

ГАММА-АСТРОНОМИЯ И ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ

**А.М. Гальпер
(Отделение ядерной физики и
астрофизики)**

**Ученый совет ФИАН
27 февраля 2012 года**

Материя во Вселенной

(энергетический баланс)



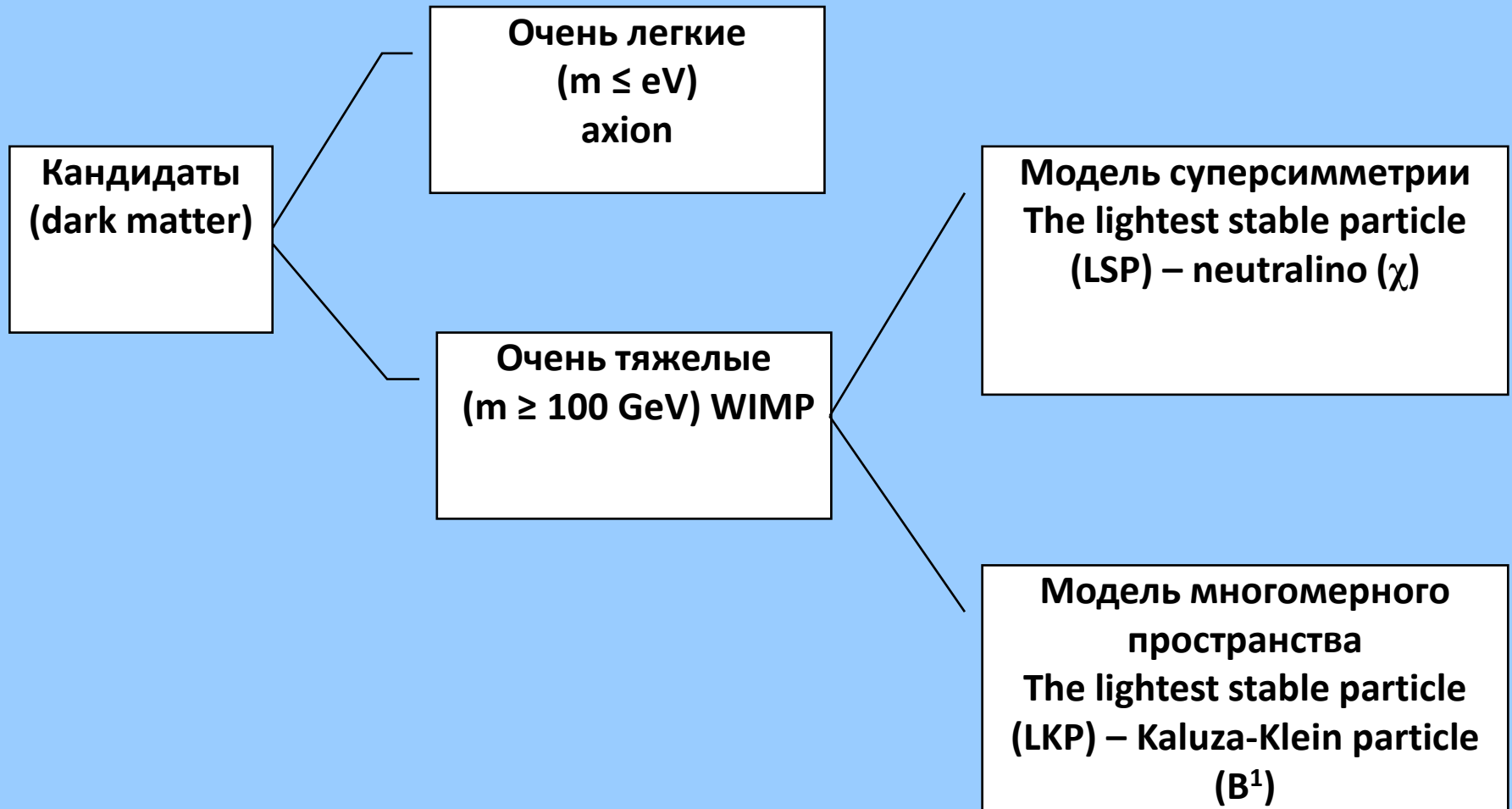
Модели темной материи

- **WIMP models**
- **Dark Stars**
- **Inelastic Dark Matter**
- **Dynamical Dark Matter**
- **Leptophilic Dark Matter**
- **Supersymmetric Models Beyond the MSSM**
- **Asymmetric Dark Matter**
- **Kaluza-Klein Models**
- **Inert Higgs Doublet**
- **Non-WIMP Models**
- **The Axion**

Кандидаты в темную материю

- **Kaluza-Klein Boson**
- Axion
- Axino
- Gravitino
- Photino
- SM Neutrino
- Sterile Neutrino
- Sneutrino
- Light DM
- Little Higgs DM
- Wimpzillas
- Q-balls
- Mirror Matter
- Champs (charged DM)
- D-matter
- Cryptons
- Self-interacting
- Superweakly interacting
- Braneworld DM
- Heavy neutrino
- **Neutralino**
- Messenger States in GMSB
- Branons
- Chaplygin Gas
- Split SUSY
- Primordial Black Holes

Кандидаты в темную материю



Регистрация частиц темной материи

Прямые методы

Регистрация взаимодействия слабовзаимодействующих массивных частиц с обычным веществом.

Регистрация рождения на ускорителе.

