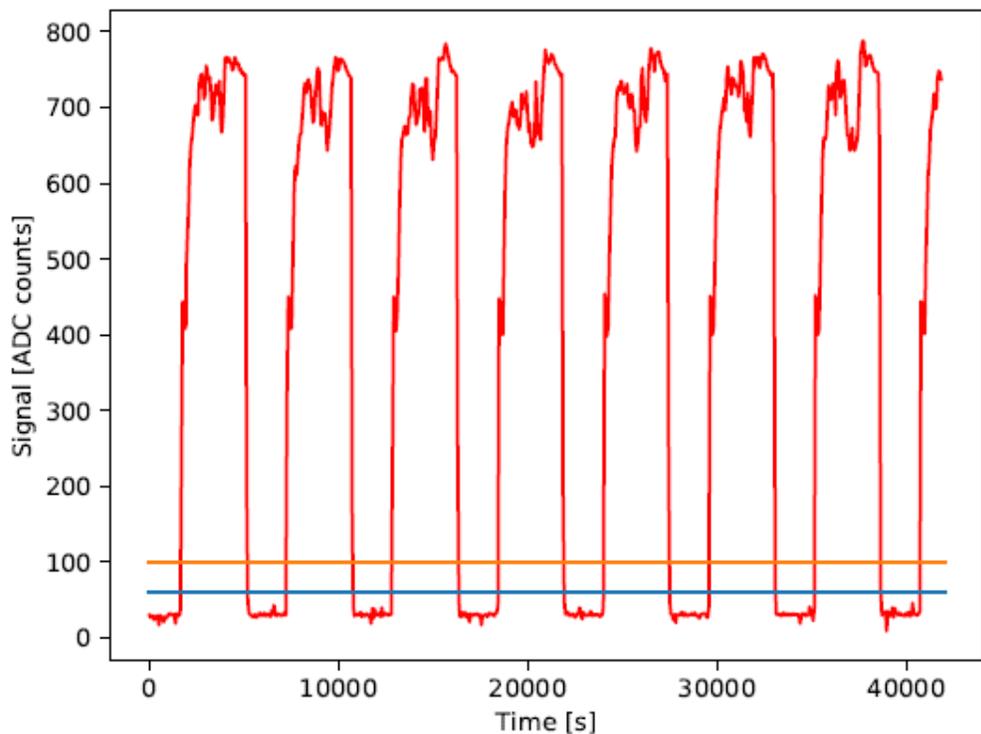
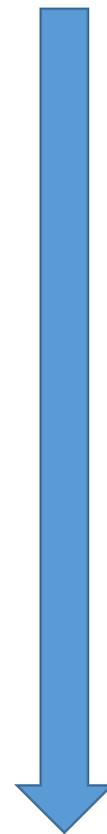
Измерения основного телескопа

