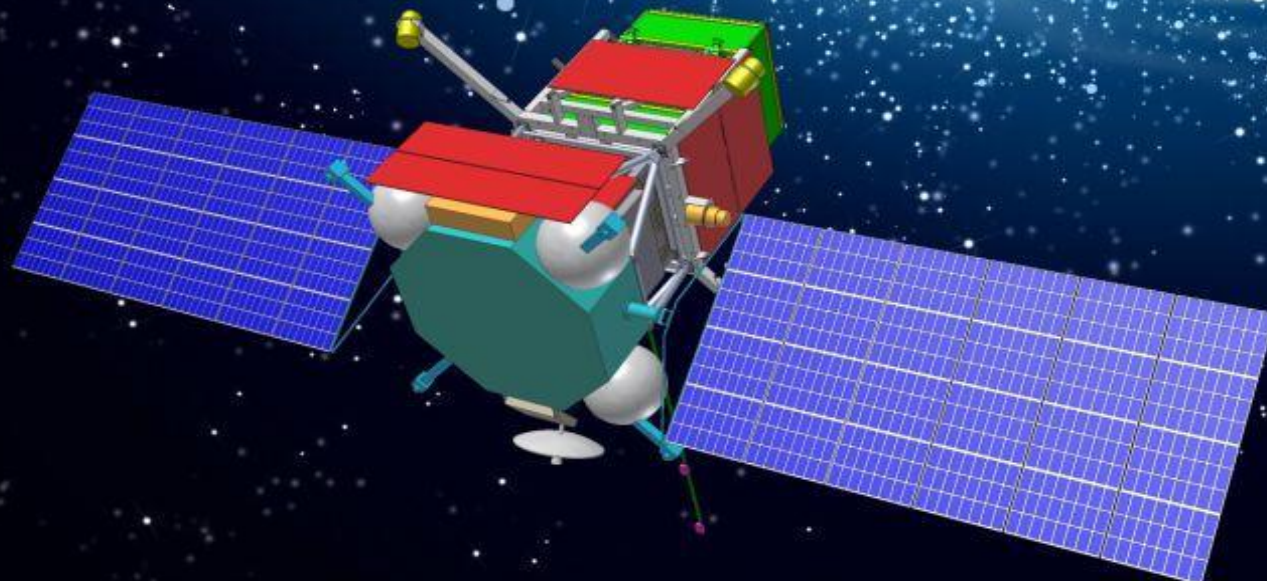




Калибровка макетов детекторов гамма-телескопа ГАММА-400 на ускорителе С-25Р

Николай Топчиев

зам. научного руководителя
проекта «ГАММА-400»



В соответствии с Федеральными космическими программами РФ на 2009-2015 гг. и 2016-2025 гг. создается космический комплекс, включающий космическую обсерваторию для исследования гамма-излучения в диапазоне высоких энергий.

В состав космической обсерватории входят:
космическая платформа «Навигатор» (НПО им. С.А. Лавочкина) и комплекс научной аппаратуры «ГАММА-400»
(КНА «ГАММА-400»)
(«ГАММА-400» – Гамма-Астрономическая Многофункциональная Модульная Аппаратура)

КНА «ГАММА-400»