Косвенные методы

Регистрация продуктов аннигиляции WIMP в космосе

$$B^1 + B^1 \rightarrow e^+ + e^-, \gamma + \gamma, \dots$$

$$\chi + \chi \rightarrow b\bar{b}, t\bar{t}, \tau^+ \tau^-, Z^0 Z^0, Z^0 \gamma, W^+ W^-, HH \rightarrow \\ \rightarrow \gamma + \dots, \nu + \dots, e^\pm + \dots, p\bar{p} + \dots, d\bar{d} + \dots$$

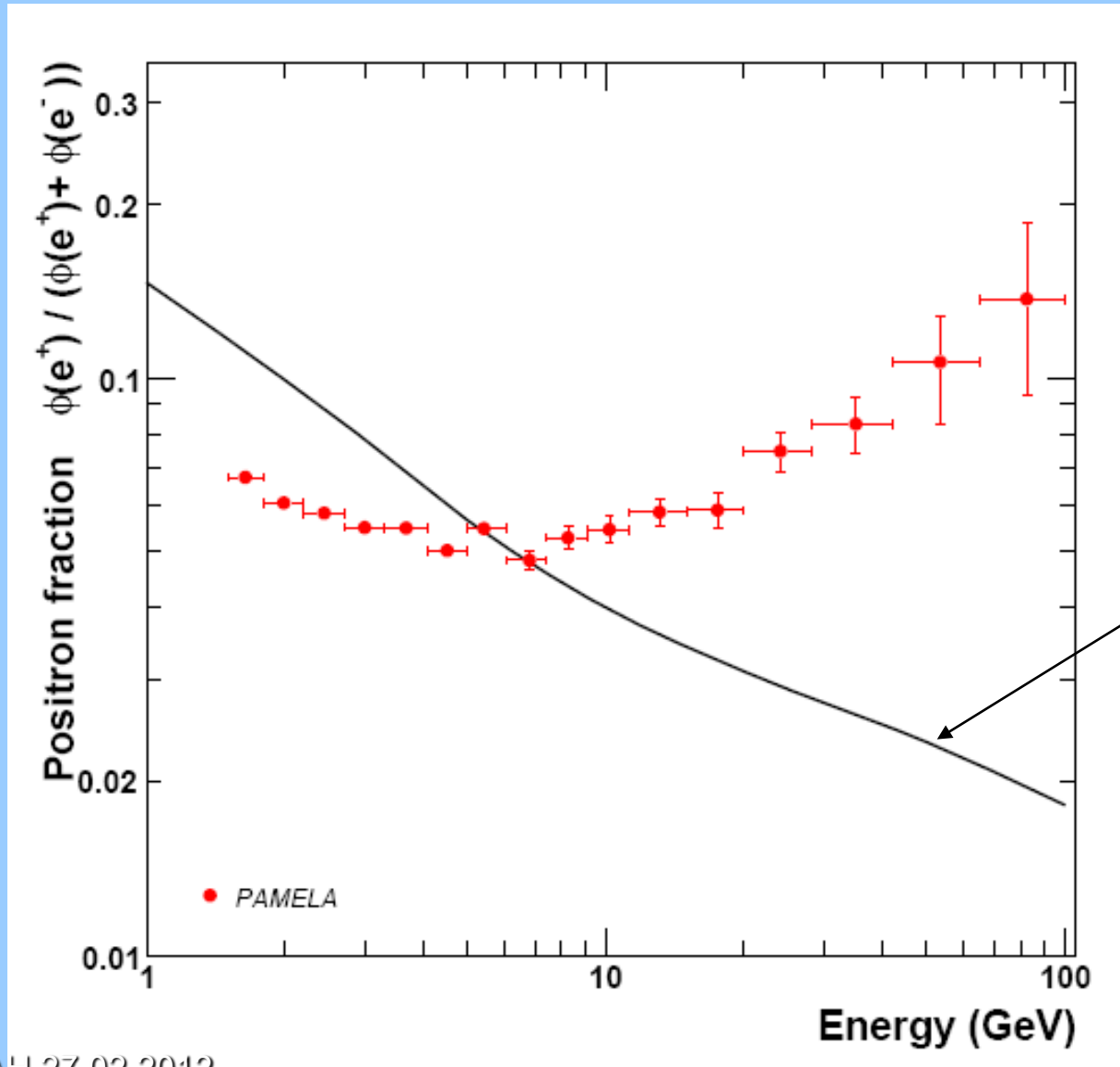
Регистрация продуктов распада WIMP в космосе

$$B_{kk} \rightarrow l^+ l^-; Z^0 Z^0; W^+ W^-$$

$$\chi \rightarrow l^+ l^- \nu; Z^0 \nu; W l$$

Изучение природы темной материи

Отношение потока позитронов к полному потоку электронов и позитронов



O.Adriani et al. //
Nature 2009, V.458, P.607

TOP TEN PHYSICS STORIES OF THE YEAR 2008

INSIDE SCIENCE RESEARCH --- **PHYSICS NEWS UPDATE** The American Institute of Physics
Bulleting of Research News Number 879 #1, December 22, 2008 www.aip.org/pnu by Phil Schewe

