

А.М. Гальпер, Н.П. Топчиев

Проект ГАММА-400. Основные научные задачи.

КОЛЛАБОРАЦИЯ ГАММА-400

ФИАН: А.М. Гальпер, Е.Н. Гудкова, Ю.В. Гусаков, В.А. Догель, С.И. Сучков,
Н.П. Топчиев, М.И. Фрадкин

НИЯУ МИФИ: И.В. Архангельская, А.И. Архангельский, В.Г. Зверев, В.В. Кадилин,
В.А. Каплин, В.В. Михайлов, А.А. Леонов, П.Ю. Наумов, М.Ф. Рунцо, М.Д. Хеймиц,
Ю.Т. Юркин

НИИЭМ (Истра): К.А. Боярчук

ИФВЭ (Протвино): В.А. Качанов, А.Н. Левин, А.В. Узунян

ФТИ им. А.Ф. Иоффе (Санкт-Петербург): Р.Л. Аптекарь, Э.А. Богомолов,
Г.И. Васильев

ИКИ: Г.А. Аванесов

ИЗМИРАН: В.Н. Зиракашвили

INFN (Italy, Florence): O. Adriani, N. Mori, P. Papini, P. Spillantini, E. Vannuccini

INFN (Italy, Trieste): M. Boezio, V. Bonvicini, F. Longo, E. Mocchiutti, A. Vacchi, N. Zampa

INFN (Italy, Siena): P. Maestro, P. Marrocchesi

INFN (Italy, Roma): P. Picozza, R. Sparvoli

INAF (Italy, Roma): M. Tavani

NASA Goddard Space Flight Center (USA): A.A. Moiseev

Stanford University (USA): I.V. Moskalenko

Stockholm University (Sweden): L. Bergström

KTH Royal Institute of Technology (Stockholm, Sweden): Ch. Fuglesang, J. Larsson,
J. Larsson, F. Ryde

Taras Shevchenko National University of Kyiv (Kiev, Ukraine): B.I. Hnatyk

Lviv Center of Institute of Space Research, Lviv (Lviv, Ukraine): V. Korepanov

**Государственная программа Российской
Федерации
«Космическая деятельность России на
2013 - 2020 годы»**

УТВЕРЖДЕНА
распоряжением Правительства
Российской Федерации
от 28 декабря 2012 г. № 2594-р

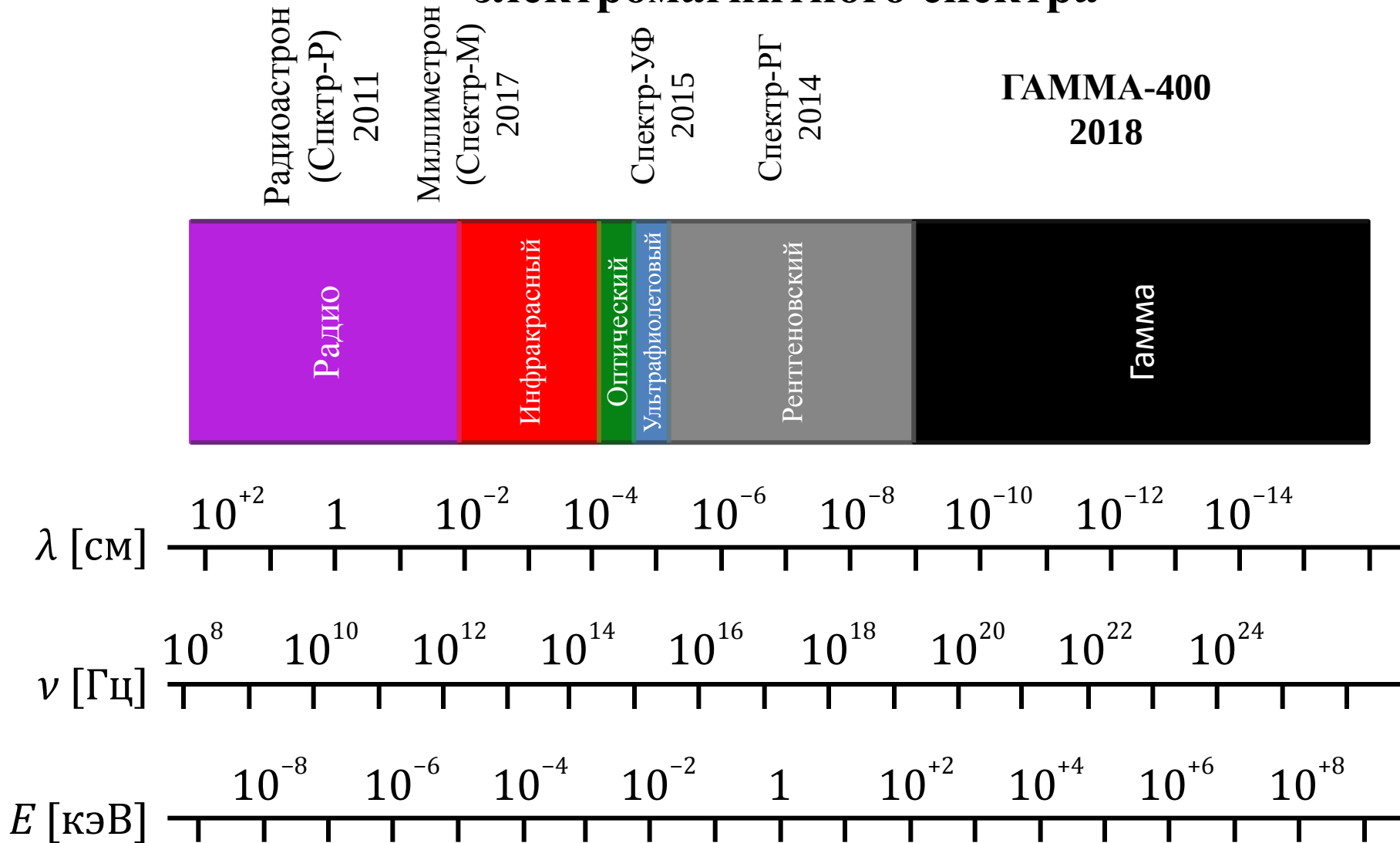
Программа определяет цели и задачи развития космической деятельности и ракетно-космической промышленности до 2020 года, целевые индикаторы и показатели её реализации. В документе также содержатся ресурсные показатели, предназначенные для прогнозирования расходов федерального бюджета в целях развития космической деятельности на очередные плановые периоды.

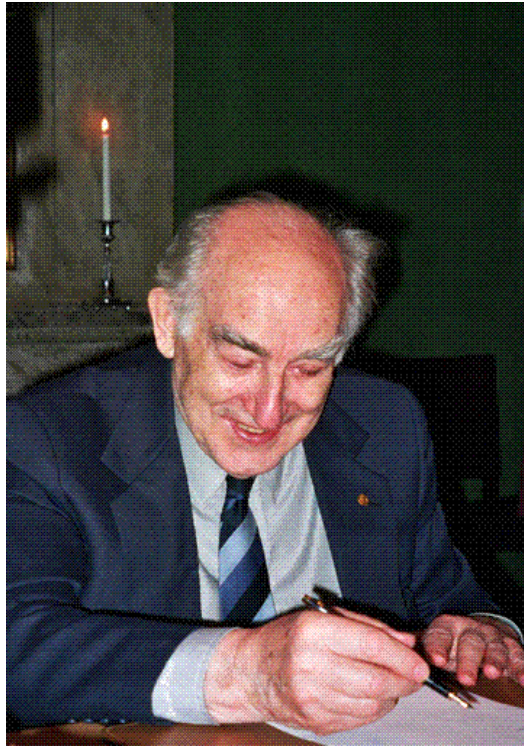
Программа направлена на обеспечение достижения целей и приоритетов социально-экономического развития страны, отражённых в Основах политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2020 года и дальнейшую перспективу.

Планируется:

создание трёх космических обсерваторий - «Спектр-УФ», «Спектр-М» («Миллиметрон») и «Гамма-400» для проведения исследований астрофизических объектов в различных диапазонах электромагнитного спектра и гамма-излучения в диапазоне высоких энергий;

Российские космические обсерватории для исследований в различных диапазонах электромагнитного спектра





В.А. Гинзбург (1916-2009)



Л.В. Курносова (1918-2006)

В конце прошлого века нобелевский лауреат академик В.А. Гинзбург (ФИАН) и профессор Л.В. Курносова (ФИАН) инициировали в России проект «ГАММА-400» для поиска частиц темной материи методами гамма-астрономии. В рамках этого проекта, который теперь уже стал международным, разрабатывается гамма-телескоп ГАММА-400 с улучшенными физико-техническими характеристиками.

