



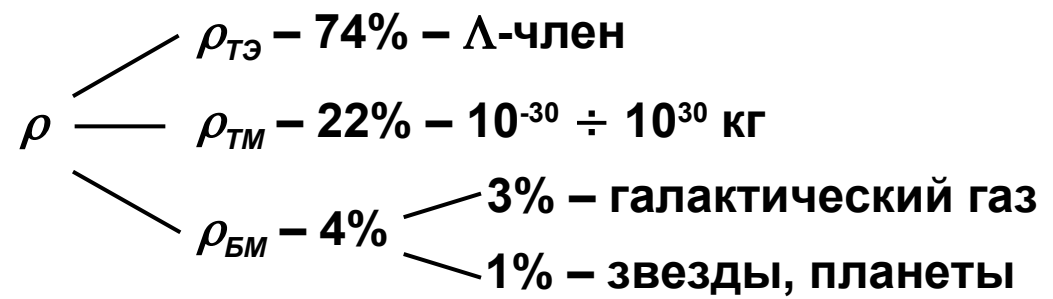
179(23) заседание Межпредметного семинара  
посвященное  
*Дню Космонавтики и 50-летию полёта в космос  
Ю.А.Гагарина*

## **Проблемы космологии и лабораторная астрофизика**

д.ф.-м.н. Беляев Вадим Северианович  
(начальник отдела внеатмосферной астрономии ЦНИИМаш)



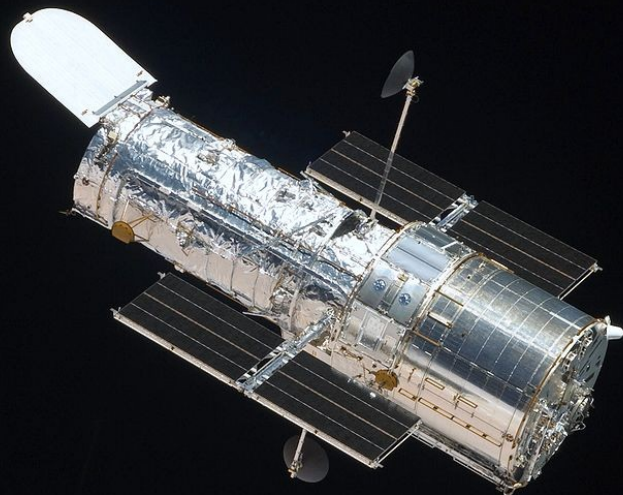
# Проблемы космологии



- конфликт: квантовая физика и ОТО
- физика элементарных частиц (суперструны и т.д.), квантовая космология
- космологическая проблема, инфляция,  $\Lambda$ -член
- гравитационные волны, их детектирование
- нейтронные звезды, пульсары, магнитары
- сверхновые звезды, гиперновые, гамма-всплески
- квазары, блазары, ядра галактик
- происхождение космических лучей высокой энергии
- нейтринная физика и космология
- экзопланеты, суперземли, жизнь во Вселенной
- гипотетические объекты: черные дыры, кротовые норы, космические струны

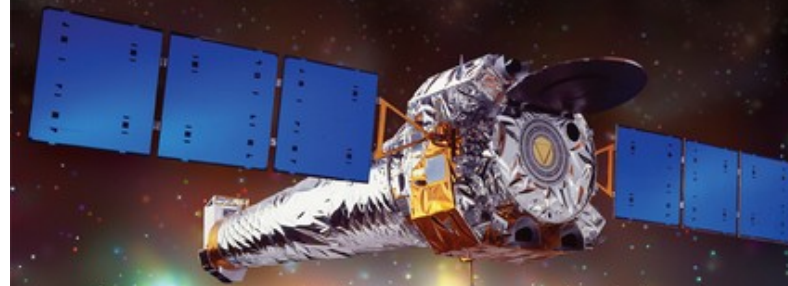
# Основные действующие космические телескопы

**Hubble 1990**



Видимый диапазон

**Chandra 1999**



Рентгеновский диапазон

**Herschel  
2009**



Инфракрасный  
диапазон

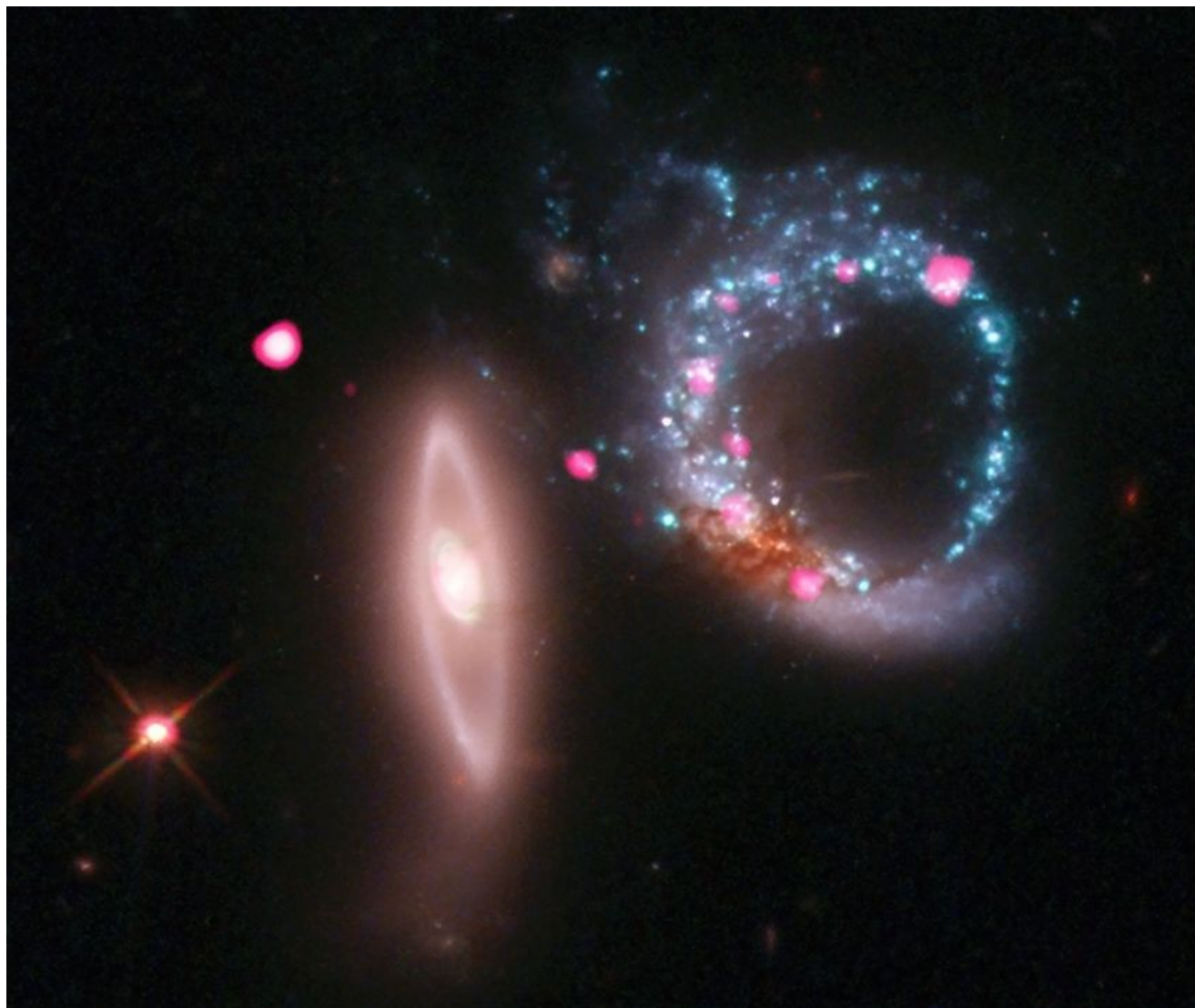
60-600  $\mu$   
L2  
 $\varnothing$  3.5 m  
 $f = 28.5$  m  
ESA