GTU: 27800, pkt: 217, GTU in pkt: 24,

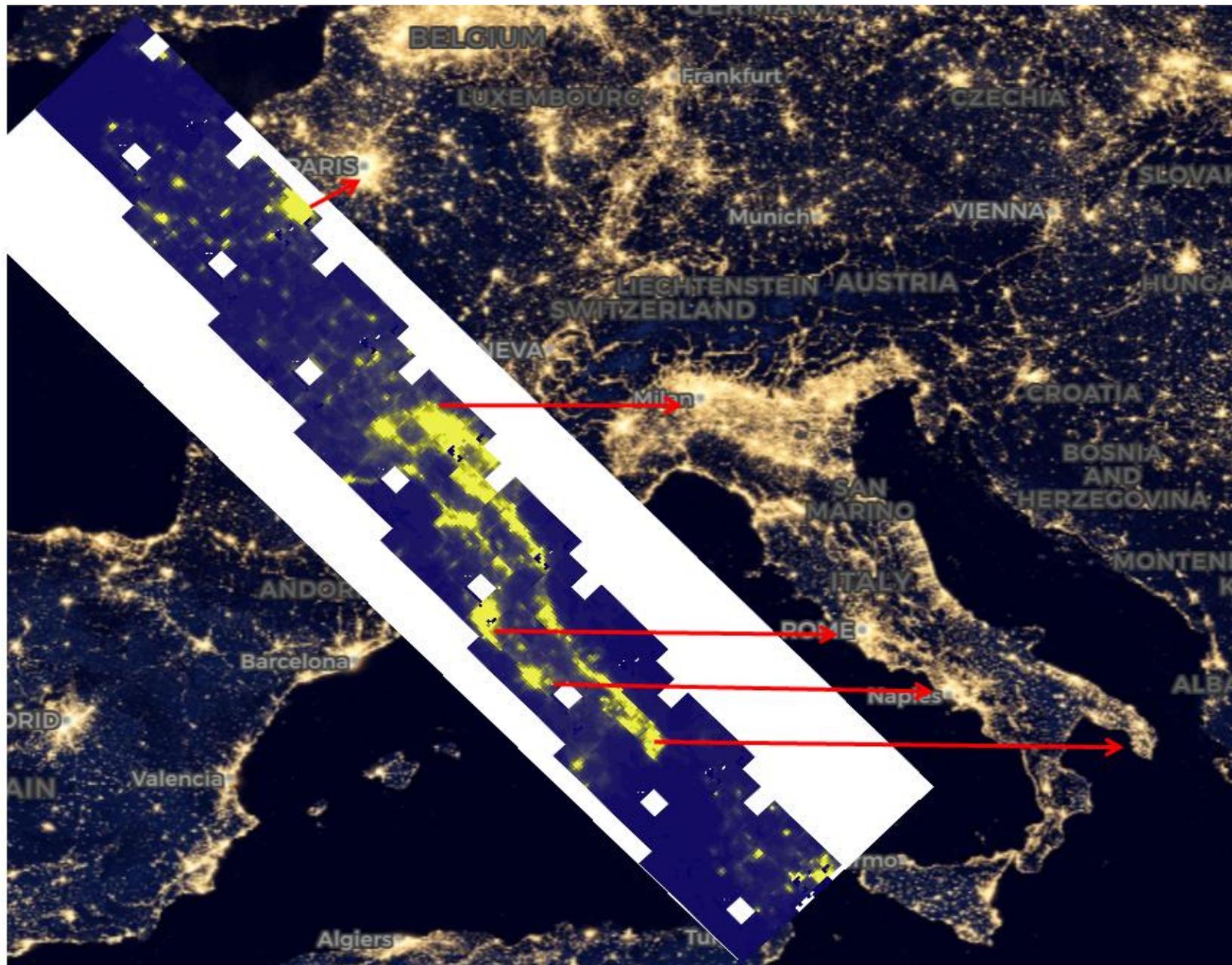
UTC time: 2019-11-27 18:47:06



$V_{MKC}$



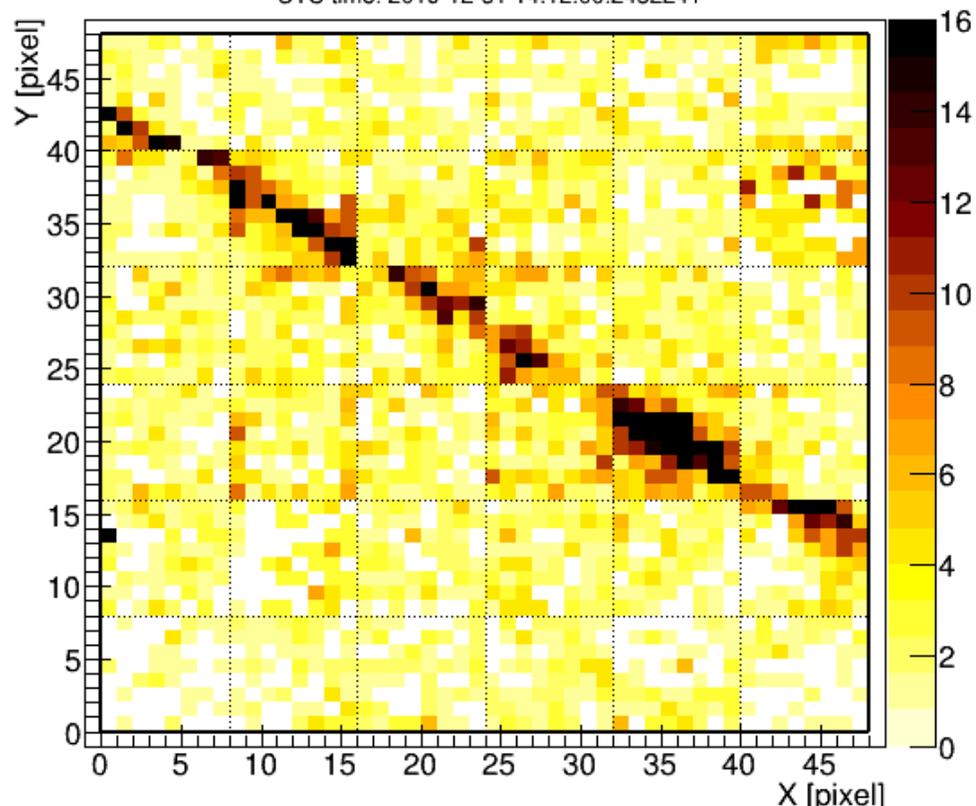