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Учреждения Российской академии наук

Физического института

им. П.Н. Лебедева РАН

академик



Месяц Г.А.

2009 г.

ПРОЕКТ ГАММА-400
ИССЛЕДОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ
И ПОТОКОВ ЭЛЕКТРОНОВ И ПОЗИТРОНОВ В
ДИАПАЗОНЕ ЭНЕРГИЙ 1-3000 ГэВ

От ФИАН

Руководитель научного направления

академик

Гинзбург В.Л.

29/12 2009 г.

Научный руководитель проекта

ГАММА-400

профессор, г.н.с.

Гальпер А.М.

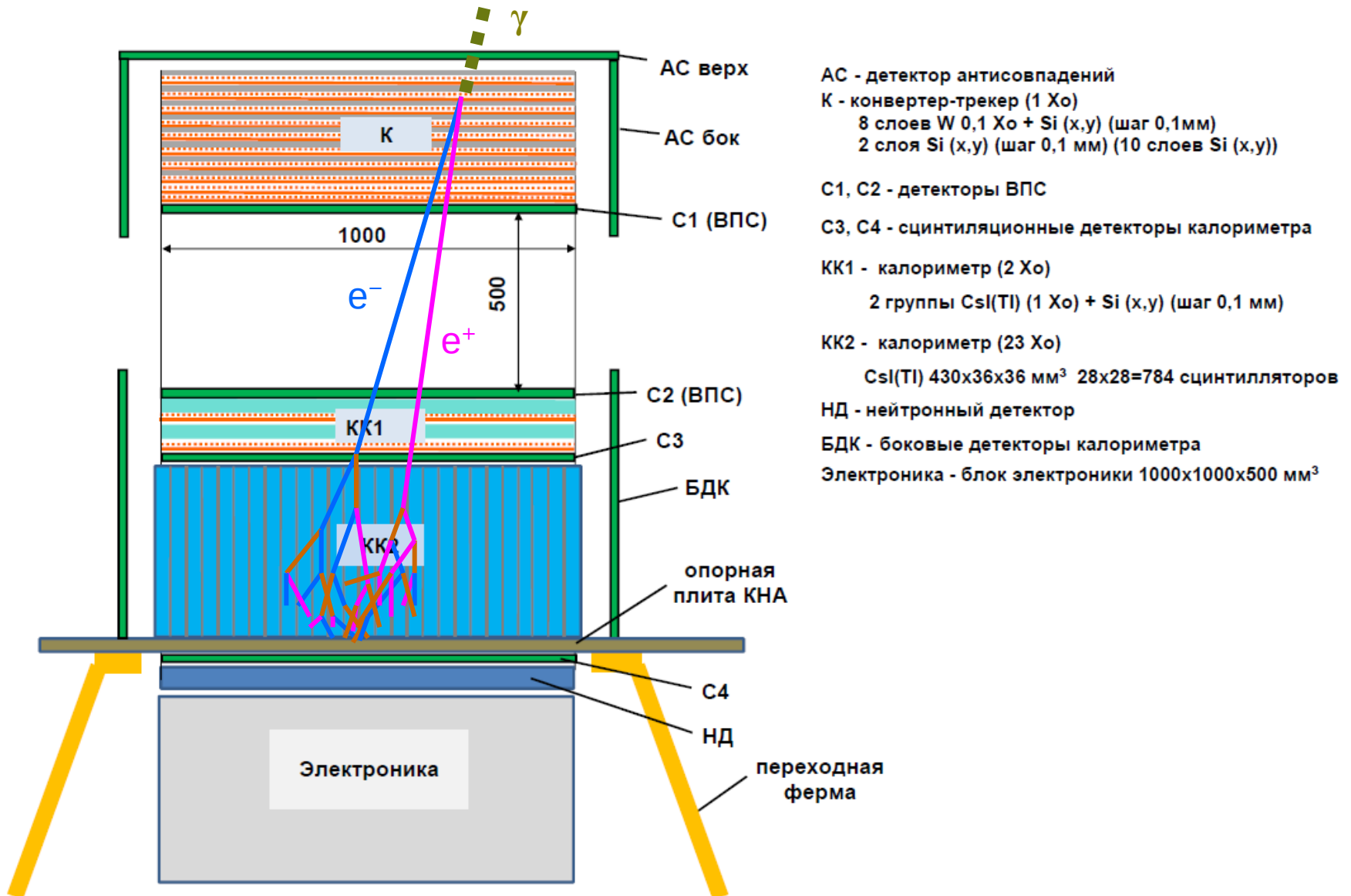
21 2009 г.

Москва, 2009 г.

НАУЧНЫЕ ЗАДАЧИ ГАММА-400

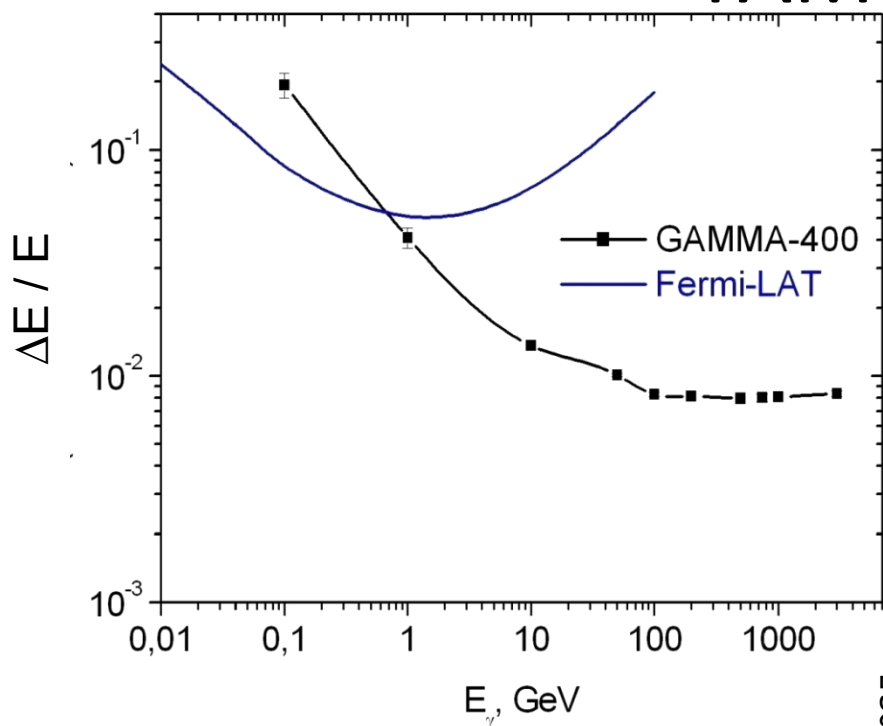
Основные научные задачи ГАММА-400:
изучение происхождения темной материи
методами гамма-астрономии;
прецизионные измерения галактических и
внегалактических дискретных источников;
исследование высокоэнергичных гамма-
всплесков; измерение потоков
высокоэнергичных электронов +
позитронов и ядер.