**Planck 2009**



Микроволновый  
диапазон

350-  
10000  $\mu$   
 $\varnothing$  1.5 m  
L2  
ESA



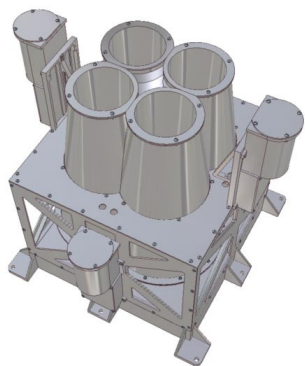
Arp 147 – объект, находящийся в созвездии Кита и удаленный на 430 млн. световых лет. Нынешний внешний вид скопления является результатом столкновения в прошлом спиральной и эллиптической галактик. Встреча привела к образованию исполинских размеров кольца из молодых звезд, большая часть которых из-за своей огромной массы превратилась в сверхновые, оставив после себя нейтронную звезду или черную дыру. О том, что кольцо просто «кишит» черными дырами, ученые сделали вывод на основании регистрации мощных потоков рентгеновского и гамма-излучений, исходящих из области кольца.



## **Российский прибор «Конус-Винд» на борту американского КА «Винд» исследует всплески космического гамма-излучения**

Аппаратура КОНУС была разработана и изготовлена в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе РАН. Спутник Wind был запущен 1 ноября 1994г. на орбиту, расположенную в межпланетном пространстве между Землей и точкой либрации L1. Аппаратура КОНУС была включена 11 ноября 1994г. и с тех пор непрерывно ведутся наблюдения.

Аппаратура эксперимента КОНУС-ВИНД обладает высокой чувствительностью в широком диапазоне энергий гамма-излучения, оптимальной программой регистрации временных и спектральных параметров гамма-всплесков и возможностью постоянного обзора всей небесной сферы в условиях отсутствия регулярных помех, характерных для околоземных орбит. За 15 лет получен огромный массив информации о более чем 3500 всплесках и активности всех известных гамма-репитеров.



## **Приборы «ХЕНД» и «ЛЕНД» на борту американских орбитальных аппаратов, которые уже позволили построить карты распределения водяного подповерхностного льда соответственно на Марсе и на Луне**

Прибор ХЕНД успешно работает на борту КА НАСА «2001 Марс Одиссей».

Прибор ЛЕНД успешно работает на борту лунного орбитального аппарата NASA «Lunar reconnaissance orbiter».

Эксперименты ЛЕНД и ХЕНД имеют общую методологию – исследование методами ядерной планетологии состава грунта небесного тела и поиск воды на нем с борта космического аппарата. Основные задачи, стоящие перед инструментом ЛЕНД – поиск водорода и водных ресурсов на Луне, а также измерение радиационного фона для подготовки пилотируемых экспедиций. Целью эксперимента является достижение 5 км пространственного разрешения в полярных районах Луны во время построения карт концентрации водорода, при возможности отличить места, где концентрация достигает  $10^{-4}$  по массе, от мест, где концентрация водорода находится на «фоновом» уровне  $5 \cdot 10^{-5}$ .

## Прибор «РИМ-ПАМЕЛА» на борту российского КА «Ресурс-ДК»



Магнитный спектрометр «ПАМЕЛА», установленный на борту КА «Ресурс-ДК1», осуществляет прецизионные измерения энергетических спектров заряженных высокоэнергичных космических лучей: антипротонов, протонов, легких ядер и ядер средней группы, электронов и позитронов.

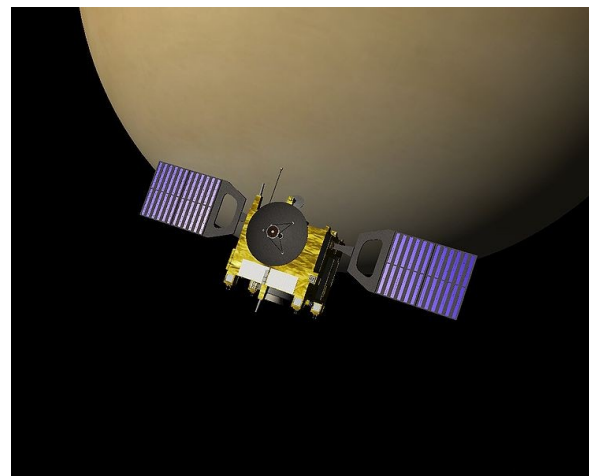
- измерение спектра антипротонов от 80 МэВ до 190 ГэВ (существующий предел 50 ГэВ);
- измерение спектра позитронов от 50 МэВ до 270 ГэВ (существующий предел 30 ГэВ);
- измерение спектра ядерной компоненты космических лучей (от H до C) от 100 МэВ/нукл до 200 ГэВ/нукл.

Работа прибора принесла очень ценную экспериментальную информацию – обнаружено аномальное возрастание отношения потоков галактических позитронов к суммарному потоку позитронов и электронов, что может интерпретироваться как первое свидетельство регистрации частиц тёмной материи

**Созданные с участием российских специалистов приборы, которые входят в комплексы научной аппаратуры европейских космических аппаратов «Марс-Экспресс» и «Венера-Экспресс».**