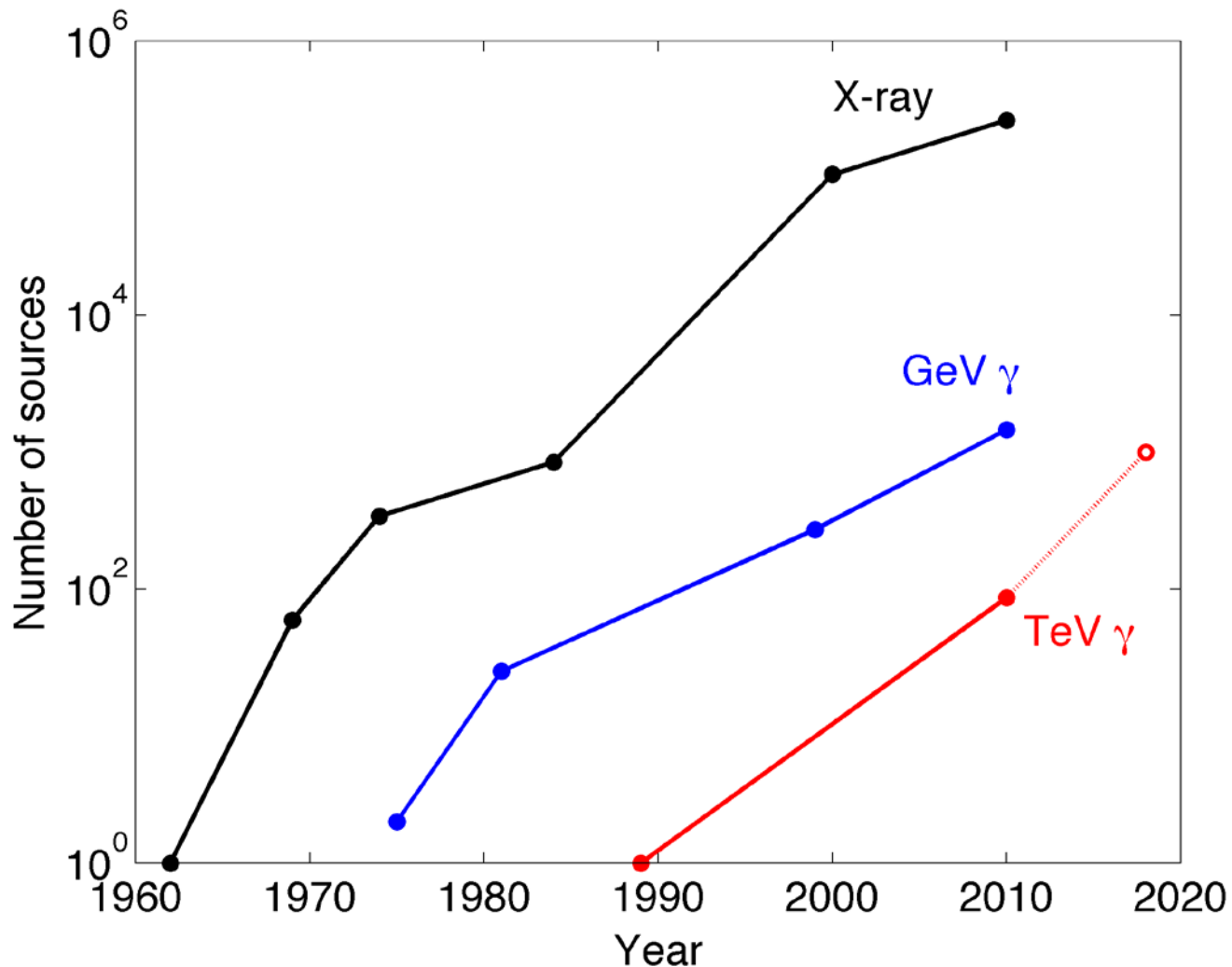
- *SUPERCONDUCTORS*
- *LARGE HADRON COLLIDER*
- *PLANETS*
- *QUARKS*
- *FARTHEST SEEABLE THING*
- *ULTRACOLD MOLECULES*
- *DIAMOND DETECTORS*

• **COSMIC RAYS**

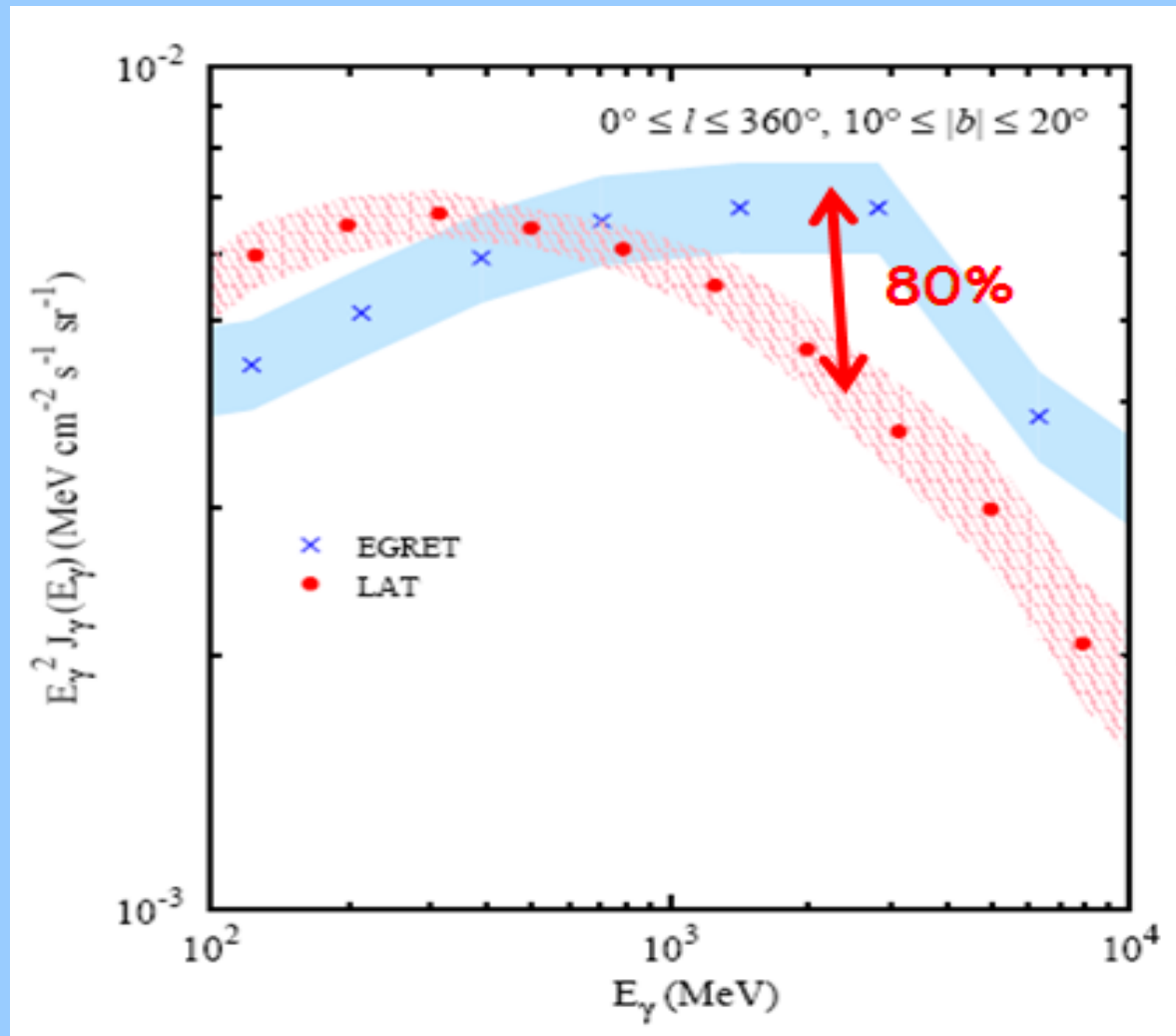
Another mystery pertains to the findings of two detectors held aloft-one by a balloon and one on a satellite-looking for oddities in the number of antiparticles arriving with regular particles among cosmic rays reaching Earth. They see an excess of such particles which some interpret as evidence for “dark matter,” a class of very-weakly-interacting particles not seen before. Scientists associated with the balloon-borne ATIC detector (Nature, 20 Nov) and the satellite **PAMELA** (<http://arxiv.org/abs/0810.4995>)