ФИЗИЧЕСКАЯ СХЕМА ГАММА-400

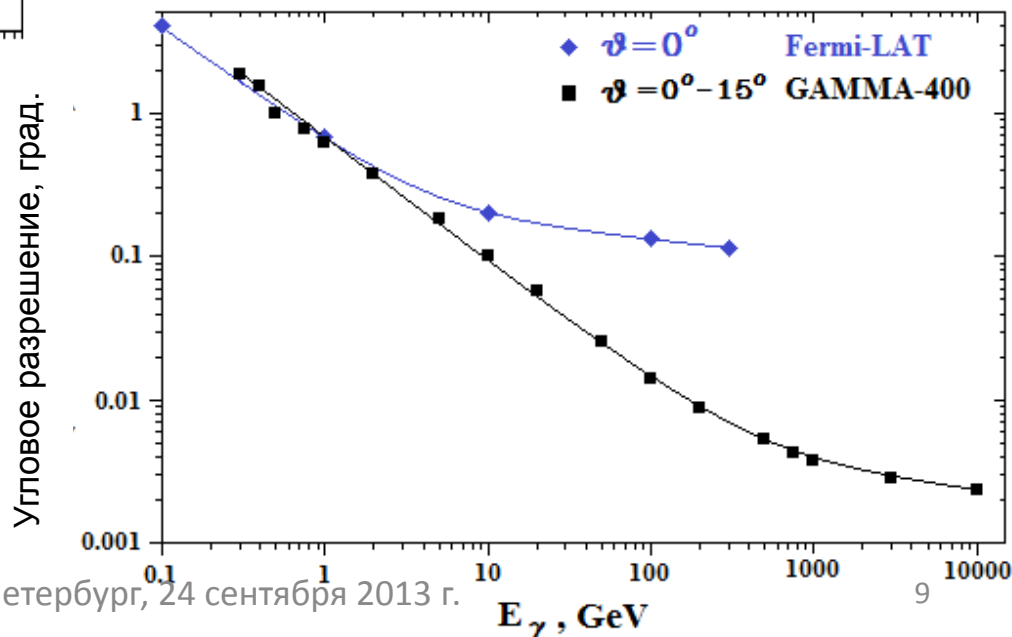


Основные физические характеристики ГАММА-400

Зависимость
энергетического
разрешения от энергии
для Fermi-LAT и
ГАММА-400



Зависимость углового
разрешения от энергии
для Fermi-LAT (для $\theta = 0^\circ$)
и ГАММА-400
(для $\theta = 0^\circ - 15^\circ$)



Сравнение основных характеристик Fermi-LAT и ГАММА-400

	Fermi-LAT	ГАММА-400
Орбита	круговая, 565 км	высокоэллиптическая, 500-300000 км
Диапазон энергий	20 МэВ - 300 ГэВ	100 МэВ – 10 000 ГэВ
Эффективная площадь ($E_\gamma > 1$ ГэВ)	$\sim 8000 \text{ см}^2$	$\sim 5000 \text{ см}^2$
Координатные детекторы	Si стрипы (шаг 0.23 мм)	Si стрипы (шаг 0.1 мм)
Угловое разрешение ($E_\gamma > 100$ ГэВ)	$\sim 0.1^\circ$	$\sim 0.01^\circ$
Калориметр - толщина	CsI(Tl) $\sim 8.5X_0$	CsI(Tl)+Si стрипы $\sim 25X_0$
Энергетическое разрешение ($E_\gamma > 100$ ГэВ)	$\sim 10\%$	$\sim 1\%$
Коэффициент режекции протонов	$\sim 10^4$	$\sim 10^6$
Масса	2800 кг	4100 кг
Объем передаваемой информации	15 Гбайт/день	100 Гбайт/день

СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТАВШИХ, РАБОТАЮЩИХ И ПЛАНИРУЕМЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

	КОСМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ					НАЗЕМНЫЕ УСТАНОВКИ			
	EGRET	AGILE	Fermi-LAT	CALET	ГАММА-400	H.E.S.S.-II	MAGIC	VERITAS	СТА
Период работы	1991-2000	2007-	2008-	2014	2019	2012-	2009-	2007-	2018
Энерг. диапазон, ГэВ	0.03-30	0.03-50	0.02-300	10-10000	0.1-10000	> 30	> 50	> 100	> 20
Угловое разрешение ($E_\gamma > 100$ ГэВ)	0.2° ($E_\gamma \sim 0.5$ ГэВ)	0.1° ($E_\gamma \sim 1$ ГэВ)	0.1°	0.1°	~0.01°	0.07°	0.07° ($E_\gamma = 300$ ГэВ)	0.1°	0.1° ($E_\gamma = 100$ ГэВ) 0.03° ($E_\gamma = 10$ ТэВ)
Энерг. разрешение ($E_\gamma > 100$ ГэВ)	15% ($E_\gamma \sim 0.5$ ГэВ)	50% ($E_\gamma \sim 1$ ГэВ)	10%	2%	~1%	15%	20% ($E_\gamma = 100$ ГэВ) 15% ($E_\gamma = 1$ ТэВ)	15%	20% ($E_\gamma = 100$ ГэВ) 5% ($E_\gamma = 10$ ТэВ)

КОМПЛЕКС НАУЧНОЙ АППАРАТУРЫ «ГАММА-400» НА СЛУЖЕБНОМ МОДУЛЕ «НАВИГАТОР»

Гамма-телескоп ГАММА-400

Звездный датчик (2)
(ИКИ)

Система регистрации
гамма-всплесков
«КОНУС-ФГ» (6)
(ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

4 детектора направления
на штанге

2 спектрометрических
детектора

Магнетометр (2)
(Украина, Львов)
на штанге

Служебный модуль «Навигатор»



КА и «Навигатор» разрабатывается в НПО им. С.А. Лавочкина

СХЕМА ВЫВЕДЕНИЯ КА «ГАММА-400»



Проект «ГАММА-400» включен в Федеральную космическую программу и финансируется Российским космическим агентством. Запуск КА «ГАММА-400» планируется на 2019 г. на ракете «Протон» с разгонным блоком «Бриз».

Длительность полета – более 7 лет.

ВАК-2013, Санкт-Петербург, 24 сентября 2013 г.

РЕЖИМЫ НАБЛЮДЕНИЙ И ЭВОЛЮЦИЯ ОРБИТЫ ПОЛЕТА КА «ГАММА-400»

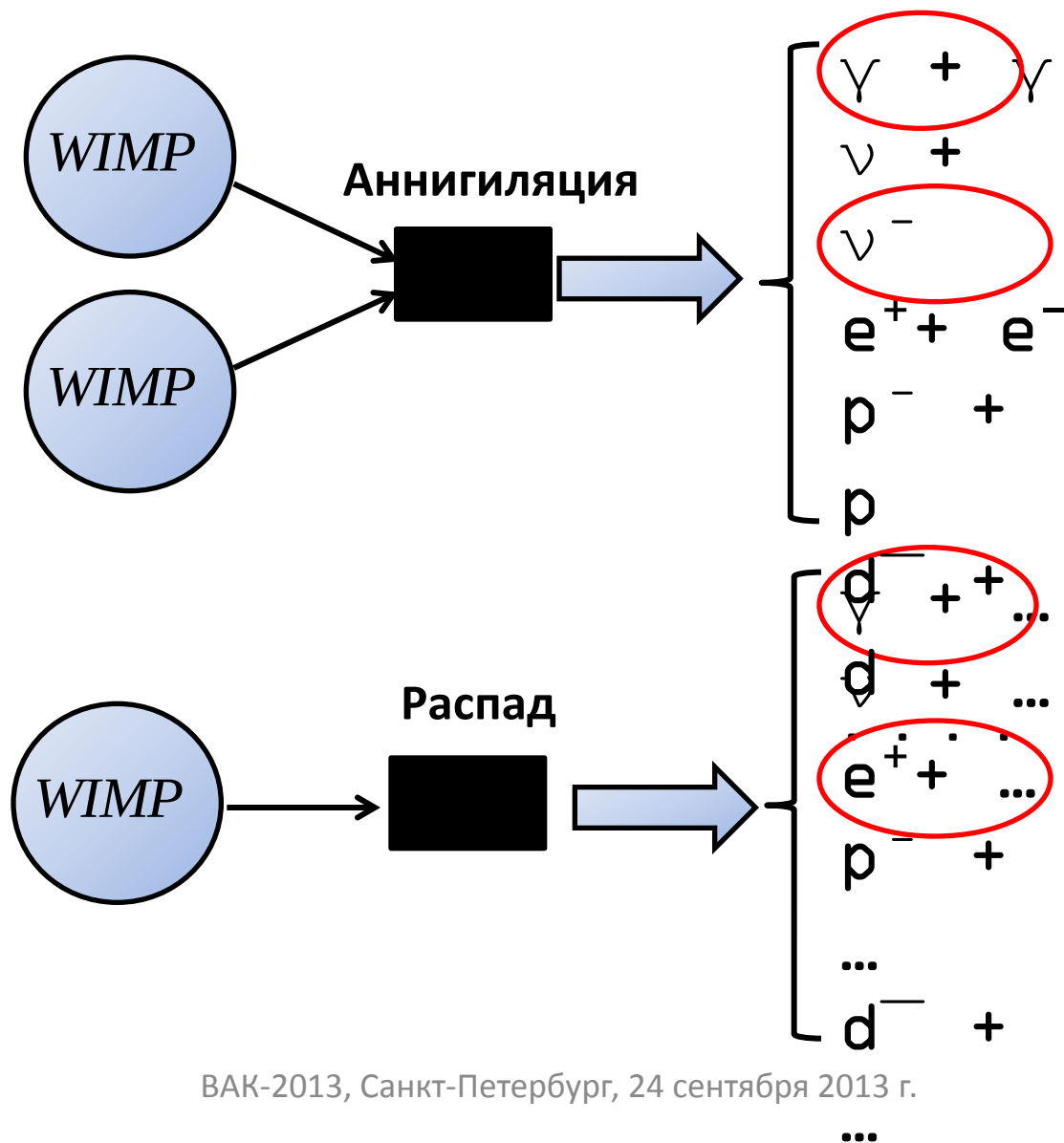
Режимы наблюдений:

- длительное (~100 дней) непрерывное наблюдение дискретных источников;
- мониторинг небесной сферы;

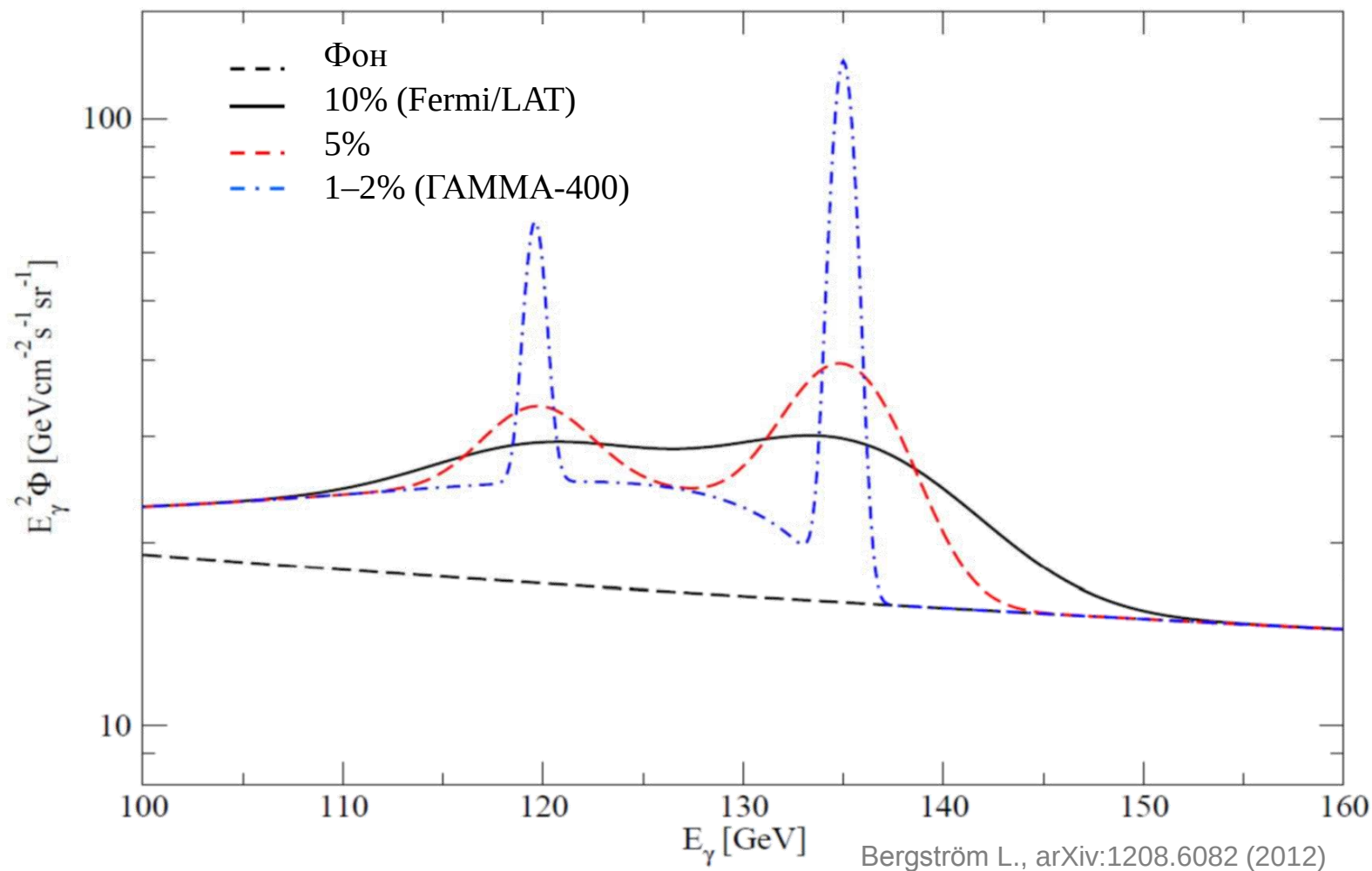


ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДЫ ТЕМНОЙ МАТЕРИИ МЕТОДАМИ ГАММА- АСТРОНОМИИ

Косвенные методы регистрации частиц темной материи

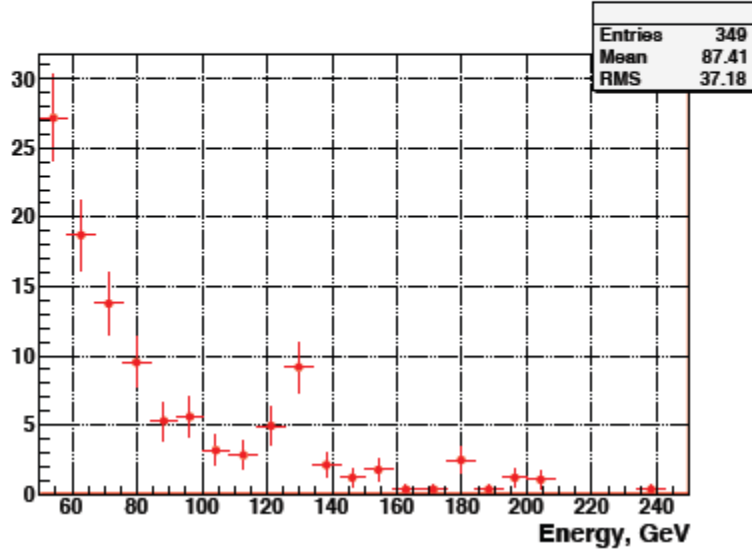


Улучшение энергетического разрешения

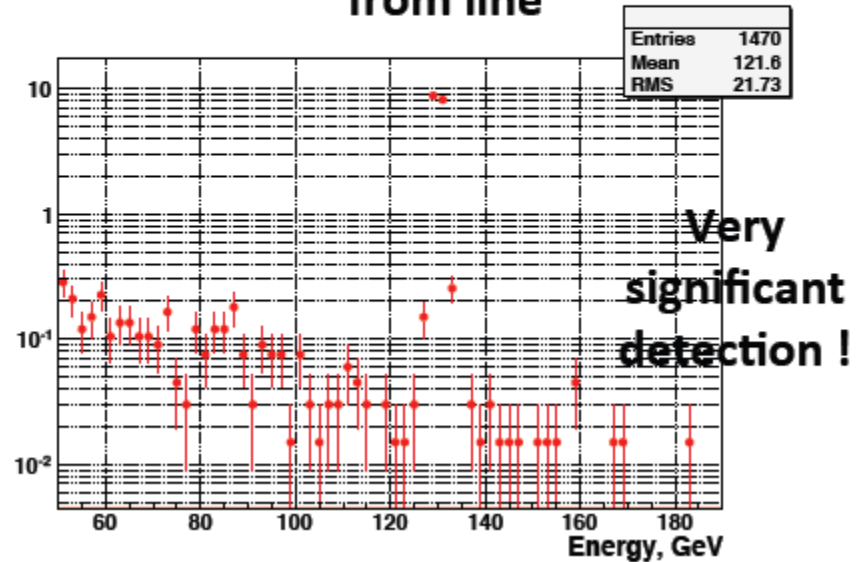


Улучшение энергетического разрешения

LAT-like instrument, 300 events



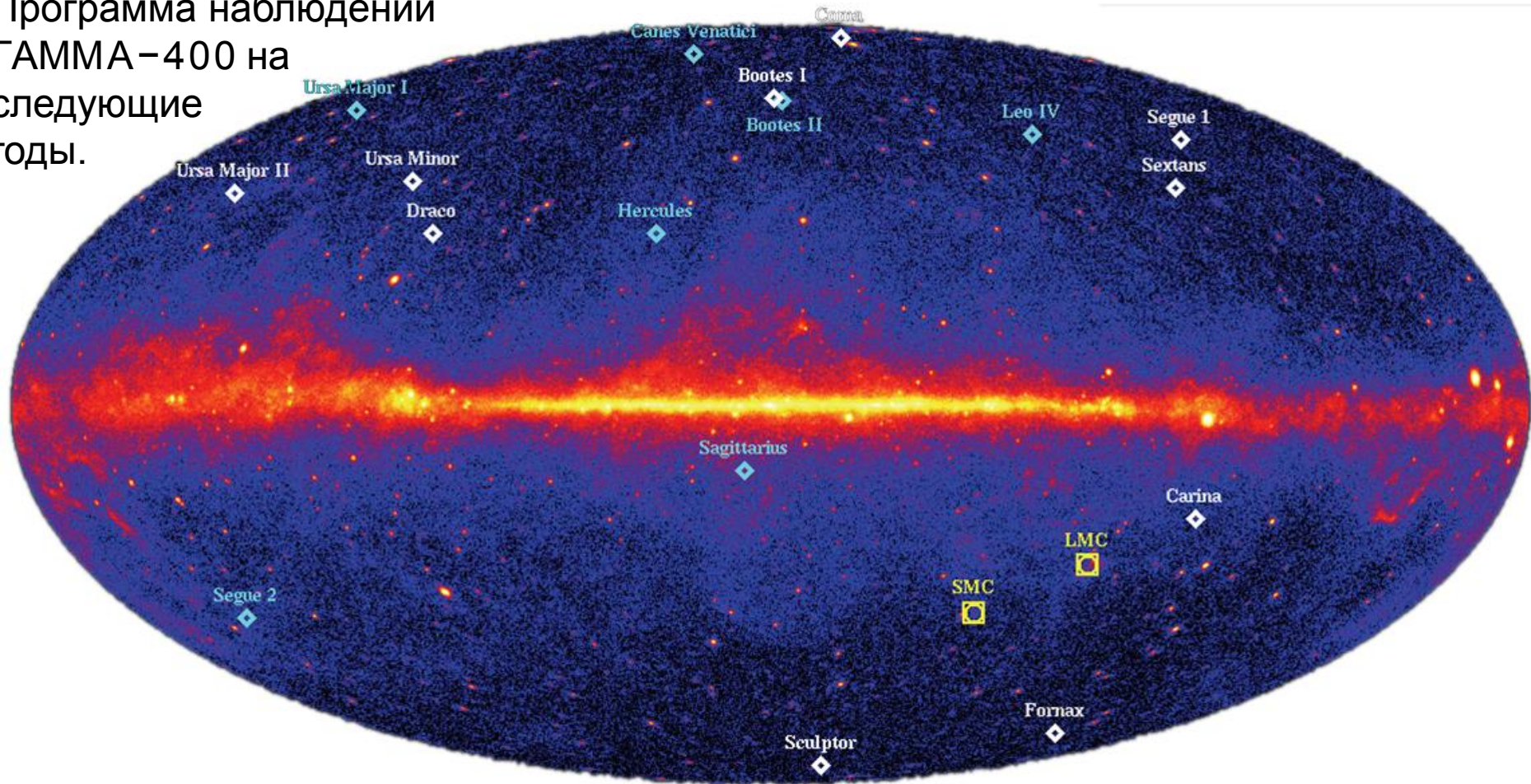
Gamma-400, 10X better dE/E , 10X better PSF (100X less background), same # of events from line



Alexander Moiseev Aspen 2013 Closing in on Dark Matter

Карта неба в гамма-диапазоне по данным Fermi LAT

Программа наблюдений
ГАММА-400 на
следующие
годы.



Наблюдение карликовых сферических галактик

ПРЕЦИЗИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГИЧНОГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ДИСКРЕТНЫХ ИСТОЧНИКОВ В НАШЕЙ ГАЛАКТИКЕ