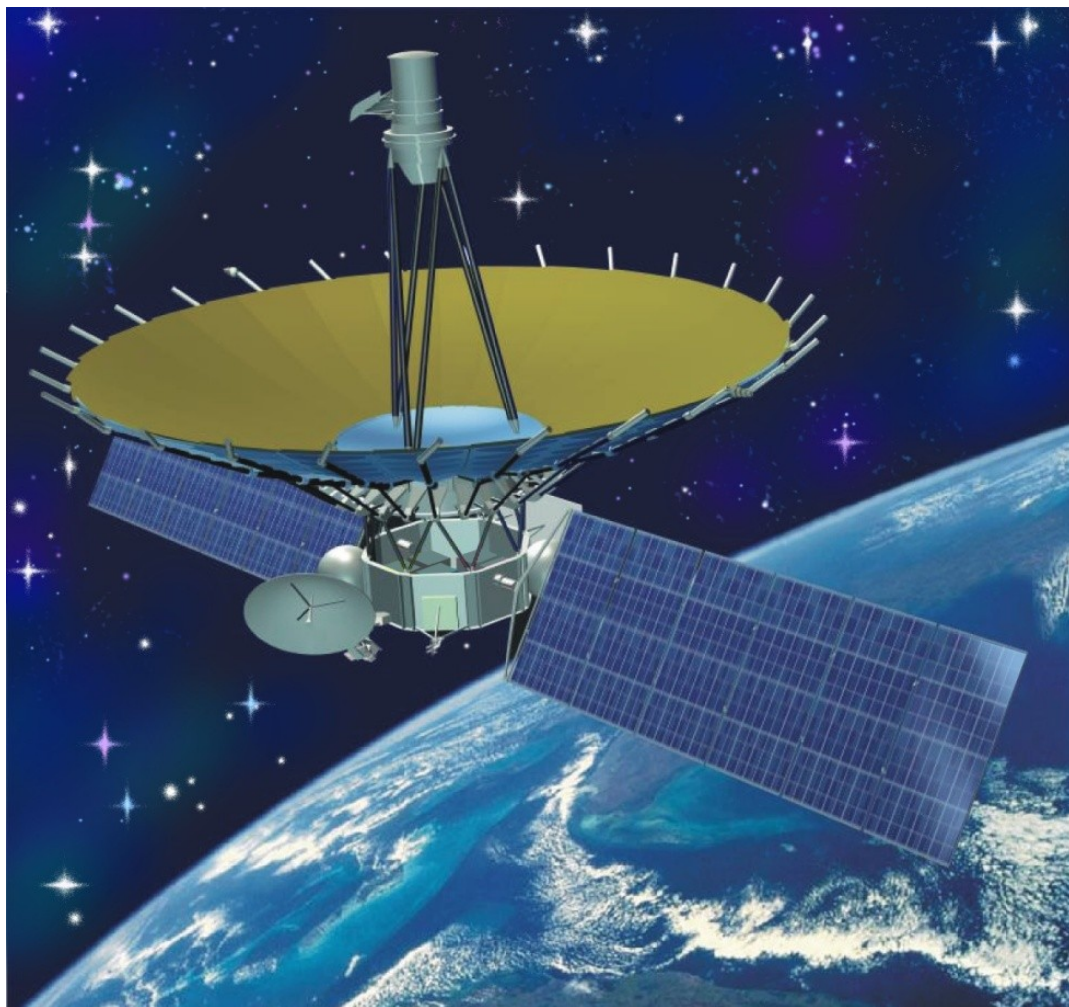


Июнь 2003  
-  
Август 2014



Ноябрь 2005  
-  
Август 2014

# 2011 Спектр-Р (Радиоастрон)



Рабочий диапазон длин волн

13.5 мм – 0.93 м

Рабочие частоты

0.324, 1.665, 4.83, 22.235 ГГц

Диаметр антенны

$D = 10$  м

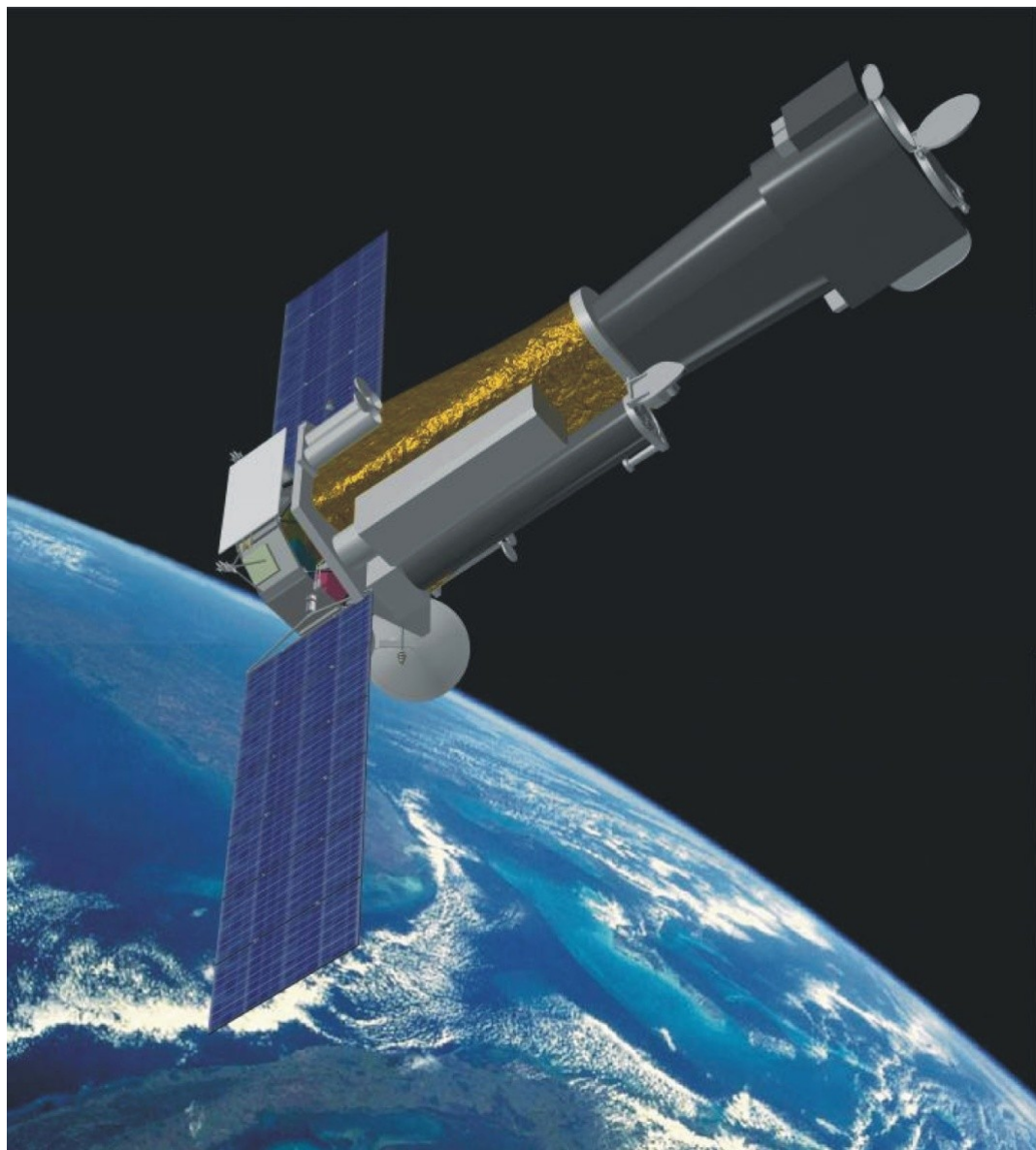
Орбита

высокоэллиптическая 330000/600 км  
наклоном  $51.3^\circ$ , период  
обращения 8,2 суток.

Образует **радиоинтерферометр со сверхдлинной базой** для получения изображений, координат и угловых перемещений различных объектов Вселенной с разрешением до 1 угл. мкс.

Астрофизическая обсерватория, обеспечивающая получение результатов радиоастрофизических наблюдений внегалактических объектов со сверхвысоким разрешением методами радиоинтерферометрии совместно с сетью наземных радиотелескопов в диапазонах длин волн 1,35 - 6 см, 18 см, 92 см, а также исследование свойств околоземной и межпланетной плазмы.