Данные датчика День/Ночь



Космический эксперимент "УФ атмосфера"

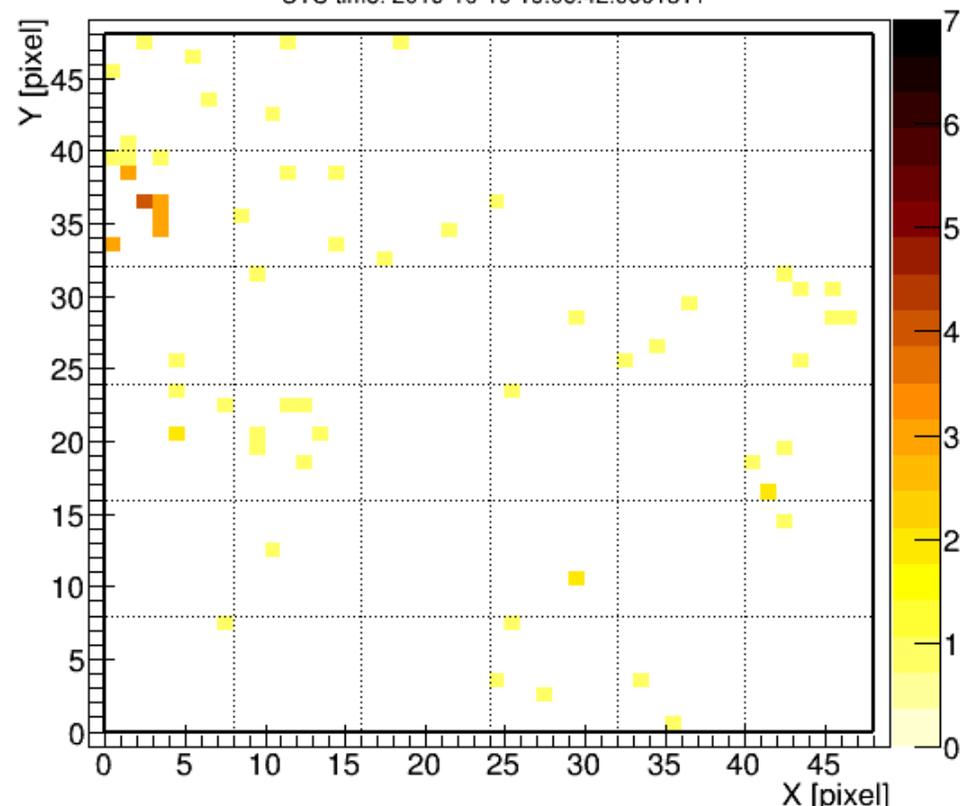
# Частицы попадающие непосредственно в прибор