LAT 2FGL Source Classes

Description	Identified		Associated	
	Designator	Number	Designator	Number
Pulsar, identified by pulsations	PSR	83	...	...
Pulsar, no pulsations seen in LAT yet	...	...	psr	25
Pulsar wind nebula	PWN	3	pwn	0
Supernova remnant	SNR	6	snr	4
Supernova remnant / Pulsar wind nebula	...	...	†	58
Globular cluster	GLC	0	glc	11
High-mass binary	HMB	4	hmb	0
Nova	NOV	1	nov	0
BL Lac type of blazar	BZB	7	bzb	429
FSRQ type of blazar	BZQ	17	bzq	353
Non-blazar active galaxy	AGN	1	agn	10
Radio galaxy	RDG	2	rdg	10
Seyfert galaxy	SEY	1	sey	5
Active galaxy of uncertain type	AGU	0	agu	257
Normal galaxy (or part)	GAL	2	gal	4
Starburst galaxy	SBG	0	sbg	4
Class uncertain	...	...	...	1
Unassociated	...	...	...	575
Total	...	127	...	1746

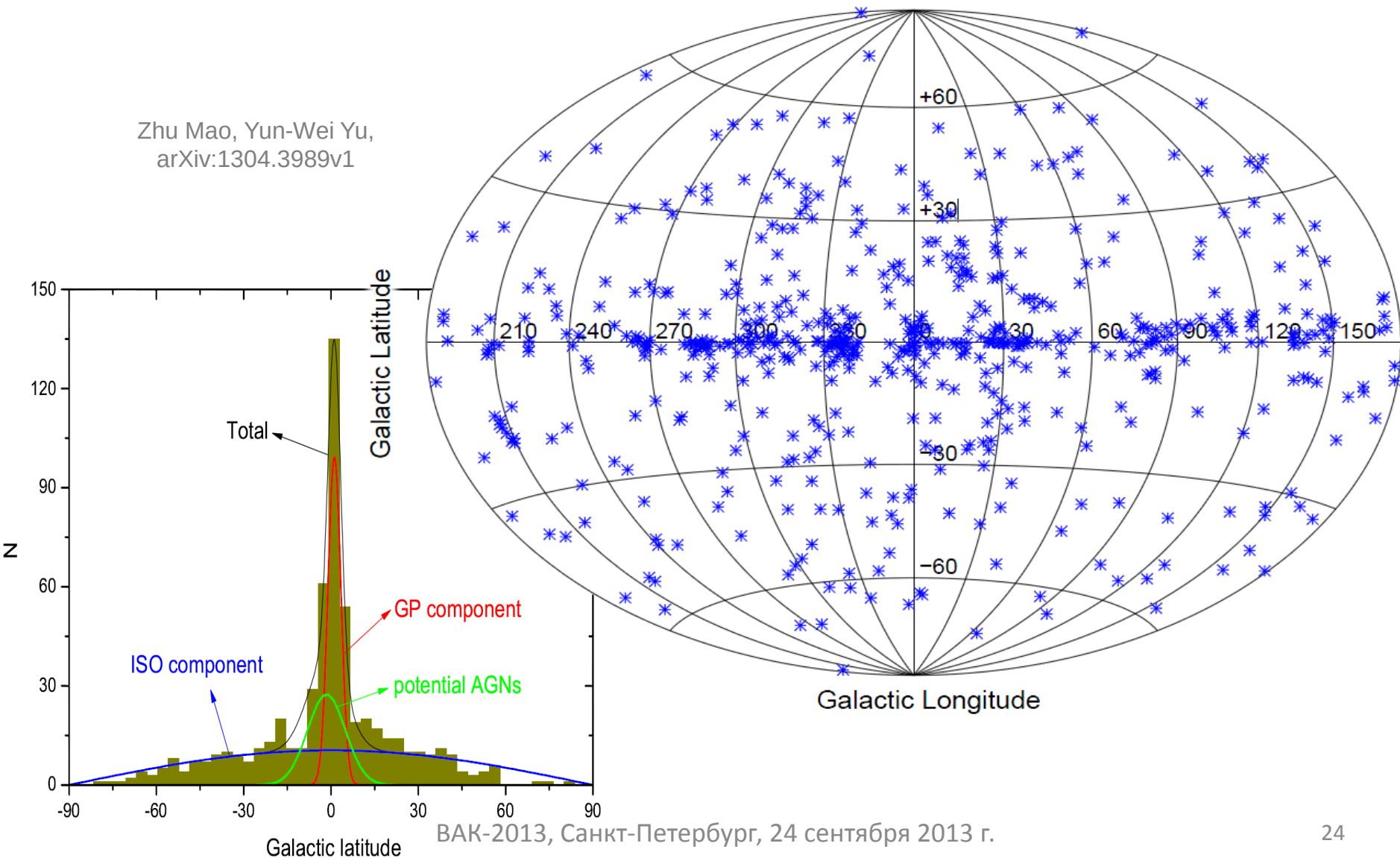
Источники высокоэнергетического космического излучения

