

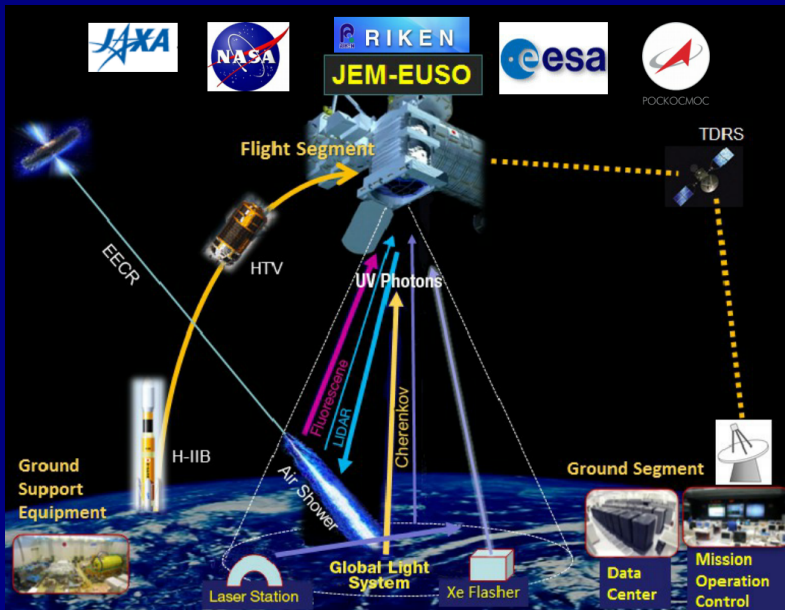
# Орбитальные детекторы для исследования космических лучей экстремально высоких энергий

М. Ю. Зотов (от имени Б. А. Хренова)



ВККЛ 2014, Дубна

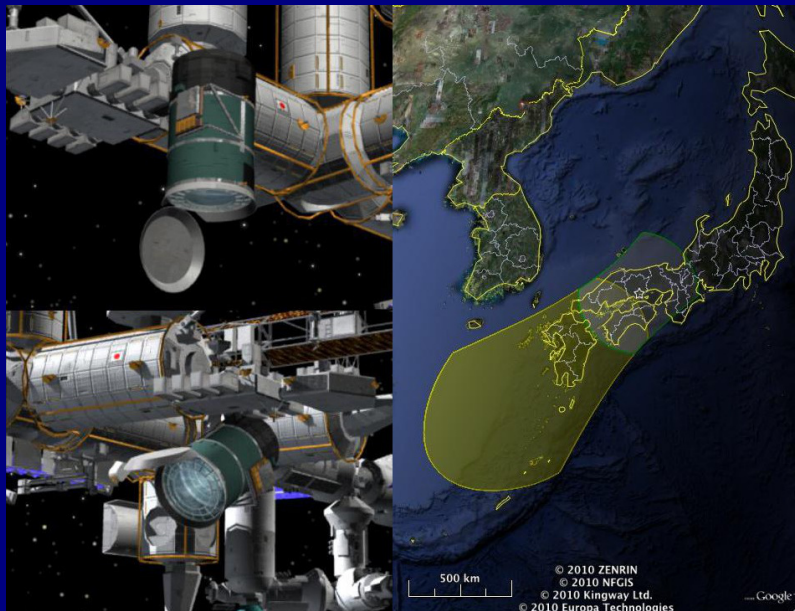
# Схема эксперимента JEM-EUSO



# Параметры телескопа JEM-EUSO

Parameter	Value
Field of View	$\pm 30^\circ$
Monitored Area	$> 1.3 \times 10^5 \text{ km}^2$
Telescope aperture	$\geq 2.5 \text{ m}$
Operational wavelength	300-400 nm
Resolution in angle	$0.075^\circ$
Focal Plane Area	4.5 m <sup>2</sup>
Pixel Size	< 3 mm
Number of Pixels	$\approx 3 \times 10^5$
Pixel size on ground	$\approx 560 \text{ m}$
Time Resolution	2.5 $\mu\text{s}$
Dead Time	< 3%
Photo-detector Efficiency	$\geq 20\%$