# 2013 Спектр-РГ (Спектр-Рентген-Гамма)



Рабочий диапазон энергий

0.5 – 30 кэВ

Эффективная площадь зеркала  
телескопа

1000 см<sup>2</sup>

Орбита

точка Лагранжа L2

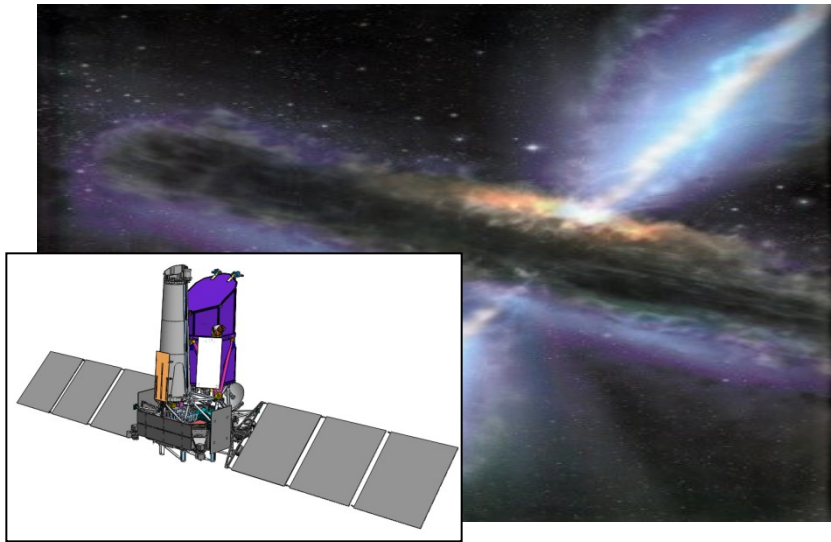
Исследование астрономических  
объектов в рентгеновском и “мягком”  
гамма диапазоне электромагнитного  
спектра

Астрофизическая обсерватория, обеспечивающая получение результатов исследований астрономических объектов в рентгеновском и гамма-диапазонах



# СРАВНЕНИЕ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОЕКТОВ ФКИ

## Астрофизические обсерватории



«СПЕКТР-РГ», Россия  
полёт – с 2012 года



Chandra, НАСА  
полёт – с 1999 года

Диапазон/разрешение:

0,5-10 кэВ/  $< 15''$  дуги (при 1 кэВ) и 6-30 кэВ/  $< 1'$   $\leftrightarrow$  0,1-10 кэВ/  $< 1''$  дуги.

Гарантированный срок активного существования:

7 лет  $\leftrightarrow$  5 лет ( работает более 10 лет).

Скорость передачи научной информации:

512 кбод  $\leftrightarrow$  512 кбод.

# 2014 Спектр-УФ (Всемирная Космическая Обсерватория -



Рабочий диапазон длин волн

110 – 350 нм

Полный диапазон длин волн

102 – 800 нм

Телескоп схемы Ричи-Кретьена

Диаметр главного зеркала

1.7 м

Фокусное расстояние

17.0 м

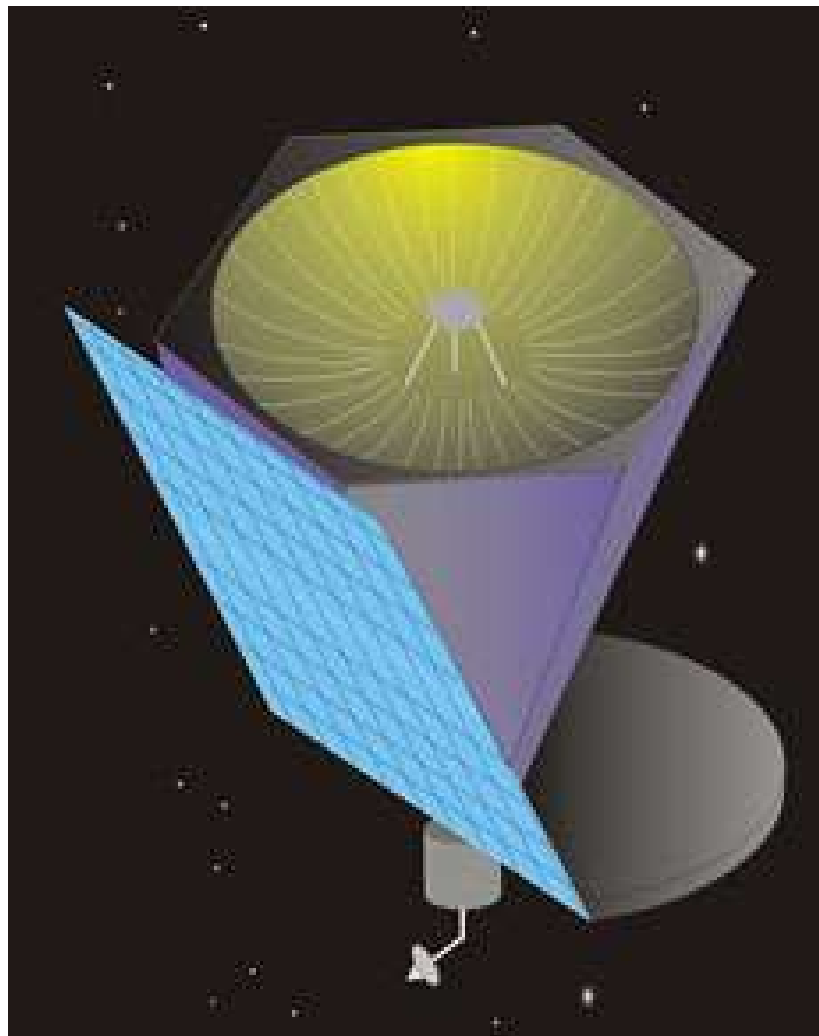
Орбита

круговая, наклонение  $51.4^\circ$ ,  
период обращения 24 часа.

Исследование Вселенной в  
ультрафиолетовом участке  
электромагнитного спектра

Астрофизическая обсерватория, обеспечивающая получение результатов исследований астрономических объектов в диапазоне волн электромагнитного излучения от 1000 до 3500 ангстрем и динамики происходящих в них процессов