- Галактические
 - PWN — плерионы (туманности, подпитываемые ветром пульсаров)
 - SNR — остатки от взрыва сверхновой
 - Двойные гамма-звёзды
- Внегалактические
 - Звёздообразующие галактики
 - AGN — Активные ядра галактик

[arXiv:1307.5560]

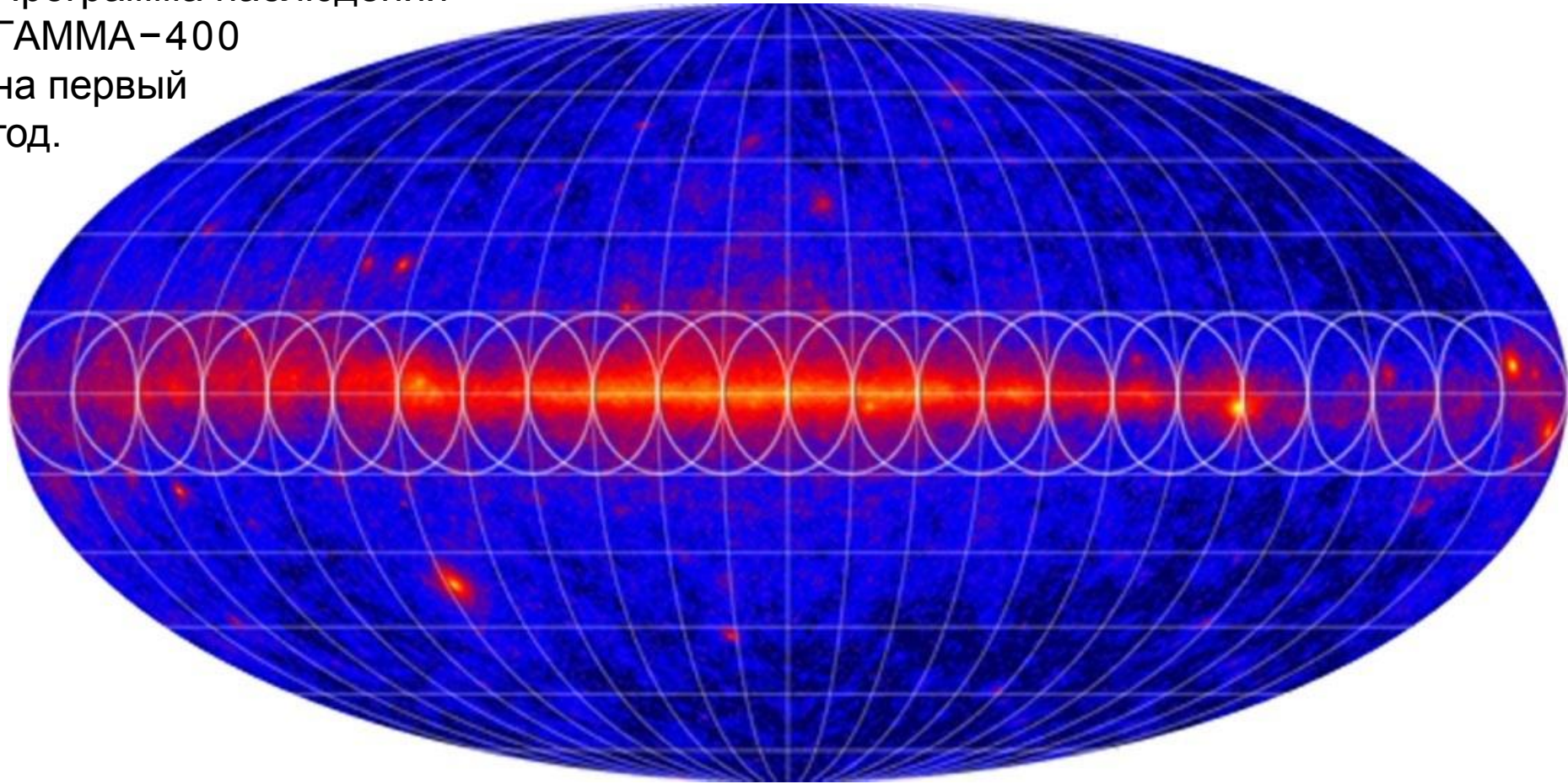
Распределение 573 неидентифицированных источников из каталога 2FGL

Zhu Mao, Yun-Wei Yu,
arXiv:1304.3989v1



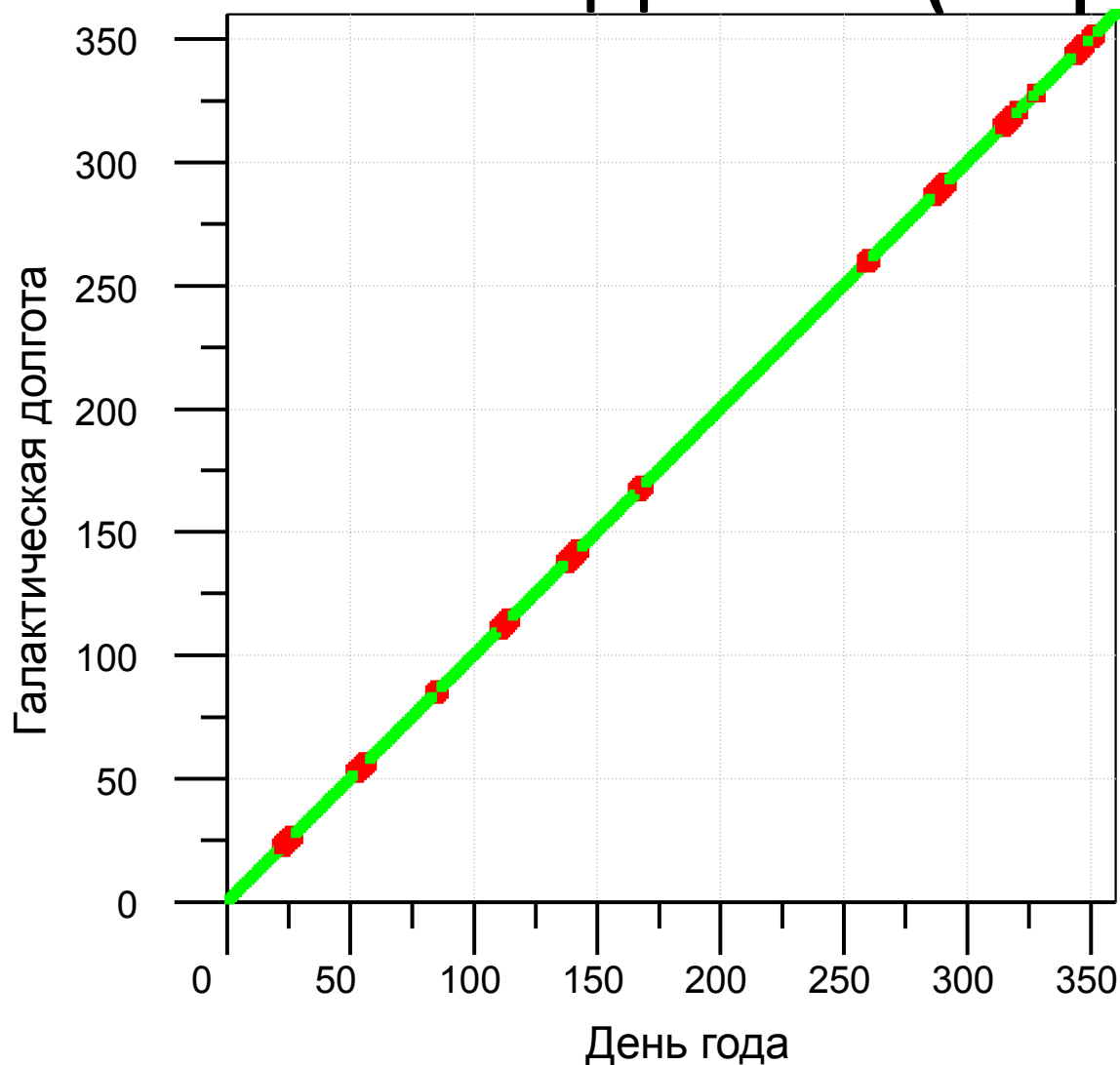
Карта неба в гамма-диапазоне по данным Fermi LAT

Программа наблюдений
ГАММА-400
на первый
год.