GTU: 215615, pkt: 1684, GTU in pkt: 63,  
UTC time: 2019-12-31 14:12:00.2432241



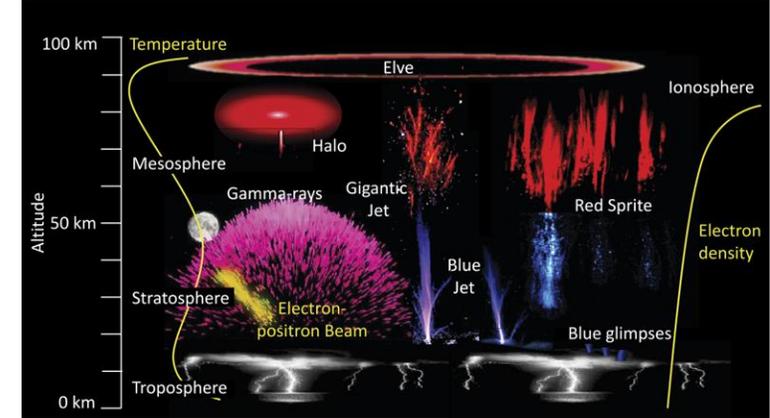
CPU\_RUN\_MAIN\_2019\_12\_31\_05\_17\_36\_950Cathode3FullPDMonlyself.root