# 2018 Спектр-М (Миллиметрон)



Рабочий диапазон длин волн

10 мкм – 20 мм

Диаметр главного зеркала

12 м

Температура поверхности зеркала

4.0 K

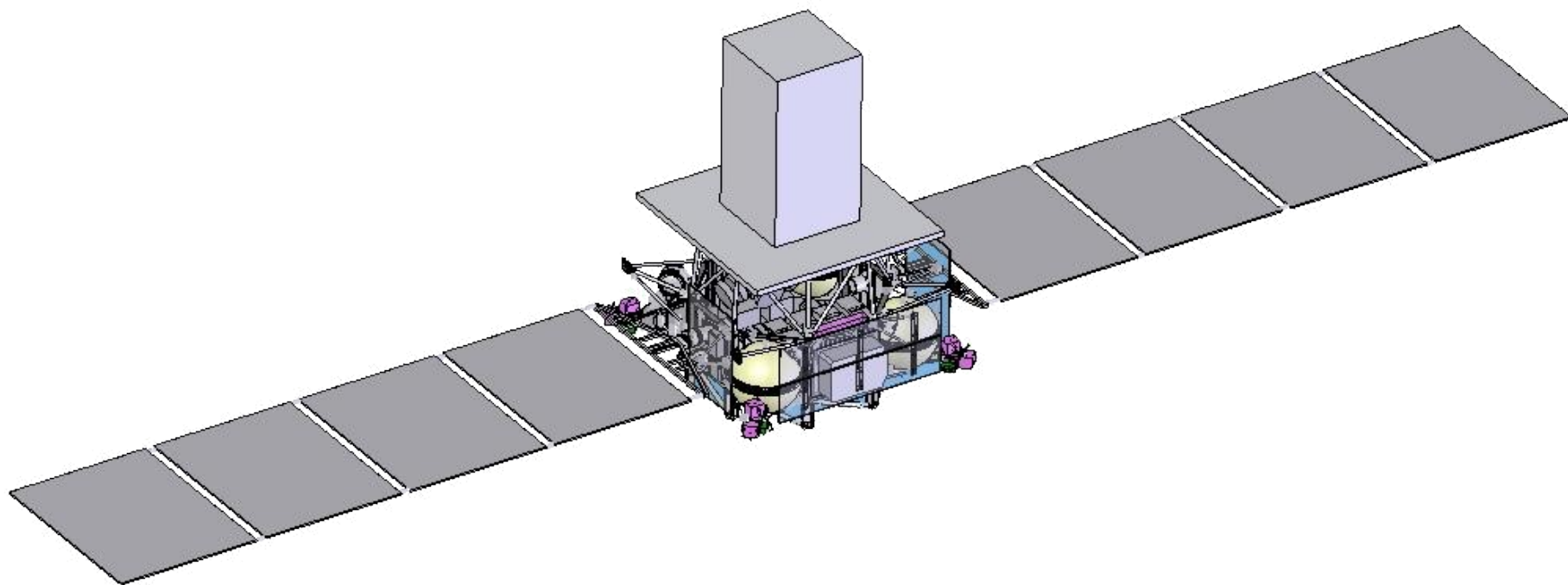
Температура в криокотейнере

0.1 K

Исследование астрономических объектов со сверхвысокой чувствительностью в миллиметровом, субмиллиметровом и дальнем инфракрасном диапазонах спектра электромагнитного излучения.

Космическая обсерватория и функционирующий на ее основе интерферометр с угловым разрешением до 30 наносекунд дуги, обеспечивающие получение уникальной информации о глобальной структуре Вселенной, о строении и эволюции галактик, их ядер, звезд и планетных систем, а также об органических соединениях в космосе, объектах со сверхсильными гравитационными и электромагнитными полями.

# 2015-2017 Гамма-400



Рабочий диапазон энергий  
Угловое разрешение  
Энергетическое разрешение

1 – 3000 ГэВ  
до  $0.01^\circ$   
 $\sim 1\%$

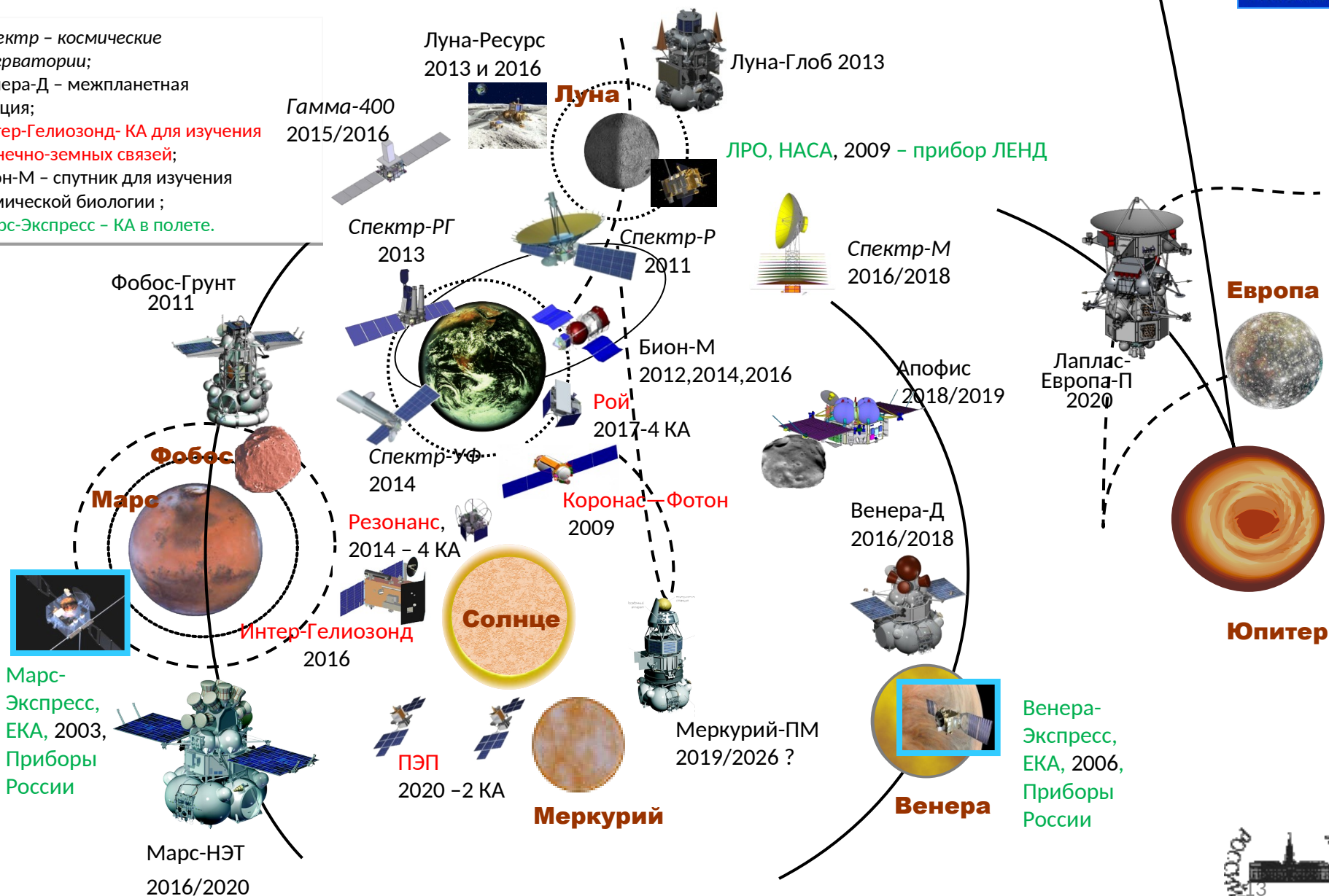
Космическая обсерватория, обеспечивающая получение данных для определения природы "темной материи" во Вселенной, развития теории происхождения высокоэнергетичных космических лучей и физики элементарных частиц



# РОССИЯ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ – ведущиеся и планируемые до 2020г. полёты



- Спектр – космические обсерватории;
- Венера-Д – межпланетная станция;
- Интер-Гелиозонд- КА для изучения Солнечно-земных связей;
- Бион-М – спутник для изучения космической биологии ;
- Марс-Экспресс – КА в полете.



# **Лабораторная астрофизика**

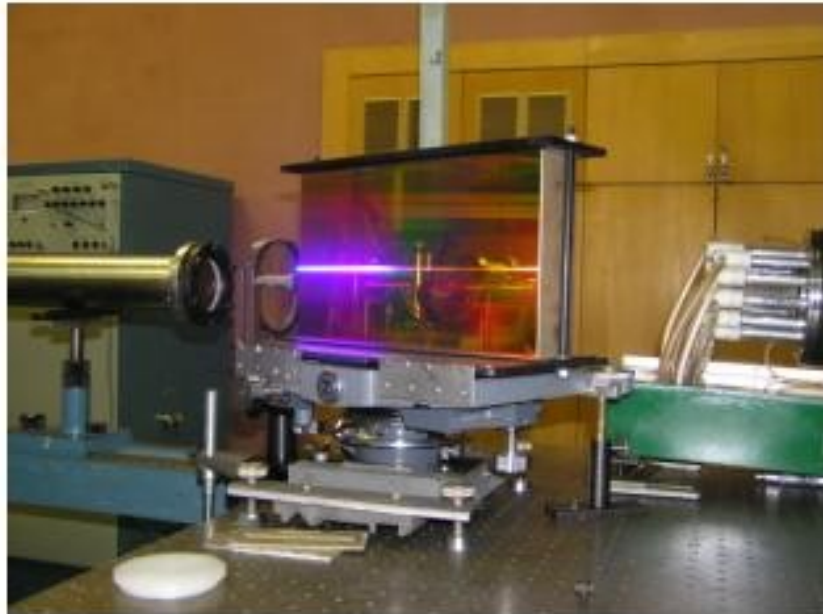
## **Основные направления исследований**