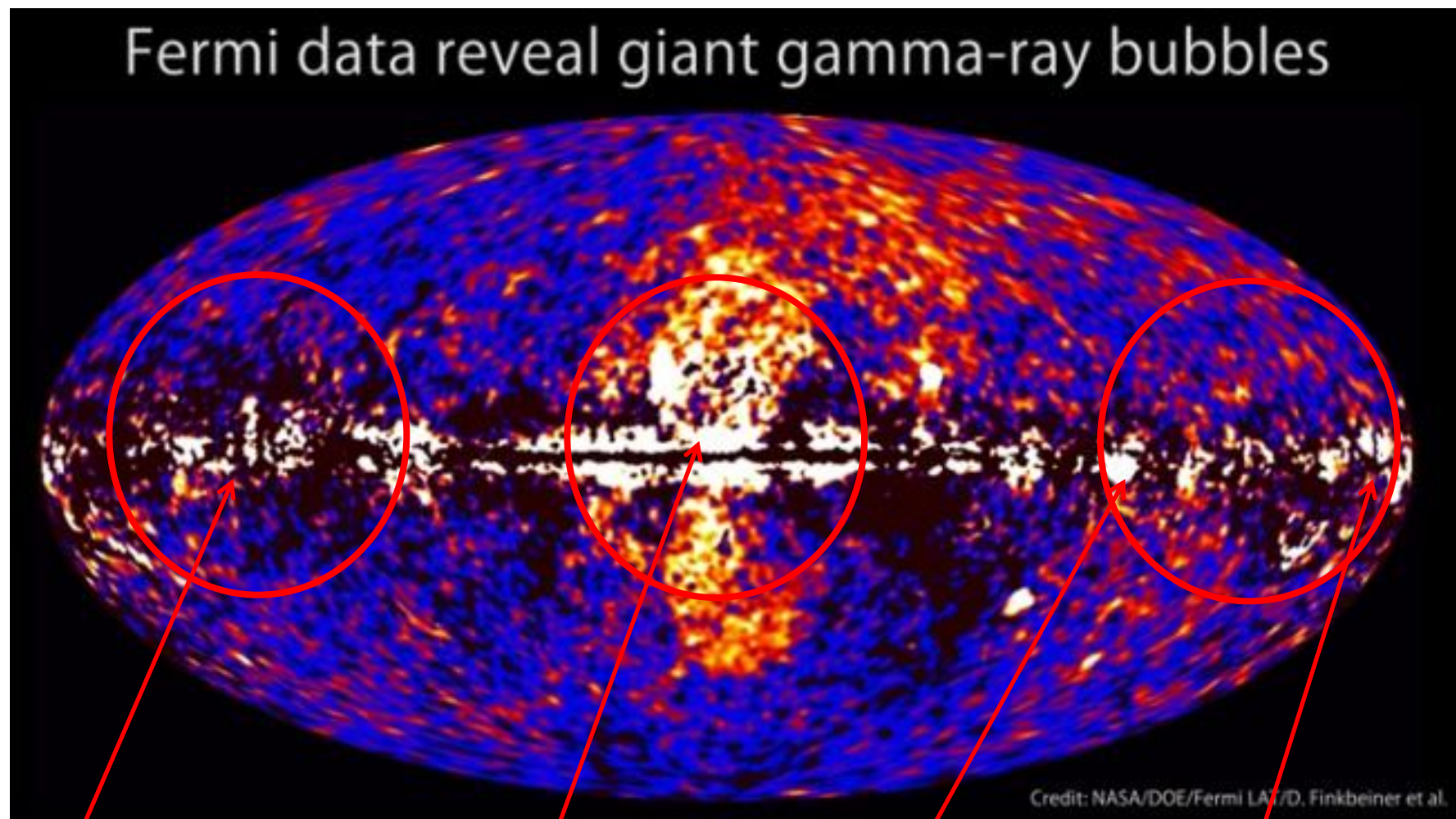
(головная организация – ФИАН) включает:

- гамма-телескоп «ГАММА-400» (ФИАН, НИЯУ МИФИ, НИИСИ РАН, НПО им. С.А. Лавочкина);
- рентгеновский телескоп «ART-XC» (5-30 кэВ) (ИКИ РАН)
- магнитно-плазменные детекторы (спектрометр солнечного ветра, спектрометр энергичных частиц, магнитометр, ИКИ РАН)

Гамма-телескоп «ГАММА-400» предназначен для:

- регистрации космического высокоэнергичного гамма-излучения (от 20 МэВ до 1000 ГэВ);
- поиска особенностей в энергетических спектрах высокоэнергичного гамма-излучения, которые могут быть связаны с частицами темной материи;
- исследование гамма-излучения от Галактического центра, Ферми пузырей, Краб, Лебедь, Вела, Геминга и др.;
- исследование диффузного гамма-излучения;
- регистрации высокоэнергетического гамма-излучения при солнечных вспышках.