# Режимы работы телескопа JEM-EUSO



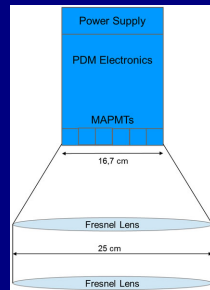
Б.А. Хренов (М.Ю. Зотов)

Орбитальные детекторы КЛ ПВЭ

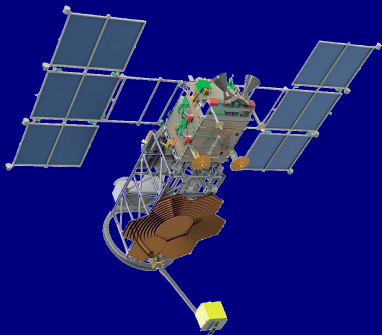
# JEM-EUSO сегодня

В конце 2013 г. Японское космическое агентство объявило о сокращении финансирования и невозможности размещения прибора на японском сегменте МКС.

Заканчивается работа над двумя прототипами:  
EUSO-TA, EUSO-Balloon (+mini-EUSO, phase A)



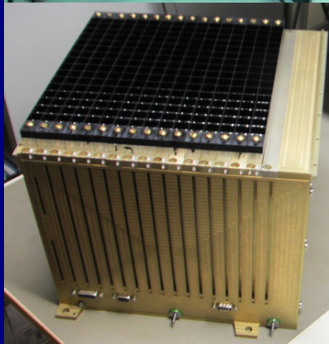
# Детектор ТУС на спутнике Михайло Ломоносов



Parameter	Value
Mass	~ 60 kg
Power (maximum)	65 W
Data (maximum)	250 Mbyte/day
FOV	$\pm 4.5$ degree
Number of pixels	256 (16 clusters of 16 PMTs)
Pixel size	10 mrad
Mirror area	$\sim 2$ m <sup>2</sup>
Focal distance	1.5 m
Duty cycle, %	30

НИИЯФ МГУ, ОИЯИ, «Космическая регата» (Королёв),  
Sungkyunkwan U. (Korea), U. of Puebla (Mexico)

# Детектор ТУС: фото



## Состояние проекта ТУС

К настоящему времени все лабораторные тесты аппаратуры детектора ТУС завершены, дорабатывается программное обеспечение, проводятся предполётные испытания.



## Состояние проекта ТУС

К настоящему времени все лабораторные тесты аппаратуры детектора ТУС завершены, дорабатывается программное обеспечение, проводятся предполётные испытания.

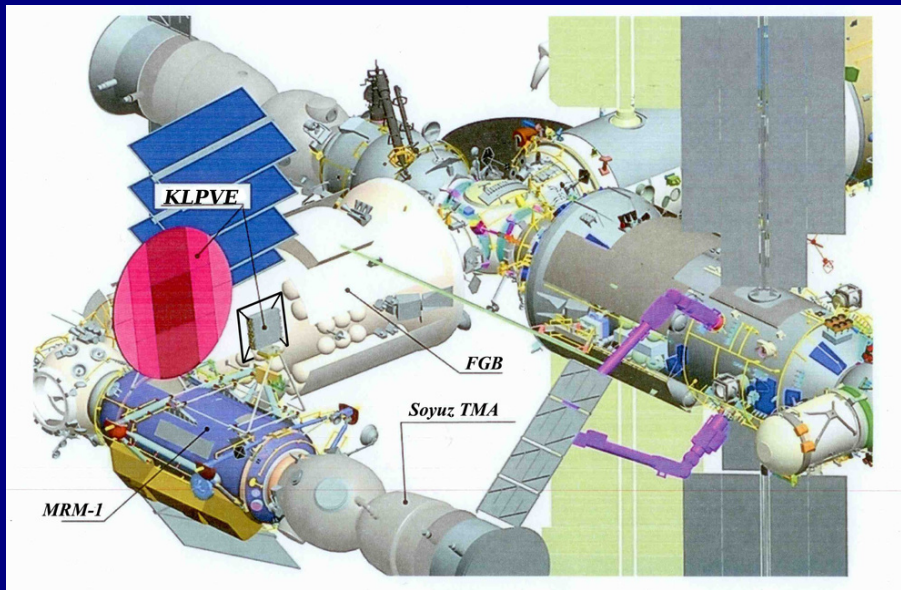
**Запуск назначен  
на второе полугодие 2015 г.  
с космодрома Восточный**