- легкогазовые пушки, метательные устройства;**
- взрывные генераторы;**
- магнитокумулятивные генераторы;**
- сильноточные генераторы импульсов электрических токов;**
- ускорители заряженных частиц;**
- лазеры**

# **Исследования по лабораторной астрофизике**

- **University of Rochester**
- **Osaka University**
- **Lawrence Livermore National Laboratory**
- **Ecole Polytechnique**
- **Rutherford-Appleton Laboratory**
- **Los Alamos National Laboratory**
- **Atomic Weapons Establishment Laboratory**
- **Sandia National Laboratory**
- **Imperial College London**
- **University of Michigan**

# Экспериментальная база отдела – установка НЕОДИМ



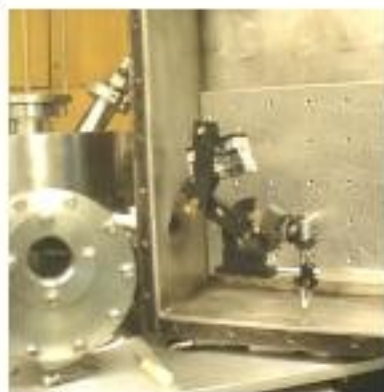
$$J = 3 \cdot 10^{18} \text{ Вт/см}^2$$

$$\varepsilon = 15 \text{ Дж}$$

$$\tau = 10^{-12} \text{ сек}$$



# Комплекс диагностики плазмы



## Рентгеновский спектр

Рентгеновский фокусирующий спектрограф с высоким пространственным разрешением на основе сферического кристалла слюды или кварца  
 $\lambda = 7 \div 9 \text{ \AA}$ ,  $\lambda/\Delta\lambda \geq 5000$



## Нейтронное излучение

Высокочувствительный активационный детектор нейтронов на основе реакции  $^{115}\text{In}(n,\gamma)^{116}\text{In}$   
чувствительность 0,5 единиц/(н/см<sup>2</sup>)



## Нейтронное излучение

Всеволоновой детектор нейтронов на основе  $^3\text{He}$  счетчиков  
 $E = 0 \div 10 \text{ МэВ}$   
Эффективность 50%



## Нейтронное и $\gamma$ -излучение

Детекторы на основе стильбеновых ( $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$ ) и пластиковых сцинтилляторов  
 $E_\gamma = 100 \text{ кэВ} \div 10 \text{ МэВ}$   
 $E_n = 0,5 \text{ МэВ} \div 10 \text{ МэВ}$



## $\gamma$ -излучение

$\gamma$ -детектор на основе кристалла  $\text{NaI(Tl)}$

$E_\gamma = 10 \text{ кэВ} \div 5 \text{ МэВ}$

## Заряженные частицы

Трековый детектор типа CR-39 с фильтрами

# Плазма, образованная воздействием на мишень $J > 10^{19}$ Вт/см<sup>2</sup>, $\tau < 10^{-12}$ сек

Температура	$T_i$	100 кэВ
Давление	$P$	$10^{11}$ атм
Магнитные поля	$B$	$10^9$ Гс (700 МГц)
Электрические поля	$E$	$10^{12}$ В/см
Плотность электронов	$U_e$	$10^{23}$ см <sup>-3</sup>
Энергия электронов	$E_e$	350 МэВ
Энергия протонов	$E_p$	60 МэВ

## Результаты экспериментальных исследований

1. Генерация быстрых электронов
 

$E_e = 1 - 7 \text{ MeV}$   $\gamma$ -детекторы  
 $N_\gamma = 10^9$   ${}^9\text{Be}(\gamma, n)2\alpha$   $E_{\text{ПОР}} = 1.67 \text{ MeV}$   
 $N_\gamma = 10^3$   ${}^{181}\text{Ta}(\gamma, n){}^{180}\text{Ta}$   $E_{\text{ПОР}} = 7.56 \text{ MeV}$   
 $E_p = 1.9 - 5.0 \text{ MeV}$   ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$   
 $N_p = 10^9$   $E_{\text{ПОР}} = 1.88 \text{ MeV}$
2. Генерация быстрых протонов
 

$T_{i, \text{ПРОМ}} = 35 \text{ keV (17\%)}$   $E_{i, \text{МАХ}} = 1.4 \text{ MeV}$   
 $T_i = 350 \text{ keV}$   $E_{\text{НАПР.}i} = 25 \text{ keV}$  - направленное движение вглубь мишени
3. Генерация быстрых ионов
4. Исследование реакции синтеза
 

$D(d, n){}^3\text{He}$

а)  $Y_n \approx 10^5$  для  $(\text{CD}_2)_n$ -твердотельной мишени,  $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$   
 $(\text{CD}_2)_n$ -пенной мишени  $\rho = 10 \div 50 \text{ mg/cm}^3$   
 б)  $Y_n$  от  $K = I_0/I_{\text{PREPULSE}} = 10^1 \div 10^9$ 

$t_{\text{ПРЕД1}} = 1.5 \text{ ps}$   $\Delta t = 14 \text{ ns}$   
 $t_{\text{ПРЕД2}} = 4 \text{ ns}$   $t_{\text{ПРЕД3}} = 1.5 \text{ ps}$   $\Delta t = 25 \text{ ps}$
5. Исследование перспективных реакций синтеза
 

${}^6\text{Li}(d, \alpha){}^4\text{He}$   $Y_\alpha \approx 2 \times 10^3$   $E_{\alpha, \text{СРЕДН}} \approx 11 \text{ MeV}$   
 ${}^{11}\text{B}(p, \alpha)2\alpha$   $Y_\alpha \approx 5 \times 10^3$   $E_\alpha = 3 \div 10 \text{ MeV}$   
 ${}^3\text{He}(d, p){}^4\text{He}$   $Y_\alpha = Y_p \approx 3 \times 10^3$   $E_p = 14.7 \text{ MeV}$   $E_\alpha = 3.7 \text{ MeV}$   
 ${}^7\text{Li}(p, \alpha){}^4\text{He}$   $Y_\alpha = 3 \times 10^3$   $E_\alpha = 14.7 \text{ MeV}$
6. Предложен метод для оценки магнитных полей в лазерной плазме по регистрации плазменных сателлитов рентгеновских линий ионов
 

$L_{\gamma\alpha} \text{ F IX}$   $B \approx 40 \text{ MGs}$   $I = 2 \times 10^{17} \text{ W/cm}^2$   
 $14,93 \div 15,05 \text{ \AA}$   $B = 60 \text{ MGs}$   $I = 3 \times 10^{17} \text{ W/cm}^2$

## Лазеры приводят в действие более чистые реакции ядерного синтеза.

Безнейтронные реакции не производят радиоактивных отходов.