Галактический центр, Ферми пузыри, Краб, Лебедь, Вела, Геминга и др. будут обследованы с помощью ГАММА-400 с апертурой $\pm 45^\circ$



Cygnus

**Galactic Center,
Fermi Bubbles**

Vela

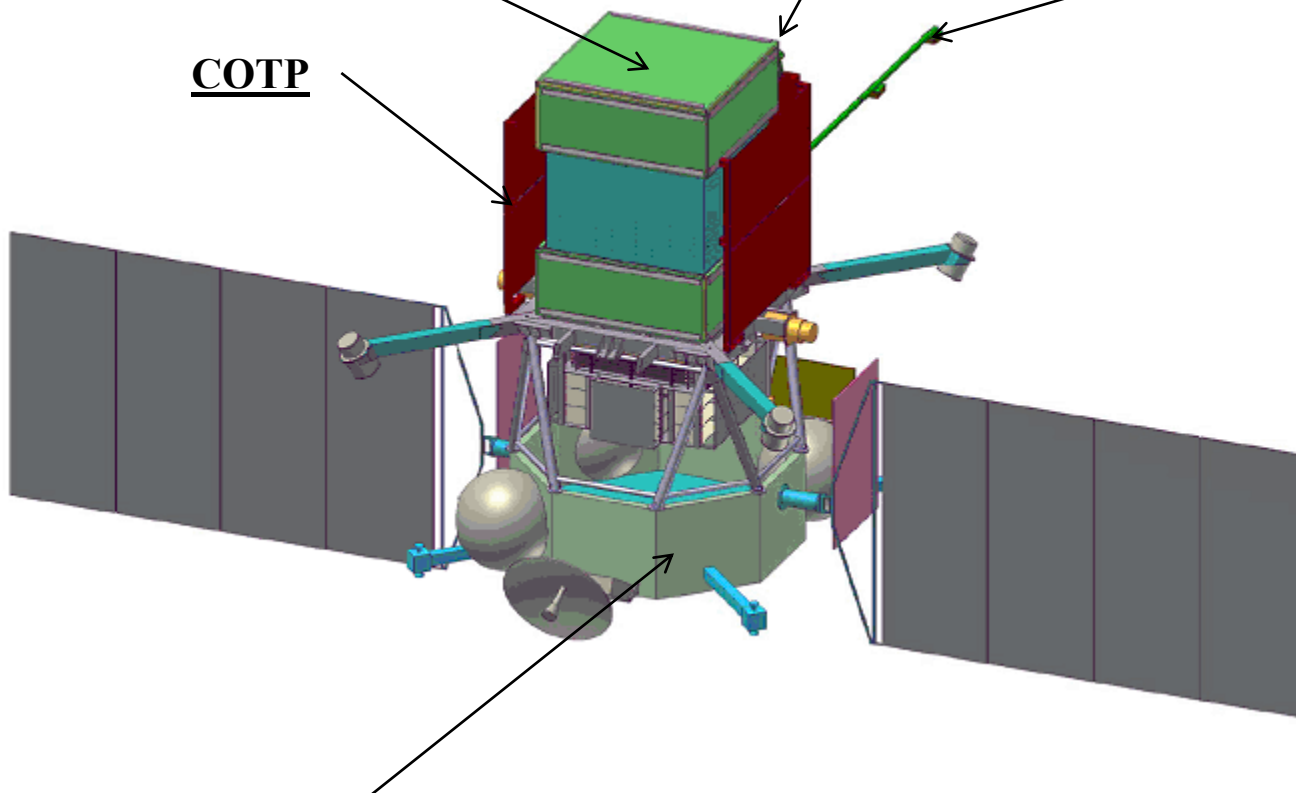
Crab, Geminga

Гамма-телескоп ГАММА-400

Звездные датчики (2)

Магнитометры (2)

СОТР



Платформа «Навигатор»
(НПО им. С.А. Лавочкина)

**КНА «ГАММА-400» на
платформе «Навигатор»**

ОРБИТА КА «ГАММА-400» И РЕЖИМЫ НАБЛЮДЕНИЯ

Начальные параметры орбиты:

- апогей 300 000 км;
- перигей 500 км;
- наклонение 51.4° .