- *LIGHT PASSES THROUGH OPAQUE MATTER*
- *MACROSCOPIC FEEDBACK COOLING*

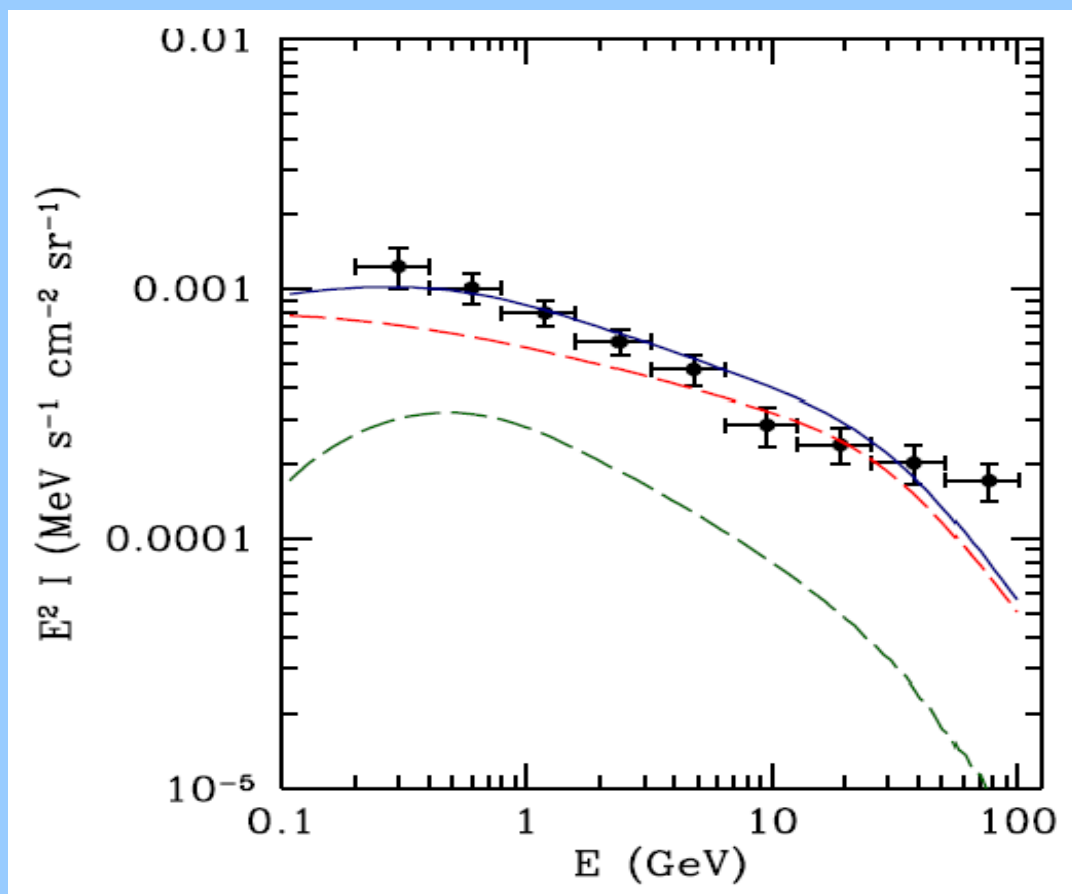
Развитие рентгеновской и гамма-астрономии