GTU: 12855, pkt: 100, GTU in pkt: 55,  
UTC time: 2019-10-19 19:06:42.0001311

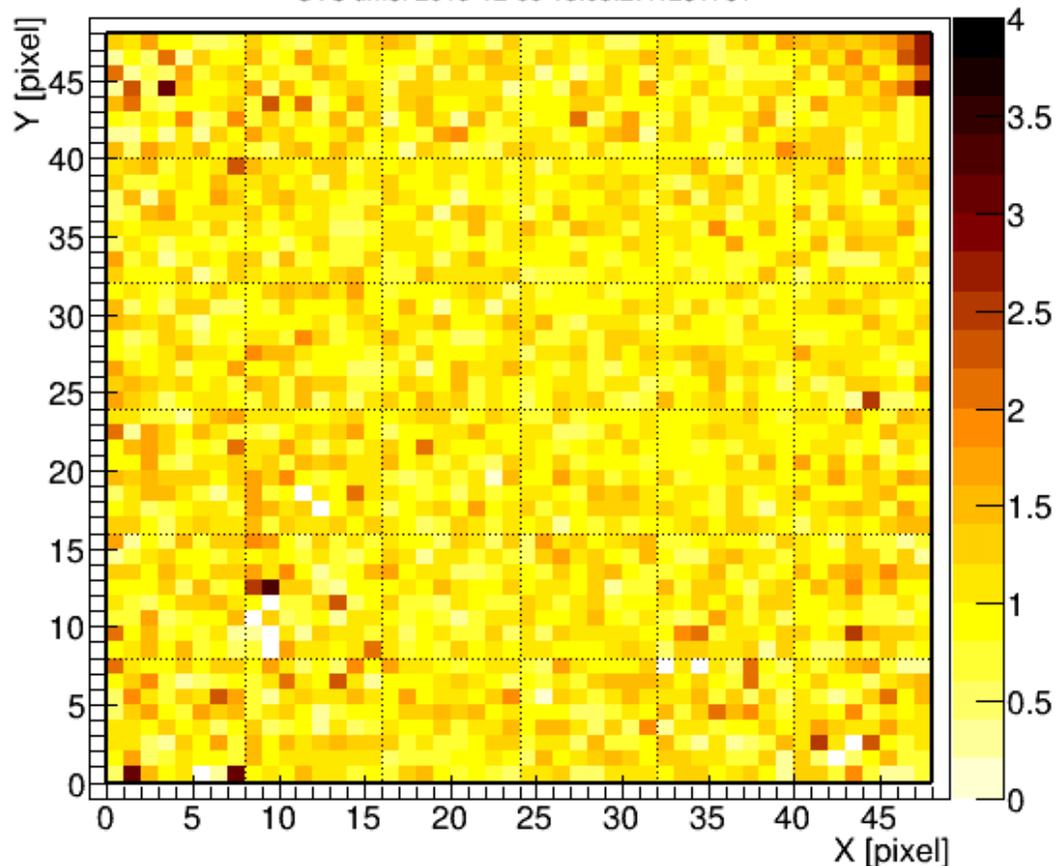


CPU\_RUN\_MAIN\_2019\_10\_19\_19\_06\_51\_1000Cathode2FullPDMonlyself.root

# Транзиентные атмосферные явления ELVE

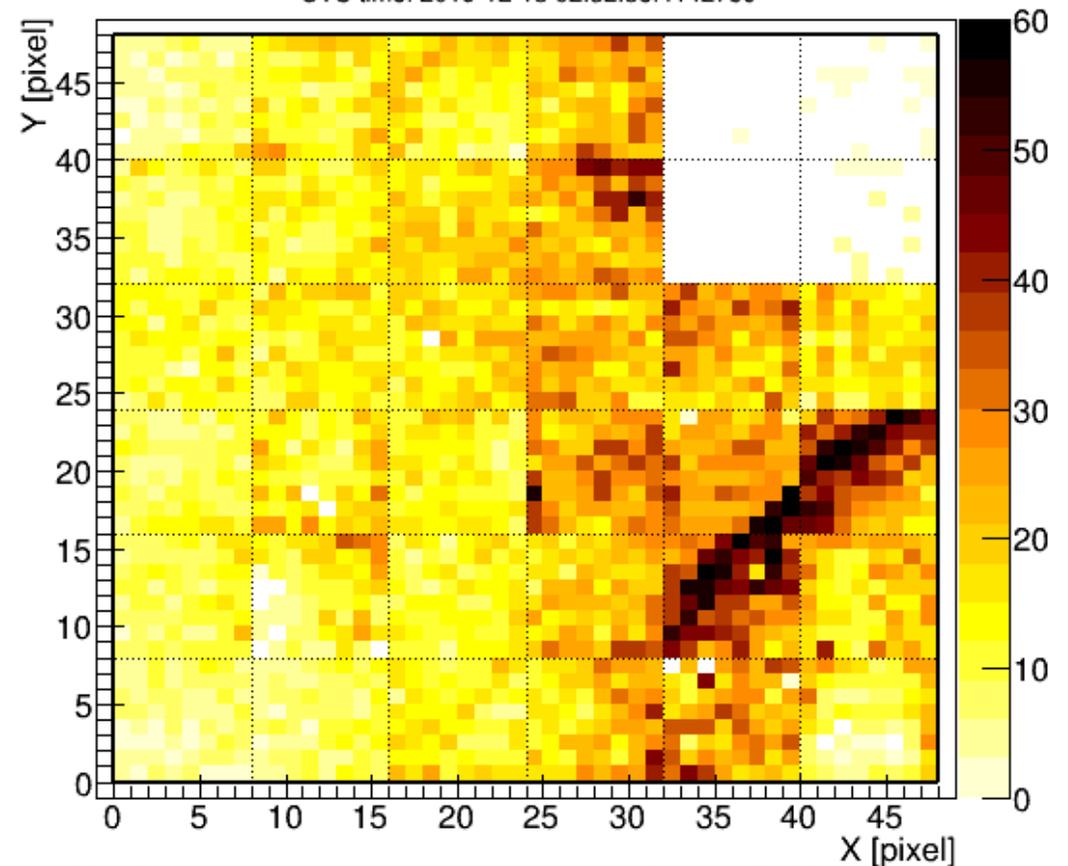