**Согласно ФКП 2016-2025 запуск
обсерватории намечен на 2025-2026 гг.**



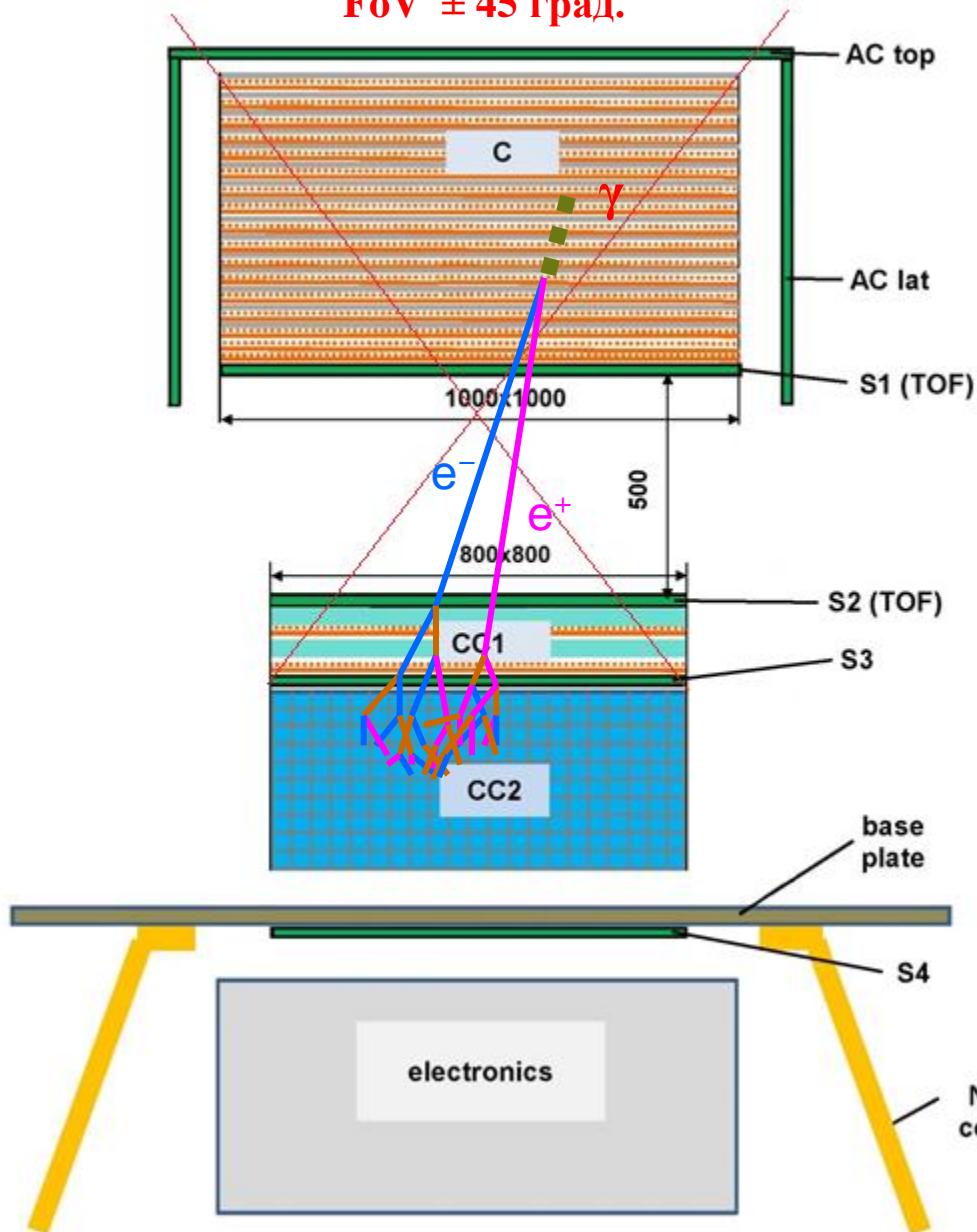
**Основной режим наблюдений:
-длительные наблюдения (до 100 дней)
Галактического центра и
протяженных гамма-источников**

Под воздействием Солнца, Луны и Земли примерно через 6 месяцев орбита полностью выйдет из рад. поясов станет круговой с радиусом ~ 200000 км.