### Марк Пеплов

Российским ученым удалось использовать лазер для создания области первоначального инициирования волны термоядерного горения (файербола) с температурой порядка миллиард градусов. Это привело к реализации ядерных реакций синтеза гораздо более экологически чистых, чем те, которые исследуются сейчас для получения ядерной энергии.

К сожалению усилия коллектива ученых пока не приводят к производству энергии, т.к. энергия лазерного излучения больше производимой ядерной энергии. Но создание в лаборатории этого направления лазерного термоядерного синтеза дает ученым перспективное направление исследований, т.к. оно может привести к созданию экологически чистых источников энергии.

В настоящее время основное направление ядерной энергетики базируется на удержании горячей плазмы атомных ядер с помощью сильных магнитных полей. Эксперты по ядерному синтезу надеются, что Международный термоядерный экспериментальный реактор (International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER)), который строится во французском городе Кададаш, позволит проводить синтез ядер дейтерия и трития, и таким образом получать энергию.

Но эта реакция производит огромное количество нейтронов. Когда эти нейтроны попадают в стенки реактора, они генерируют радиоактивные изотопы, что, в конце концов, приводит стенки реактора в негодность. И хотя этот радиоактивный мусор чище, чем побочные продукты, создаваемые при реакциях распада, дейтерий-тритиевые реакции, далекие от совершенства, используются в настоящее время в ядерных энергетических установках.

Увеличение нагрева

Вместо этого физики предложили другой процесс ядерного синтеза, а именно, реакцию синтеза протонов и ядер бора, которая идет практически без генерации нейтронов [1].

Хотя она представляется безопаснее, поджиг этой боро-водородной реакции требует температур порядка миллиарда градусов. Это больше чем в десять раз температур, необходимых для реализации дейтерий-тритиевой реакции. "Выбор дейтерий-тритиевой реакции обусловлен тем, что она может быть легче реализована", - объясняет Геннадий Шве́ц – физик из Университета Техаса, г.Остин.

В настоящее время коллектив российских ученых достиг отметки в миллиард градусов в схеме, которая не нуждается в сильных магнитных полях для удержания плазмы. "Мы впервые реализовали безнейтронную боро-водородную реакцию, используя для этой цели лазер" - говорит Вадим Беляев – физик из Центрального Научно-исследовательского института машиностроения, г.Королев, Россия.

Коллектив ученых использовал мишени из полиэтилена, содержащего атомы бора, для воздействия на них лазером с длительностью излучения чуть больше одной триллионной доли секунды (10-12 сек). Это создавало интенсивно горячую плазму, в которой протоны, содержащиеся в полиэтилене, проникают в атомы бора, которые распадаются с образованием потоков ядер гелия (альфа-частиц).

Испускаемые альфа-частицы в основном поглощаются в мишени. Вероятность наведенной ими радиоактивности в окружающем оборудовании мала. Исследователи вообще не зафиксировали нейтронов, выходящих в результате реакции.

Более чистая энергия

Достигнутый успех открывает дверь к "экологически чистой технологии производства ядерной энергии" – говорит Беляев, чей коллектив опубликовал полученные результаты в журнале "Physical Review" [2].

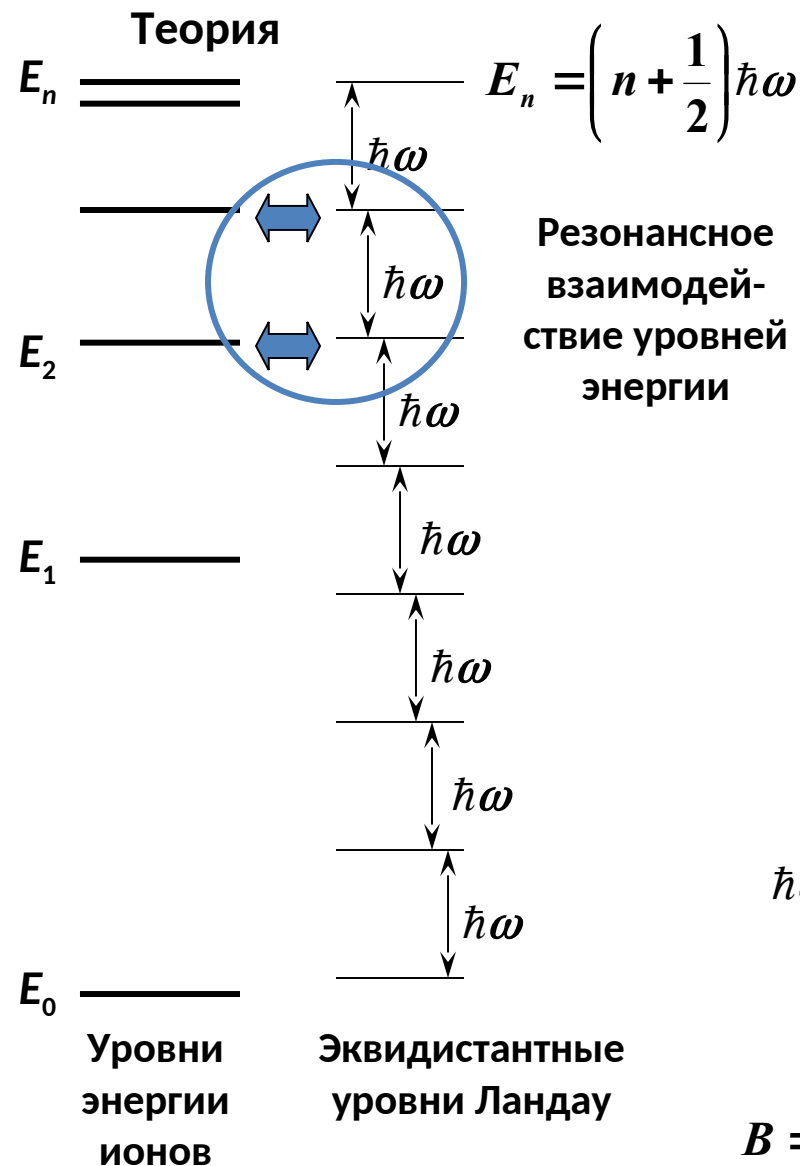
В дополнении к преимуществам этой схемы ядерного синтеза можно добавить, что заряженные  $\alpha$ -частицы могут непосредственно выводиться в виде сформированного электрического тока. Энергетические установки на базе ITER будут использовать только тепловую энергию ядерного синтеза, превращая ее в электричество, как это делается сегодня на угольных теплоэлектростанциях.

Лазерный термоядерный синтез может быть устойчивее, чем реакция внутри магнитной ловушки, используемой в проектах, таких как ITER. В принципе это может быть реализовано путем синхронного ввода в зону реакции лазерного импульсного излучения и отдельных порций ядерного топлива. В отличие от этого в проекте ITER предусматривается использование гигантских магнитов для удержания турбулентной горячей плазмы. "К сожалению удержание плазмы – это наименее понятый процесс в ядерном синтезе", - говорит Шве́ц.