Сканирование Галактики

Предварительная программа наблюдений (первый год)



Условия:

Солнце < 45°,

Луна < 30°,

Земля < 30°.

• 306 «чистых» дней

• 59 дней с изменением
порядка наблюдения

30-дневная экспозиция

в каждой точке

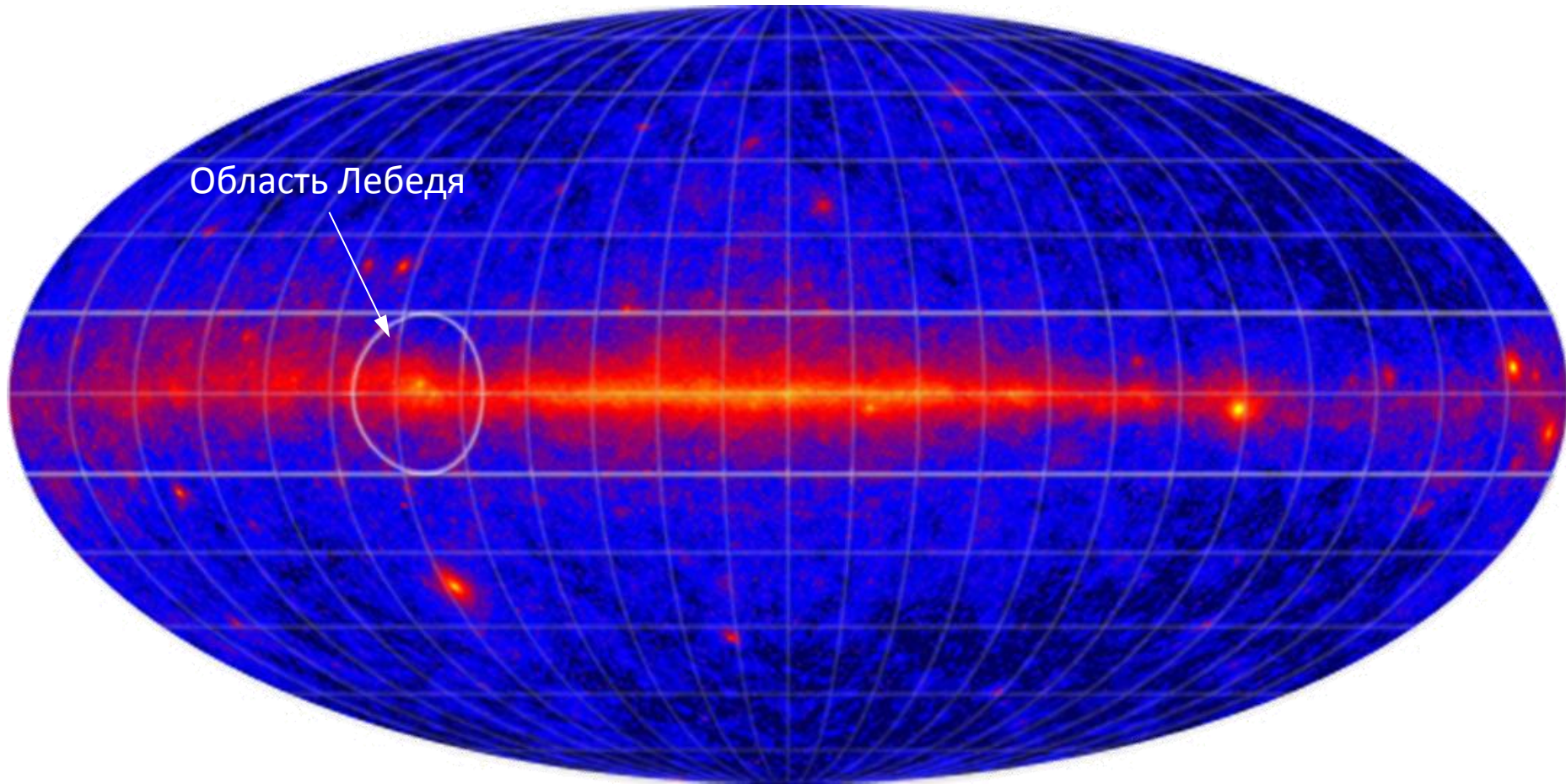
Минимальный поток:

$$10^{-9} \frac{\text{фотонов}}{\text{см}^2 \text{ с}}$$

Протяженные источники по данным 2FGL

2FGL Name	Extended Source	Spatial Form	Spectral Form	Reference
2FGL J0059.0–7242e	SMC	2D Gaussian	Exp Cutoff PL	Abdo et al. (2010e)
2FGL J0526.6–6825e	LMC	2D Gaussian ^a	Exp Cutoff PL	Abdo et al. (2010q)
2FGL J0617.2+2234e	IC 443	2D Gaussian	Log Parabola	Abdo et al. (2010p)
2FGL J0833.1–4511e	Vela X	Disk	Power Law	Abdo et al. (2010l)
2FGL J1324.0–4330e	Centaurus A (lobes)	Contour Map	Power Law	Abdo et al. (2010f)
2FGL J1514.0–5915e	MSH 15–52	Disk	Power Law	Abdo et al. (2010d)
2FGL J1801.3–2326e	W28	Disk	Log Parabola	Abdo et al. (2010k)
2FGL J1805.6–2136e	W30	Disk	Log Parabola	...
2FGL J1824.5–1351e	HESS J1825–137	2D Gaussian	Power Law	Grondin et al. (2011a)
2FGL J1855.9+0121e	W44	Ring	Log Parabola	Abdo et al. (2010o)
2FGL J1923.2+1408e	W51C	Disk	Log Parabola	Abdo et al. (2009b)
2FGL J2051.0+3040e	Cygnus Loop	Ring	Exp Cutoff PL	...

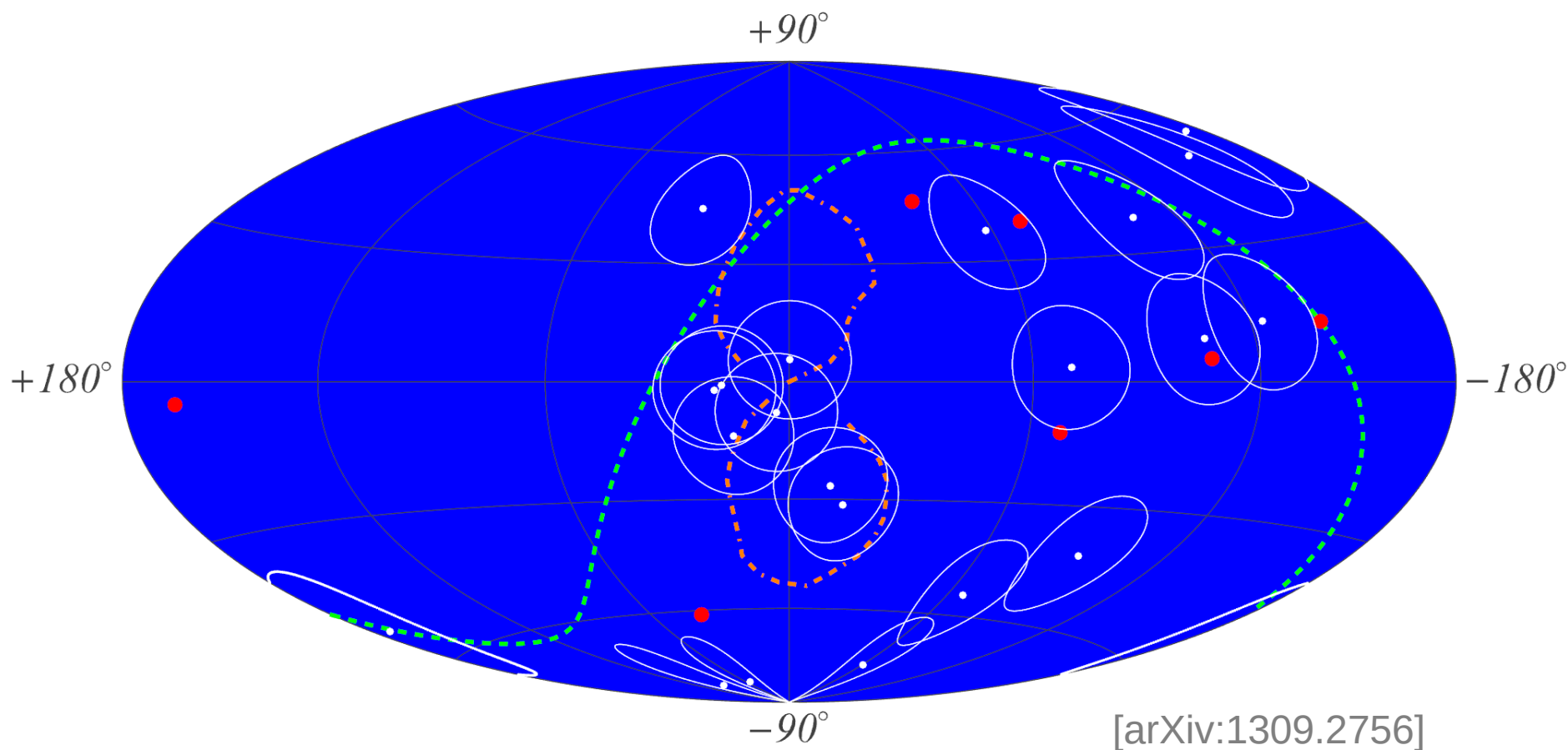
Карта неба в гамма-диапазоне по данным Fermi LAT