Т.о. орбита будет вне радиационных поясов и не затеняется Землей

Физическая схема ГАММА-400

$\text{FoV} \pm 45 \text{ град.}$



AC - anticoincidence detectors (AC top, AC lat)

C - Converter-Tracker - total $0.9X_0$

20 layers Si (x,y) (pitch 0.1mm) + W $0.025 X_0$

2 layers Si (x,y) (pitch 0.1mm) no W

S1, S2 - TOF detectors

S3, S4 calorimeter scintillator detectors

CC1 - imaging calorimeter ($2X_0$)

2 layers: CsI(Tl) $1X_0$ + Si(x,y) (pitch 0.1 mm)

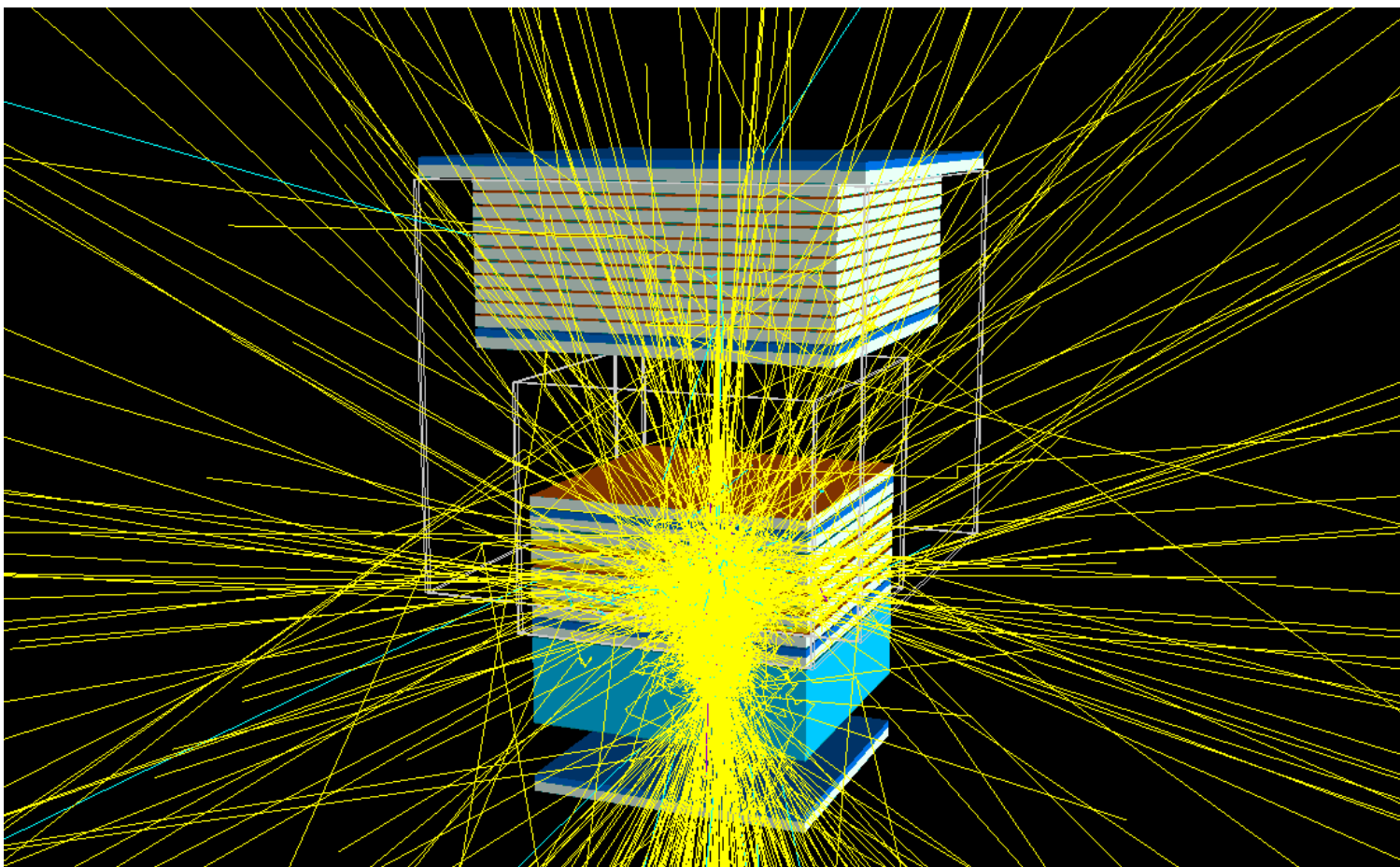
CC2 - electromagnetic calorimeter $19 X_0$