GTU: 57400, pkt: 448, GTU in pkt: 56,  
UTC time: 2019-12-09 15:03:27.1281781



CPU\_RUN\_MAIN\_2019\_12\_05\_18\_41\_09\_950Cathode3FullPDMonlyself.root

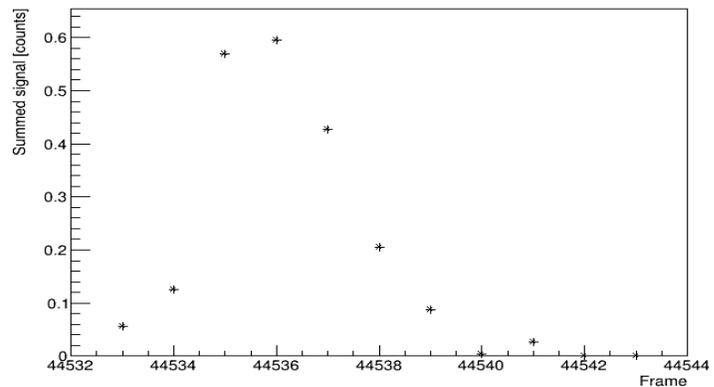
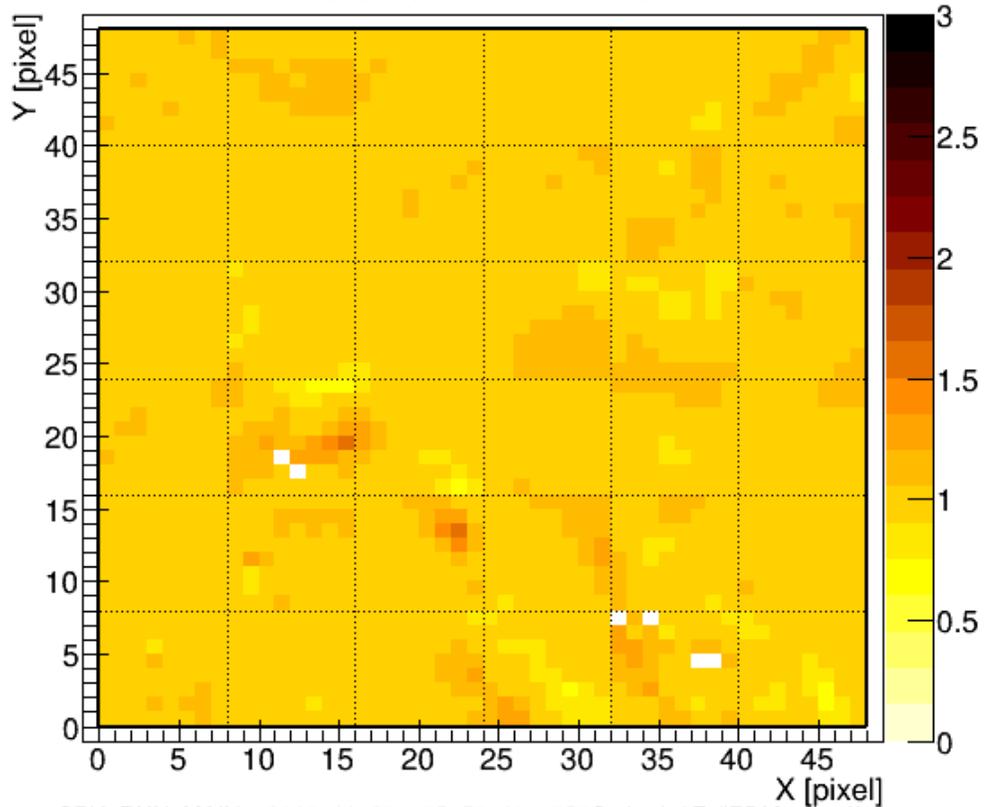
GTU: 88832, pkt: 694, GTU in pkt: 0,  
UTC time: 2019-12-13 02:32:38.4142759