Спектр диффузного гамма-излучения по данным EGRET и FERMI/LAT

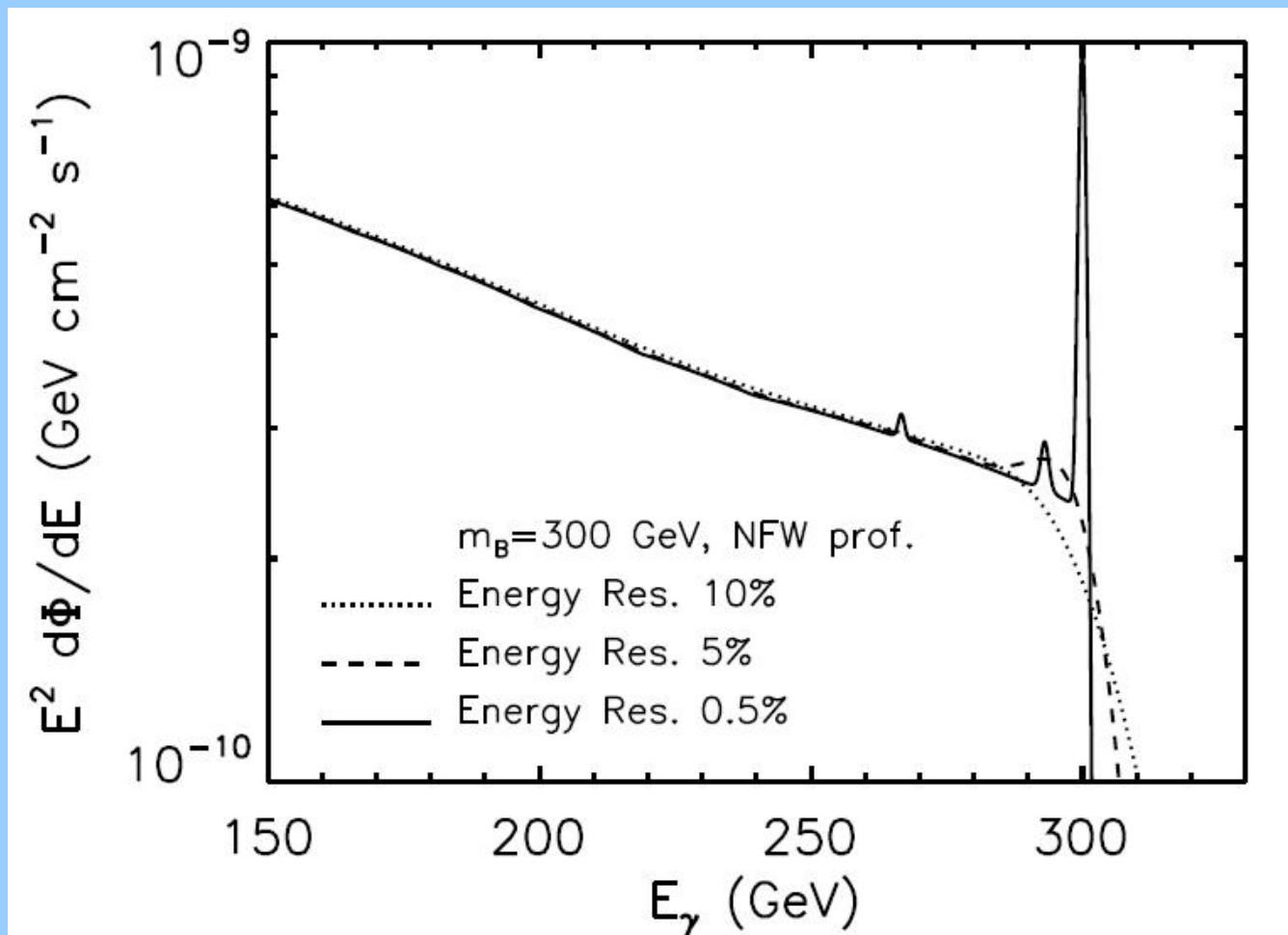


Внегалактическое гамма-излучение



Вклад звездообразующих галактик (зеленый), блазаров (красный) и их сумма (синий) во внегалактическое гамма-излучение.

Спектр гамма от V_{kk} массой 300 ГэВ



Эксперименты по поиску темной материи

Эксперимент	Комментарий
DAMA/LIBRA годовая модуляция	Нет объяснения; нет подтверждения другими экспериментами
CoGeNT избыток событий и годовая модуляция	Противоречит другим данным
EGRET избыток гамма-квантов с энергией $\sim$ ГэВ	Приборная ошибка (?) – не подтверждено FERMI
INTEGRAL линия 511 кэВ от области центра Галактики	Не обладает сферической симметрией – асимметрия, характерная для диска (?)
PAMELA: аномальное отношение космических позитронов/электронов	Эффект может быть вызван темной материей или пульсарами – не указывает однозначно на темную материю
FERMI позитроны+электроны	
FERMI избыток гамма-излучения в направлении центра Галактики	Нет объяснения; возможно это астрофизический эффект. Нет комментария от коллаборации FERMI
WMAP радио “haze”	Соответствует “FERMI bubbles” – возможно вызван потоками, исходящими из центра Галактики

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 мая 2009 г.

Москва, 2009 г.

Требования к гамма-телескопам нового поколения для поиска темной материи косвенным методом