CsI(Tl) $3.6 \times 3.6 \times 3.6 \text{ cm}^3 - 22 \times 22 \times 10 = 4840$ crystals

$$\Delta E = \sim 20 \text{ МэВ} - 1 \text{ ТэВ} (\gamma)$$

$$\Delta \theta = \sim 0.01^\circ (E_\gamma > 100 \text{ ГэВ})$$

$$\Delta E/E = \sim 1\% (E_\gamma > 100 \text{ ГэВ})$$



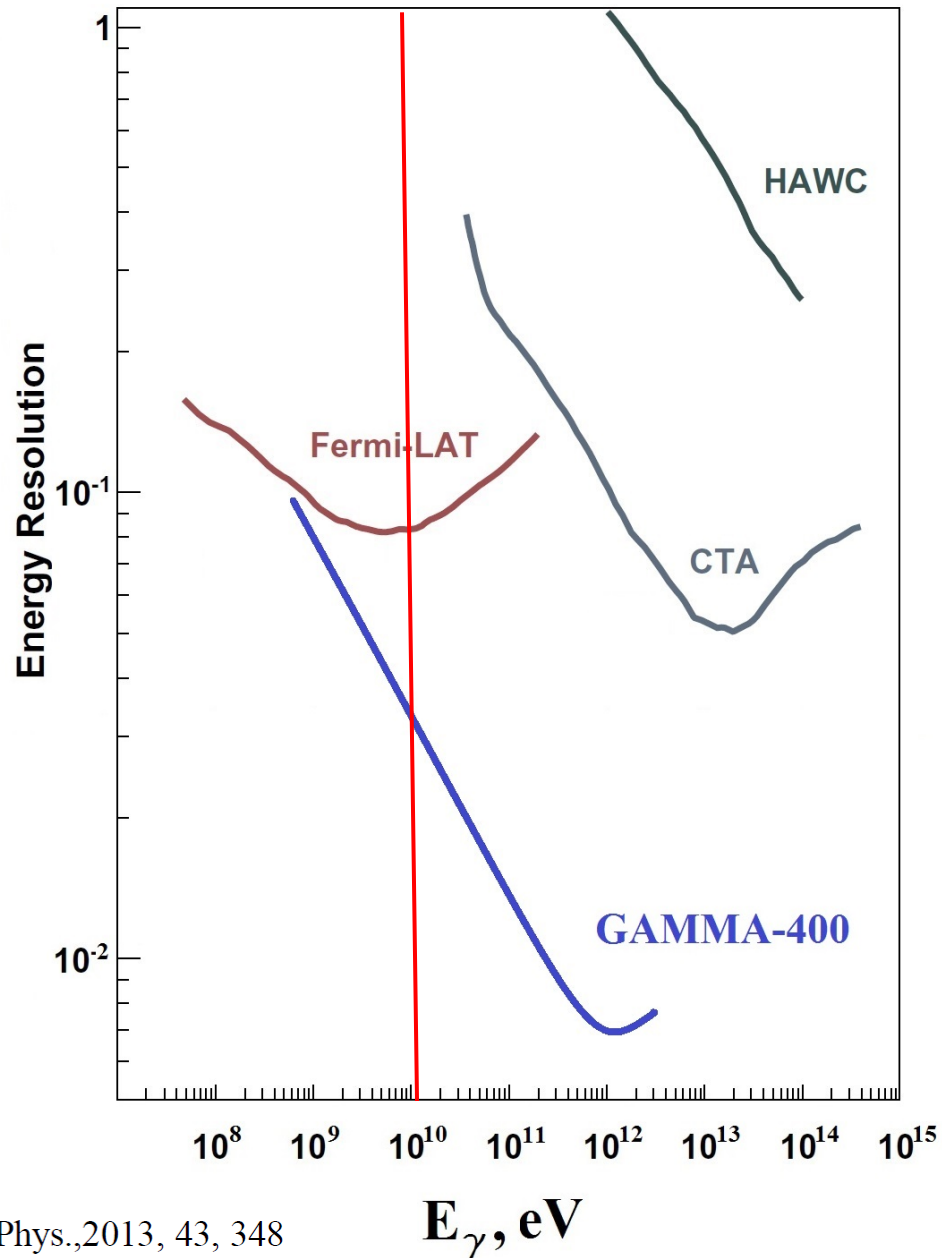
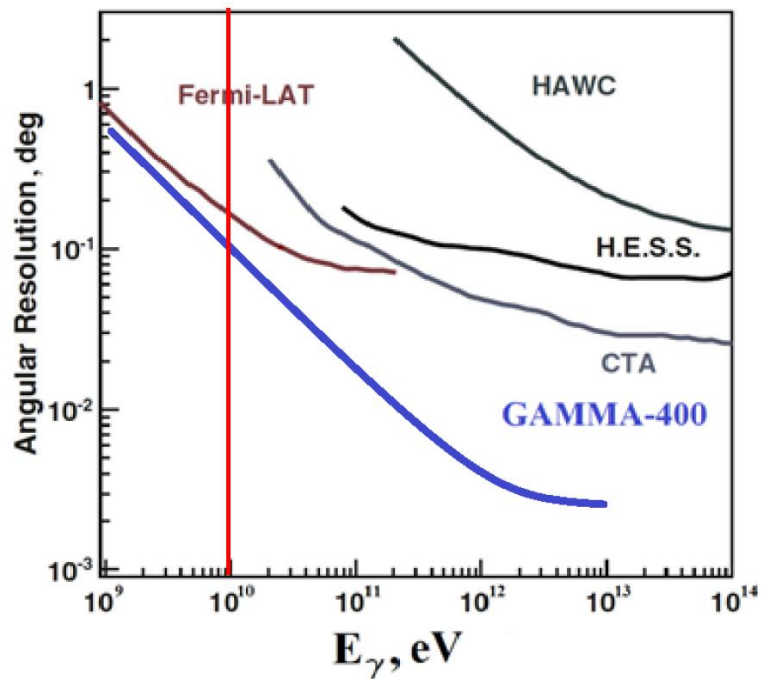
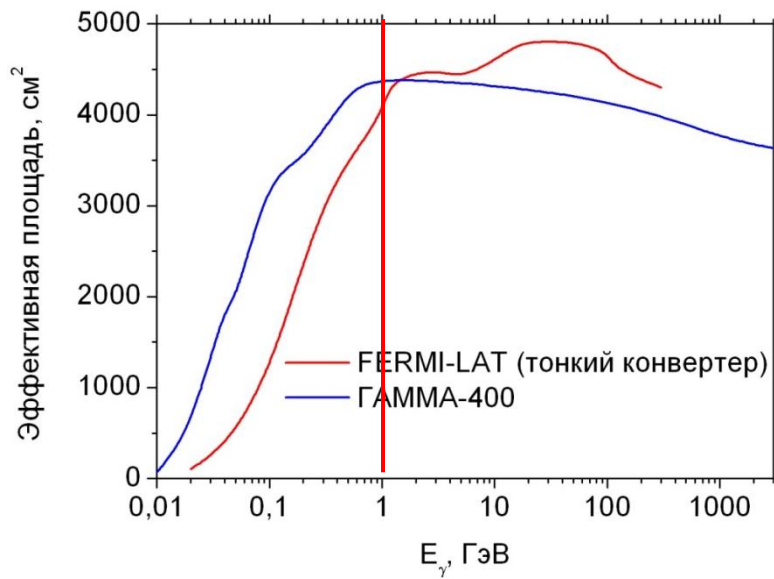
**Взаимодействие гамма-кванта ($E_\gamma = 100$ ГэВ) с веществом
гамма-телескопа ГАММА-400 с образованием частиц
«обратного тока»**