Используя данные TeV Gamma-Ray Source Catalogue (по данным наземных гамма-телескопов), можно рассчитать ожидаемое число гамма-квантов, которые ГАММА-400 зарегистрирует за 100 дней непрерывного наблюдения источника.

Наименование	Установка	Спектр. индекс	Интегр. поток $F(> 100 \text{ ГэВ}),$ $10^{-9} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$	Число гамма- квантов $N(> 100 \text{ ГэВ})$
1ES 1011+496	MAGIC	4.0	67.7	2921
1ES 1218+304	MAGIC	3.0	4.09	177
1ES 1959+650	MAGIC	2.78	5.805	251
1ES 2344+514	MAGIC	3.3	1.67	72
3C 279	MAGIC	4.11	219.0	9458
BL Lac	MAGIC	3.64	3.18	138
Crab	H.E.S.S., MAGIC	2.48	11.7	504
MAGIC J0616+225	MAGIC, VERITAS	3.1	0.605	26
Mkn 180	MAGIC	3.25	3.60	155
Mkn 421	H.E.S.S., MAGIC	3.2	6.05	261
Mkn 501	MAGIC	2.28	10.7	463
PG 1553+113	H.E.S.S., MAGIC	4.01	204.0	8833
PKS 2155-304	H.E.S.S., MAGIC	3.53	69.0	2983
RX J0852.0-4622	H.E.S.S.	2.2	0.331	14
RX J1713.7-3946	H.E.S.S.	2.84	0.618	27
W Com	VERITAS	3.8	4.570	198

Нейтрино IceCube



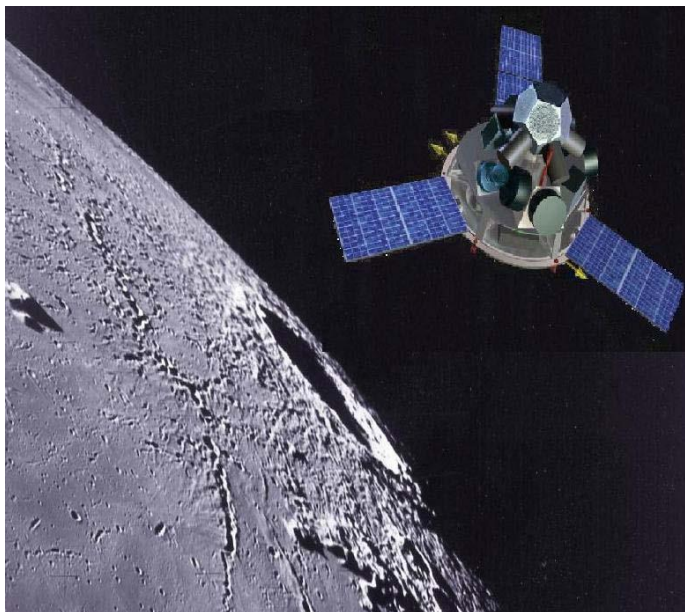
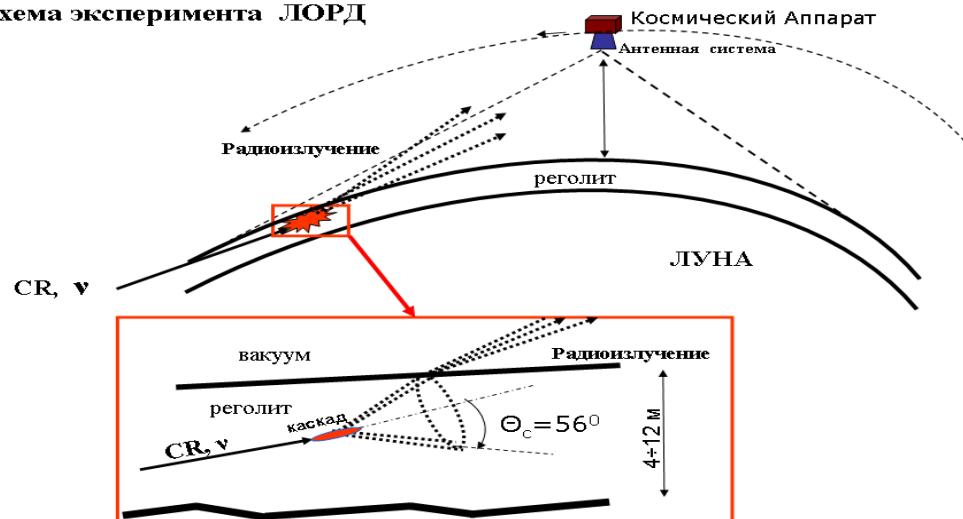
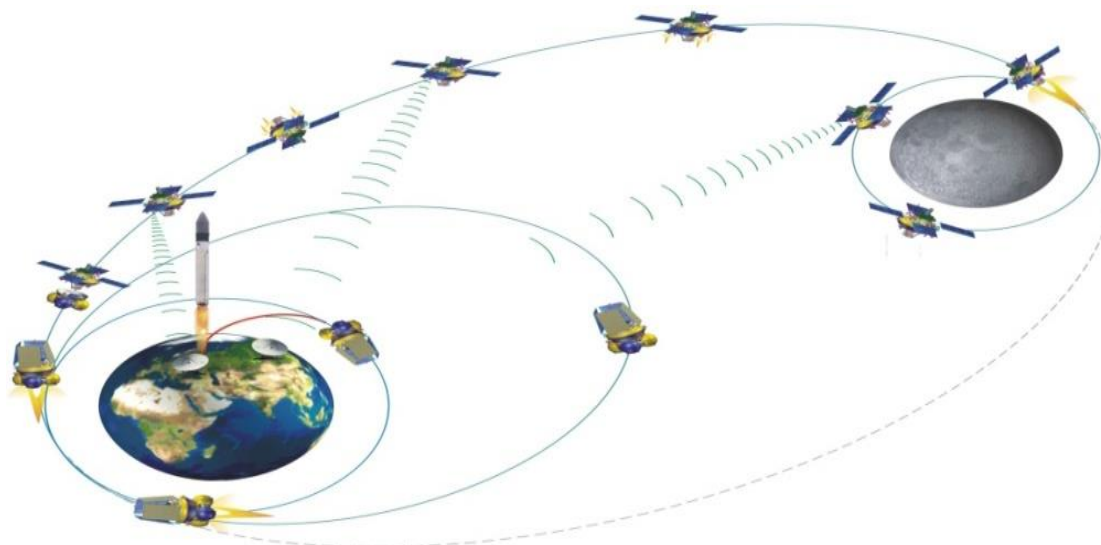


Схема эксперимента ЛОРД



Эксперимент ЛОРД – Лунный Орбитальный Радиодетектор

Регистрация наносекундных импульсов в частотном диапазоне 200-800 Гц.



Gusev G.A., Chechin V.A.,
Lomonosov B.N., Polukhina
N.G., and Ryabov V.A. //
*Design of the LORD
Experiment and Perspectives of
Ultrahigh-Energy Particles
Observation* // Nuclear
Instruments and Methods in
Physics Research A, 2012,
v.662, pp. 99 – 102

Схема выведения платформы «Луна-Глоб» на окололунную орбиту

Спасибо за внимание!