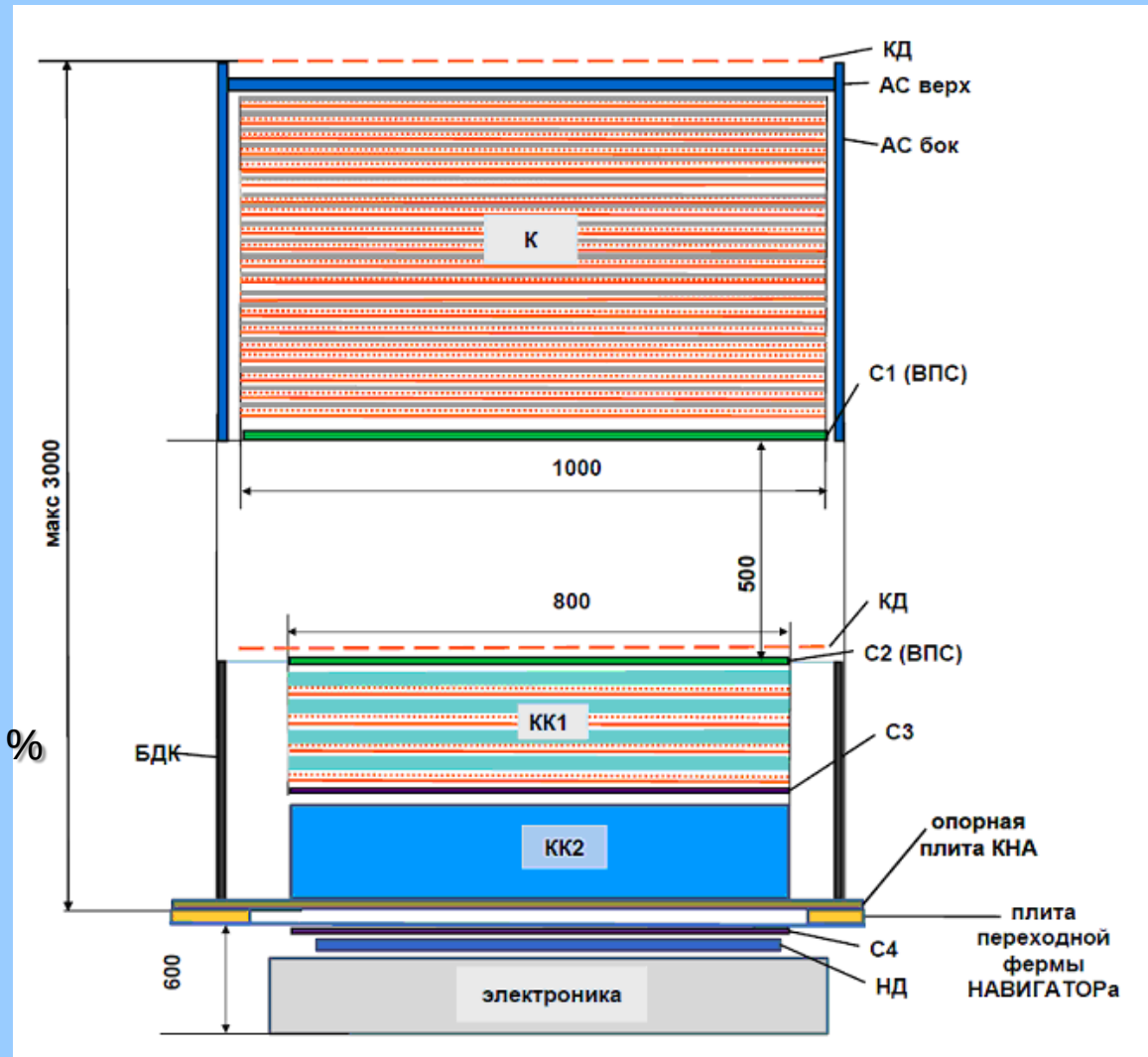
- большая чувствительная площадь (1-2 м²);**
- широкий энергетический диапазон от 0,1 ГэВ в области малых энергий и до нескольких ТэВ в области высоких энергий гамма-излучения;**
- высокое энергетическое разрешение ~ 1% при энергии гамма-квантов 100 ГэВ;**
- высокое угловое разрешение - лучше ~ 0,01 градуса при энергии гамма-квантов 100 ГэВ;**
- возможность одновременно с измерением гамма-излучения регистрировать электроны и позитроны космического излучения.**