CPU\_RUN\_MAIN\_2019\_12\_05\_18\_49\_30\_950Cathode3FullPDMonlyself.root

GTU: 650, pkt: 5, GTU in pkt: 10,

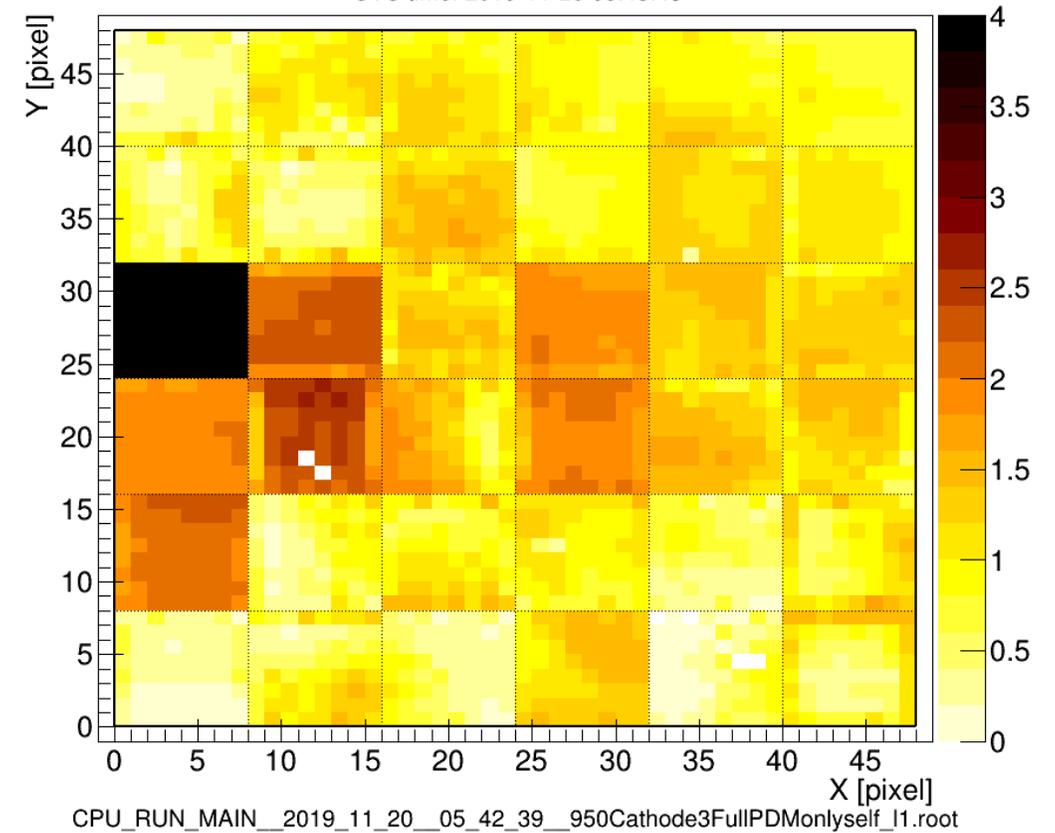
UTC time: 2019-11-20 05:50:56



# Метеоры

GTU: 13781, pkt: 107, GTU in pkt: 85,

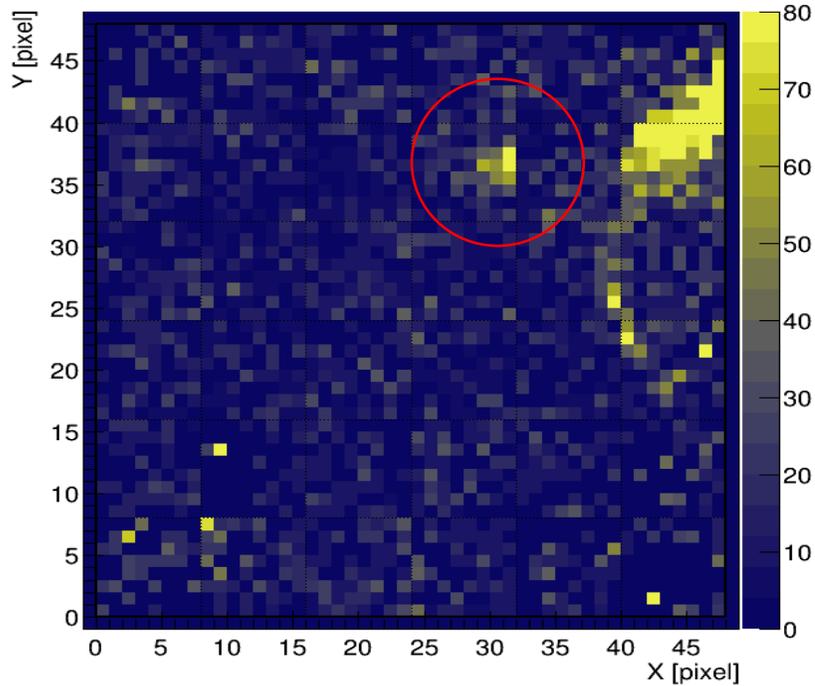
UTC time: 2019-11-20 05:43:45



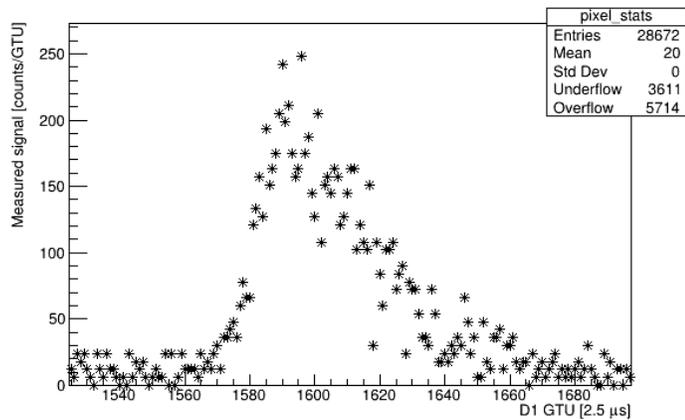
За время работы детектора зарегистрировано более 1000 метеоров

GTU: 1595 (187), pkt: 12, GTU in pkt: 59,

UTC time: 2020-03-31 18:32:30.0607681

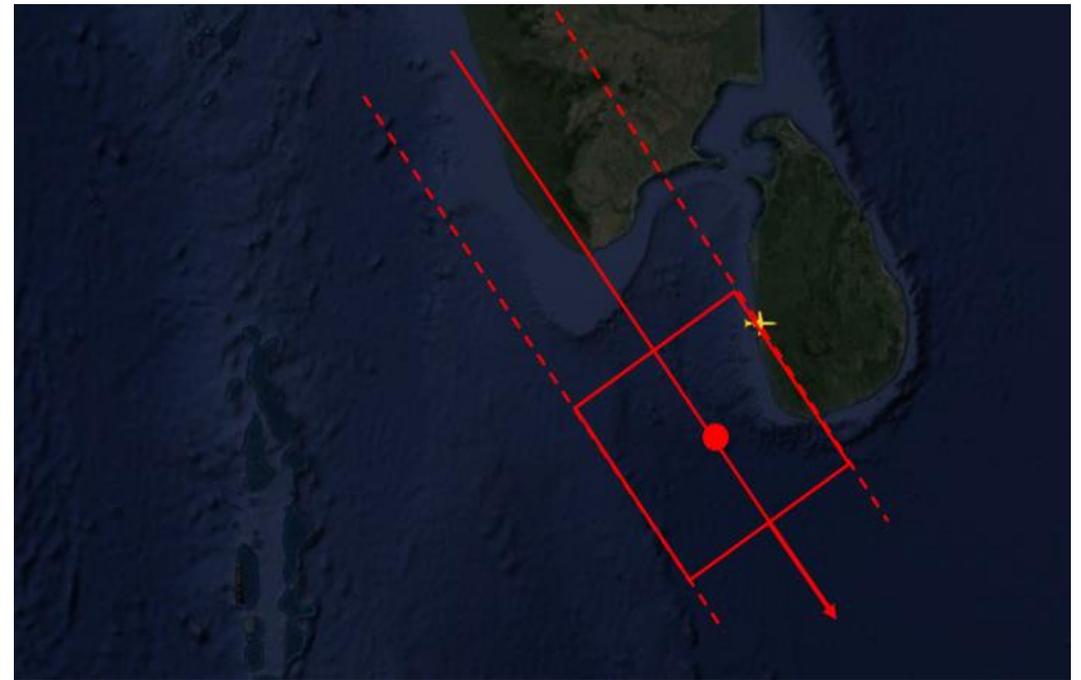


CPU\_RUN\_MAIN\_2020\_03\_31\_18\_38\_38\_950Cathode3FullPDMonlyself\_11.root



# Необычная внегрозовая вспышка

<https://www.flightradar24.com/>



- ✓ Космический эксперимент «УФ атмосфера» успешно работает на борту МКС в течение года, проведено 26 сеансов.
- ✓ Проведены измерения грозových транзиентных явлений, метеоров, антропогенного свечения. Проведен предварительный анализ 10 % данных.
- ✓ Аппаратура обеспечивает летные испытания элементов и систем детектора космических лучей предельно высоких энергий «КЛПВЭ» (K-EUSO).



Спасибо за внимание!

Космический эксперимент "УФ атмосфера"



岩澤 駿  
SKUN IWASAWA