Сравнение основных параметров ГАММА-400 и Fermi-LAT

	Fermi-LAT	ГАММА-400
Орбита	круговая, 565 км	высокоэллиптическая, 500-300000 км (без затенения Землей)
Режим работы	обзор неба (3 часа)	наблюдение (до 100 дней)
Экспозиция/время работы	1/8	1
Энергетический диапазон	20 МэВ - 300 ГэВ	20 МэВ – 1000 ГэВ
Эффективная площадь ($E_\gamma > 1$ ГэВ)	~6500 см ² (total) ~4000 см ² (front)	~4000 см ²
Координатные детекторы	Si стрипы (шаг 0.23 мм)	Si стрипы (шаг 0.08 мм)
Угловое разрешение	~0.2° ($E_\gamma = 10$ ГэВ) ~0.1° ($E_\gamma > 100$ ГэВ)	~0.1° ($E_\gamma = 10$ ГэВ) ~0.01° ($E_\gamma > 100$ ГэВ)
Калориметр - толщина	CsI(Tl) ~8.5X ₀	CsI(Tl)+Si ~21X ₀
Энергетическое разрешение	~10% ($E_\gamma = 10$ ГэВ) ~10% ($E_\gamma > 100$ ГэВ)	~3% ($E_\gamma = 10$ ГэВ) ~1% ($E_\gamma > 100$ ГэВ)
Масса	2800 кг	2100 кг
Объем информации	15 Гбайт/день	100 Гбайт/день

Сравнительные характеристики существующих и планируемых космических и наземных гамма-телескопов

	КОСМИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ					НАЗЕМНЫЕ ГАММА-УСТАНОВКИ			
	AGILE	Fermi-LAT	DAMPE	CALET	GAMMA-400	H.E.S.S.-II	MAGIC	VERITAS	СТА
Particles	γ	γ	e, nuclei, γ	e, nuclei, γ	γ	γ	γ	γ	γ
Operation period	2007-	2008-	2015	2015	~2025	2012-	2009-	2007-	~2020
Energy range, GeV	0.03-50	0.02-300	5-10000	10-10000	0.02-~1000	> 30	> 50	> 100	> 20
Angular resolution ($E_\gamma > 100$ GeV)	0.1° ($E_\gamma \sim 1$ GeV)	0.1°	0.1°	0.1°	~0.01°	0.07°	0.07° ($E_\gamma = 300$ GeV)	0.1°	0.1° ($E_\gamma = 100$ GeV) 0.05° ($E_\gamma > 1$ TeV)
Energy resolution ($E_\gamma > 100$ GeV)	50% ($E_\gamma \sim 1$ GeV)	10%	1.5%	2%	~1%	15%	20% ($E_\gamma = 100$ GeV) 15% ($E_\gamma = 1$ TeV)	15%	20% ($E_\gamma = 100$ GeV) 5% ($E_\gamma = 10$ TeV)



Калибровка макетов детекторов гамма-телескопа ГАММА-400 на ускорителе С-25Р на пучке электронов с энергией до 300 МэВ

1. Разработка и изготовление макетов гамма-телескопа АС, ВПС, СЗ, КК (12.2016–05.2017)
1. Разработка и изготовление стойки макетов гамма-телескопа для проведения калибровки (12.2016–05.2017)
2. Разработка и изготовление трех управляющих счетчиков и трех стоек для управляющих счетчиков (12.2016–05.2017)
3. Проведение метрологического обеспечения калибровки – обеспечения моноэнергетического пучка электронов (разброс по энергии не более 3%), включая модернизацию магнита СП-57 (01.2017-05.2017)
4. Проведение тестовых испытаний (05.2017–07.2017)
5. Калибровка на пучке электронов (08.2016–10.2017)

Заключение

- Проект «ГАММА-400» представляет уникальную возможность провести измерения потоков высокоэнергичного гамма-излучения с непревзойденной точностью.
- Запуск ГАММА-400 планируется примерно в 2025 г.
- Калибровка макетов детекторов гамма-телескопа «ГАММА-400» на ускорителе С-25Р на пучке электронов до 300 МэВ в 2017 г. позволит получить характеристики детекторов, подтверждающие правильность выбора конструкции и физической схемы гамма-телескопа.