Схема гамма-телескопа ГАММА-400

Угловое разрешение ~ 0.01 град

$E_{\gamma} = 100$ ГэВ

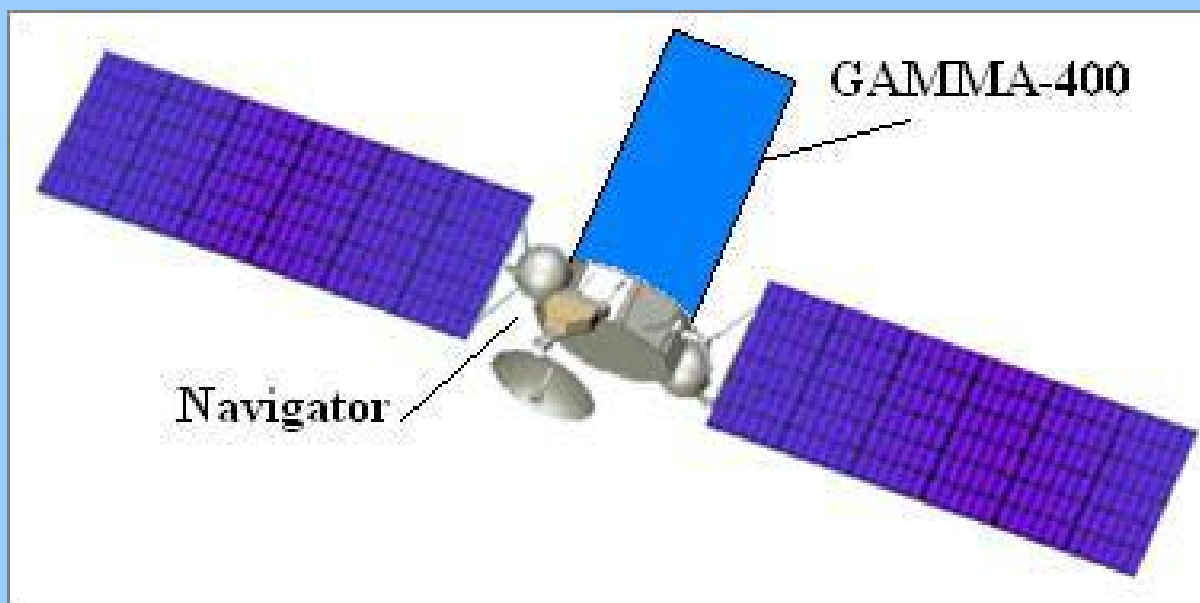
Энергетическое разрешение $\sim 1\%$



Физические характеристики ГАММА-400

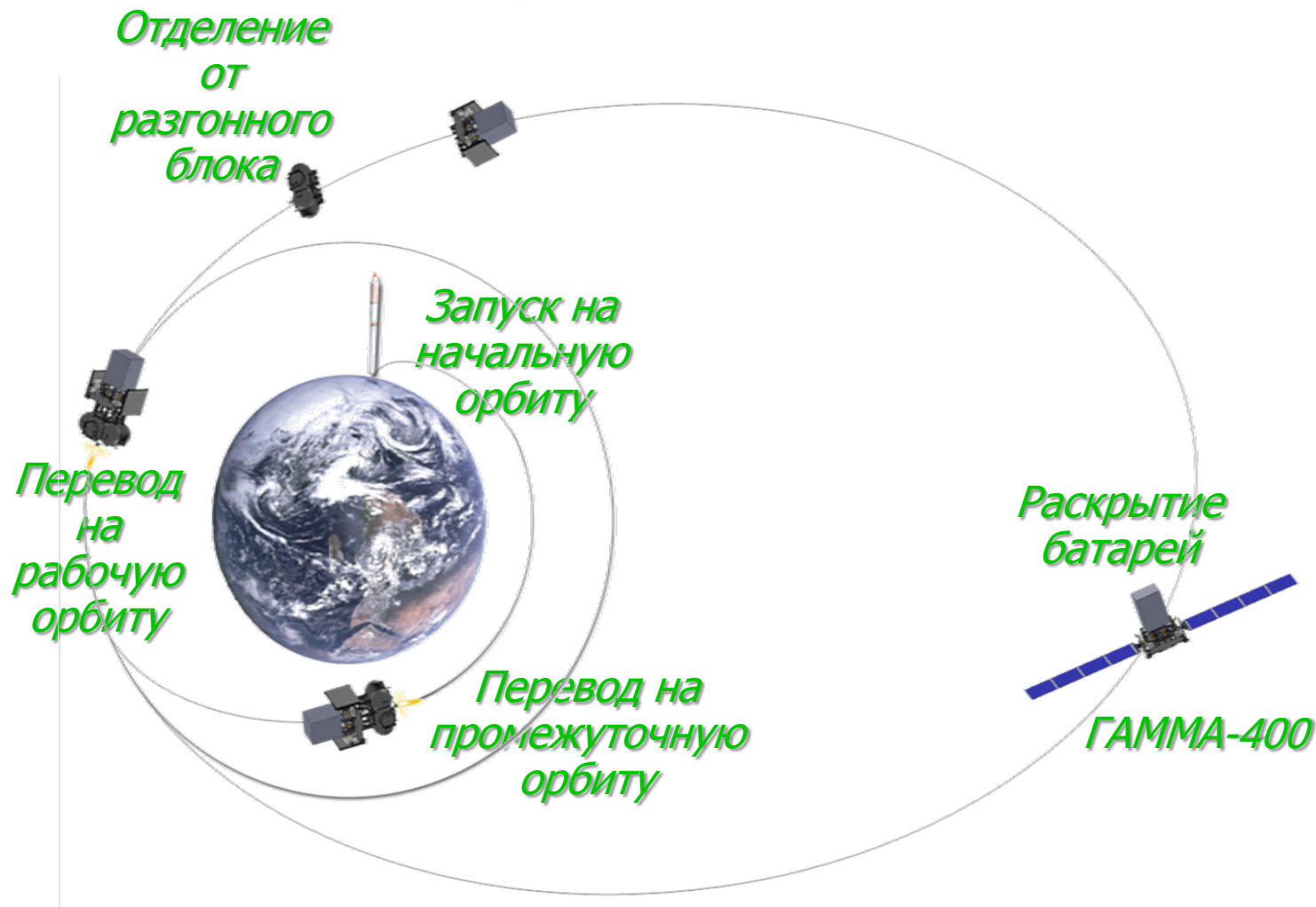
Энергетический диапазон	0,1-3000 ГэВ
Угловое разрешение ($E_\gamma > 100$ ГэВ)	$\sim 0,01^\circ$
Полная толщина калориметра	~ 25 р.е.д.
Энергетическое разрешение ($E_\gamma > 100$ ГэВ)	$\sim 1\%$
Коэффициент выделения электронов и позитронов на фоне протонов	$\sim 10^6$
Объем передаваемой информации	100 Гбайт/день

ГАММА-400 на платформе НАВИГАТОР



Масса ГАММА-400	2600 кг
Энергопотребление	2000 Вт
Научная телеметрия	100 ГБ/сутки
Дата запуска	2018 г
Время работы	> 7 лет