К настоящему времени все лабораторные тесты аппаратуры детектора ТУС завершены, дорабатывается программное обеспечение, проводятся предполётные испытания.

**Запуск назначен  
на второе полугодие 2015 г.  
с космодрома Восточный**

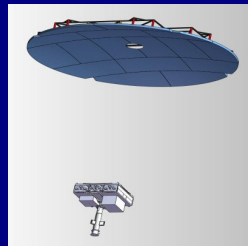
Некоторые подробности моделирования ТУС (ОИЯИ): постер ID 86

# Проект КЛПВЭ на РС МКС



# Параметры и схема детектора КЛПВЭ

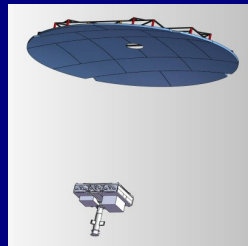
Parameter	Value
Mass	~ 370 kg
Power (maximum)	300 W
Data (maximum)	500 Mbyte/day
FOV	$\pm 7^\circ$
Number of pixels	2048 (16 clusters of 128 PMTs)
Pixel size	5 mrad ( $2 \times 2$ km)
Mirror area	$\sim 10 \text{ m}^2$
Focal distance	3 m
Duty cycle, %	30



2013 г.: завершена стадия аванпроекта.

# Параметры и схема детектора КЛПВЭ

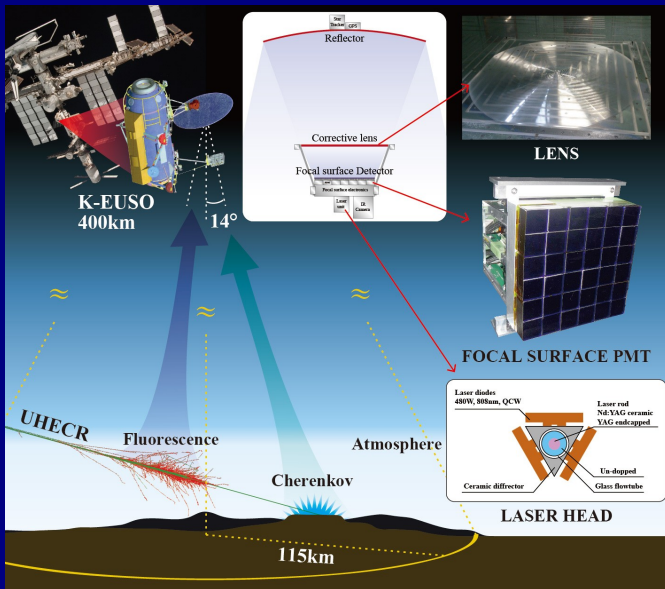
Parameter	Value
Mass	~ 370 kg
Power (maximum)	300 W
Data (maximum)	500 Mbyte/day
FOV	$\pm 7^\circ$
Number of pixels	2048 (16 clusters of 128 PMTs)
Pixel size	5 mrad ( $2 \times 2$ km)
Mirror area	$\sim 10 \text{ m}^2$
Focal distance	3 m
Duty cycle, %	30



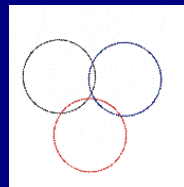
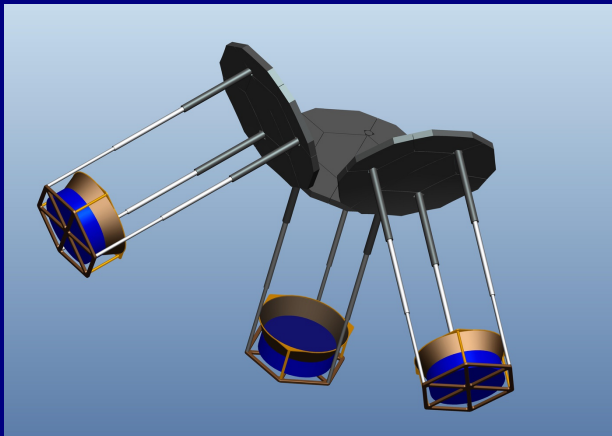
**2013 г.:** завершена стадия аванпроекта.

Одновременно стало понятно, что желательна модификация проекта ввиду появления новых результатов в области КЛ ПВЭ

# Проект K-EUSO

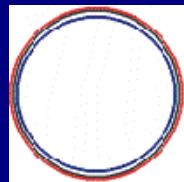
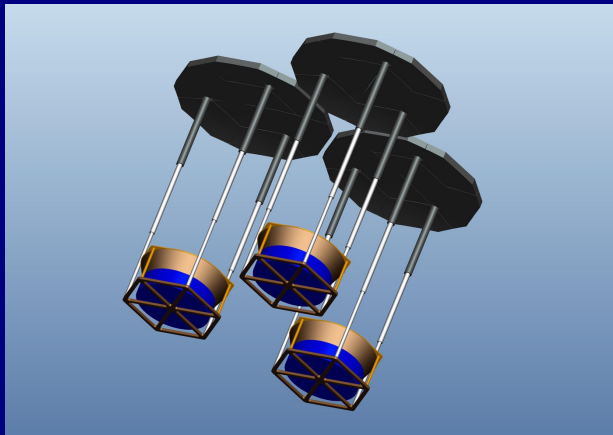


# METS: Multi-Eye Telescope System



Основной режим работы

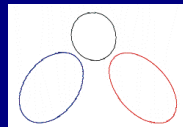
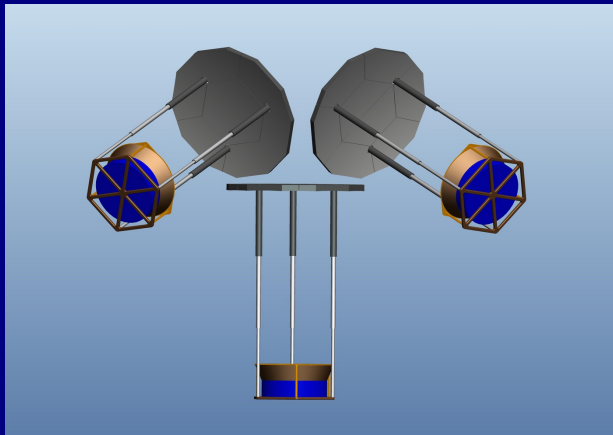
# METS: режим «совпадения»



Понижение порога по энергии, кросс-калибровка



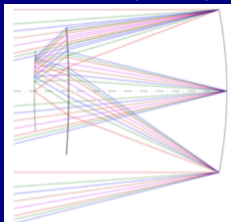
# METS: «наклонный» режим



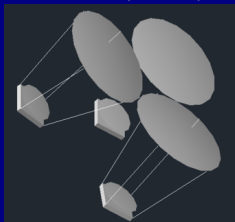
Увеличенное поле зрения

# Три оптические схемы К-EUSO

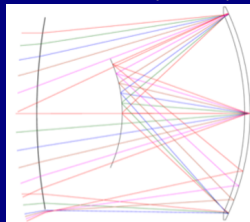
Baseline ( $\pm 14^\circ$ )



METS ( $\pm 10^\circ$ )



Advanced ( $\pm 25^\circ$ )