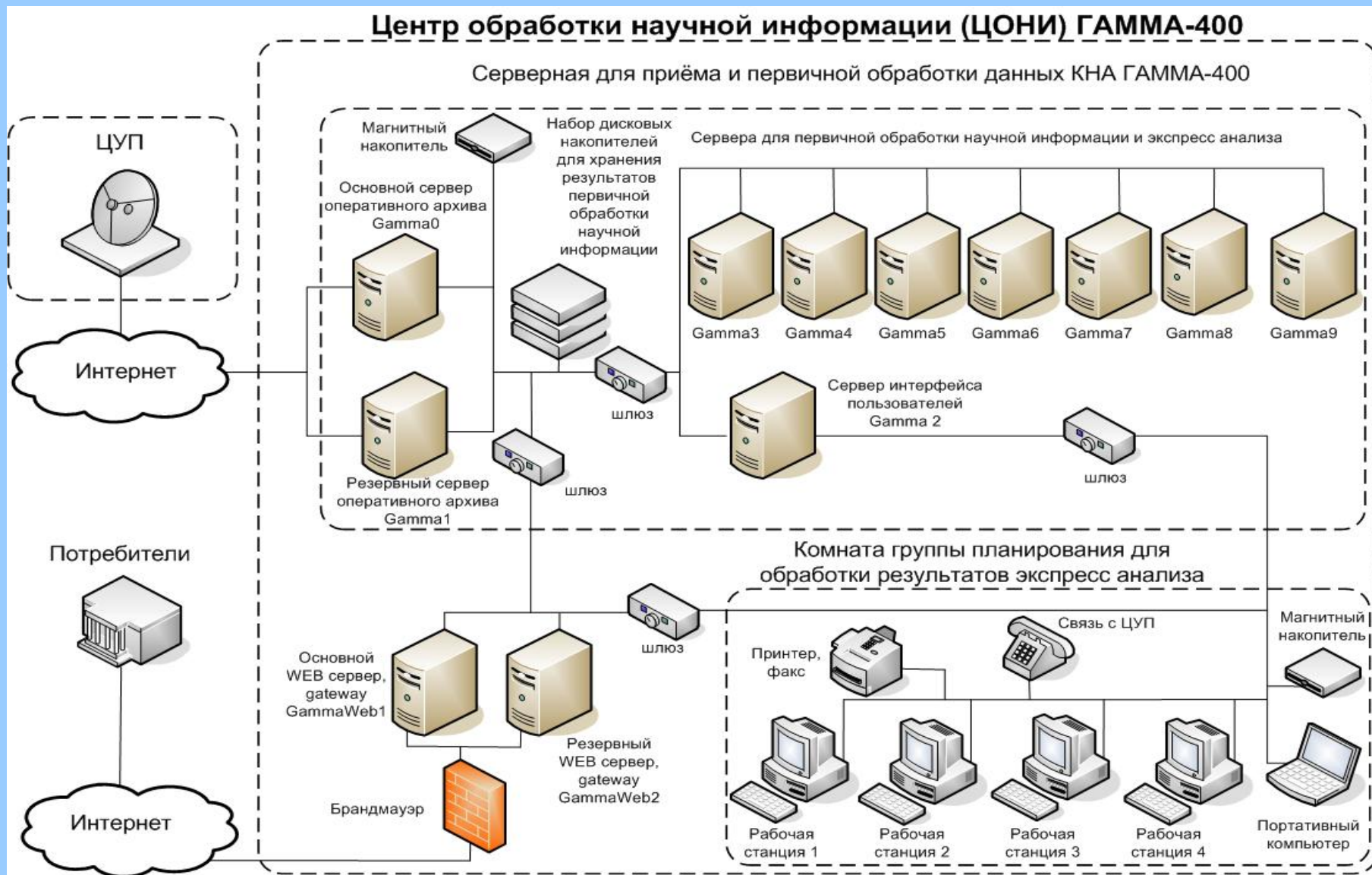
Схема запуска ГАММА-400



Эволюция орбиты



Наземный научный комплекс ГАММА-400



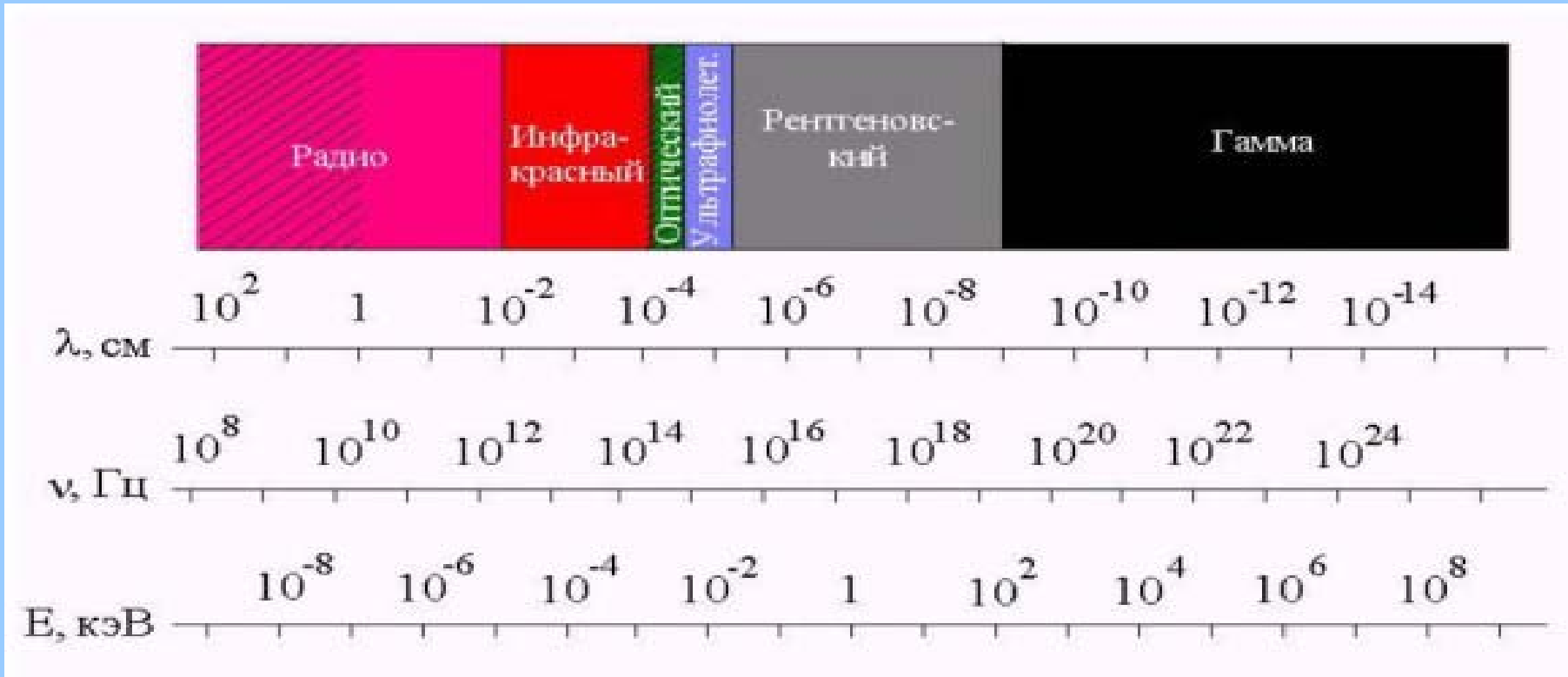
Радиоастрон
Спектр-Р
2011 г.

Миллиметровый
Спектр-М
2016 г.

Спектр-УФ
2015 г.

Спектр-РГ
2013 г.

ГАММА-400
2018 г.



**Российские космические программы для исследования
в различных диапазонах электромагнитного спектра**

Благодарю за внимание