	$S_{\text{eff}}, \text{m}^2$	$d, \text{mm}$	$\Omega, \text{sr}$	$E=S_{\text{eff}}\Omega, \text{m}^2\text{sr}$	$E/d, \text{m sr}$
<b>JEM-EUSO</b>	2	3	0.8	1.6	0.5
<b>TUS</b>	1.2	20	0.025	0.03	0.002
<b>KLYPVE</b>	5	20	0.05	0.25	0.01
<b>Baseline</b>	2.2	5	0.2	0.44	0.1
<b>METS-3</b>	2.1	3	0.3	0.63	0.2

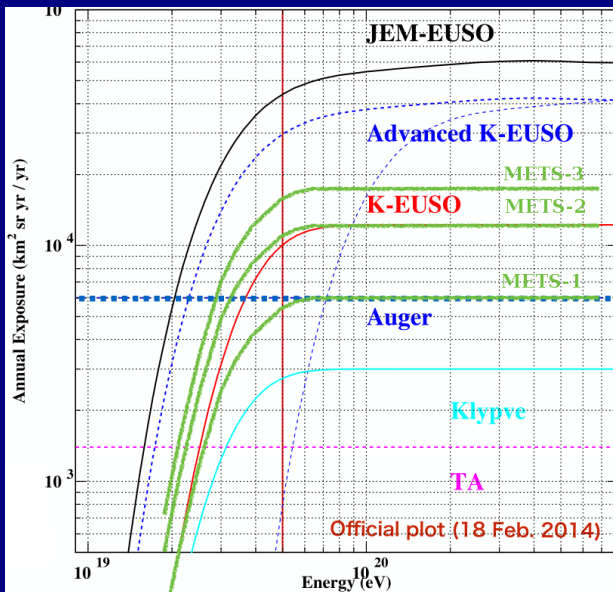
$S_{\text{eff}}$  — эффективная площадь

$d$  — диаметр изображения от параллельного пучка

$\Omega$  — поле зрения.

Подробности: постер 112

# Сравнение экспозиции различных детекторов



# Заключение

- ▶ Коллаборация JEM-EUSO продолжает работу, но развитие основного проекта тормозится финансовыми проблемами

# Заключение

- ▶ Коллаборация JEM-EUSO продолжает работу, но развитие основного проекта тормозится финансовыми проблемами
- ▶ Детектор ТУС проходит заключительные испытания, запуск намечен на II.2015

# Заключение

- ▶ Коллаборация JEM-EUSO продолжает работу, но развитие основного проекта тормозится финансовыми проблемами
- ▶ Детектор ТУС проходит заключительные испытания, запуск намечен на II.2015
- ▶ Проект КЛПВЭ прошел стадию аванпроекта, подготовлено техническое задание, начинается работа над эскизным проектом. Проект включен в Федеральную программу.

# Заключение

- ▶ Коллаборация JEM-EUSO продолжает работу, но развитие основного проекта тормозится финансовыми проблемами
- ▶ Детектор ТУС проходит заключительные испытания, запуск намечен на II.2015
- ▶ Проект КЛПВЭ прошел стадию аванпроекта, подготовлено техническое задание, начинается работа над эскизным проектом. Проект включен в Федеральную программу.
- ▶ Прорабатываются варианты усовершенствования проекта КЛПВЭ (K-EUSO), формируется международная коллаборация

# Заключение

- ▶ Коллаборация JEM-EUSO продолжает работу, но развитие основного проекта тормозится финансовыми проблемами
- ▶ Детектор TUC проходит заключительные испытания, запуск намечен на II.2015
- ▶ Проект КЛПВЭ прошел стадию аванпроекта, подготовлено техническое задание, начинается работа над эскизным проектом. Проект включен в Федеральную программу.
- ▶ Прорабатываются варианты усовершенствования проекта КЛПВЭ (K-EUSO), формируется международная коллаборация

В докладе использованы материалы участников проектов TUC, КЛПВЭ, JEM-EUSO.

Подробности: <http://uhecrc.sinp.msu.ru>