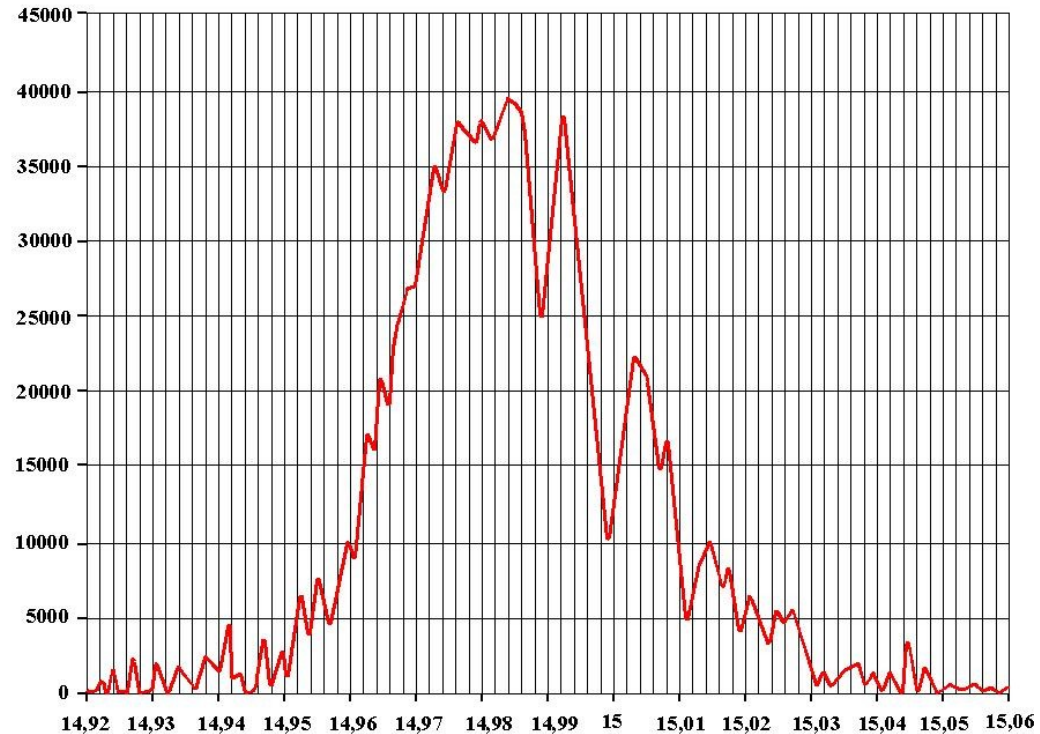
Другие лаборатории, включая NIF (National Ignition Facility) Лоуренской ливерморской национальной лаборатории в Калифорнии, используют подобные лазеры для исследования ядерного синтеза, но на основе дейтерий-тритиевого топлива, создающего большую радиоактивную загрязненность. Беляев надеется в настоящее время на широкое международное сотрудничество в рамках совместного проекта исследований боро-водородной реакции.



# Спектральный (прямой) метод измерения сверхсильных магнитных полей



## Эксперимент



$$\hbar \omega = 12.4 \frac{\Delta \lambda}{\lambda^2} [\text{keV}], \lambda [\text{\AA}]$$

$$\hbar \omega = 12.4 \frac{\Delta \lambda}{\lambda^2} \cdot 10^3 [\text{eV}], \lambda [\text{\AA}]$$

$$J_0 \lambda_{\mu}^2 = 1.5 \cdot 10^{17} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2}$$

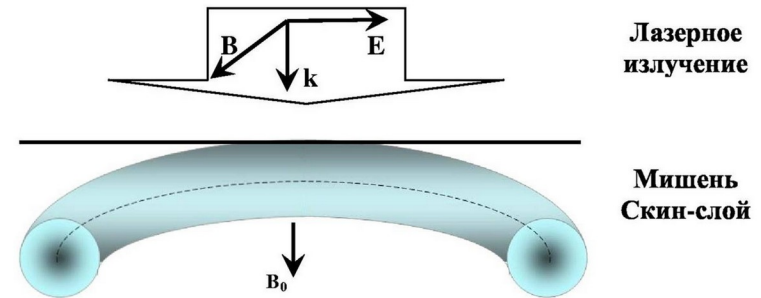
$$B = 10^{-1} \sqrt{J}; \quad B^2 = 10^{-2} J; \quad 10^2 B^2 = J$$

$$B = \frac{0.55 \cdot 10^{15}}{0.656 \cdot 1.76 \cdot 10^7} = 4.76 \cdot 10^7 [\text{Gs}]; \quad J = 2.3 \cdot 10^{17} [\text{W/cm}^2]$$

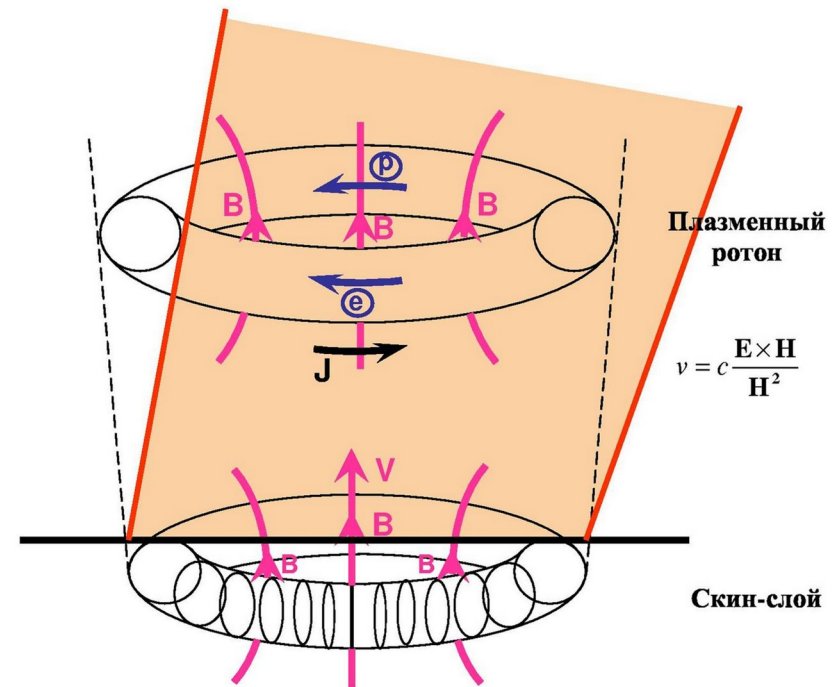
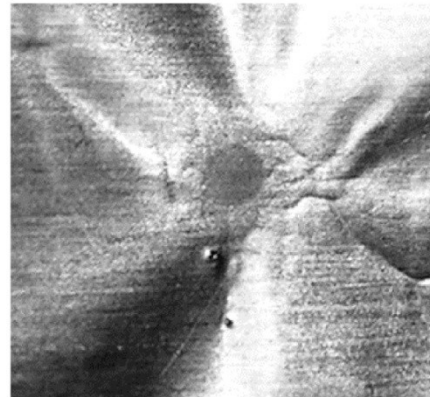
# Ускорение заряженных частиц

- Исследованы механизмы ускорения заряженных частиц, связанные с рассмотренной структурой электромагнитных квазистационарных полей, генерируемых в лазерной плазме.
- Исследованы бетатронный, циклотронный и резонансный механизмы ускорения электронов.
- Показана эффективность дрейфа частиц как механизма образования заряженных частиц высокой энергии.
- Предложена и исследована модель генерации потоков ионов (протонов) высокой энергии с аномально малой расходимостью.
- Ионы вместе с электронами образуют квазинейтральную тороидальную структуру - замагниченную плазму, которая как единое целое движется с постоянной скоростью - скоростью электрического дрейфа. В условиях развития пинч-эффекта эта скорость может заметно возрастать и, соответственно, возрастать до релятивистских значений скорость не только электронов, но и тяжелых положительно заряженных ионов.

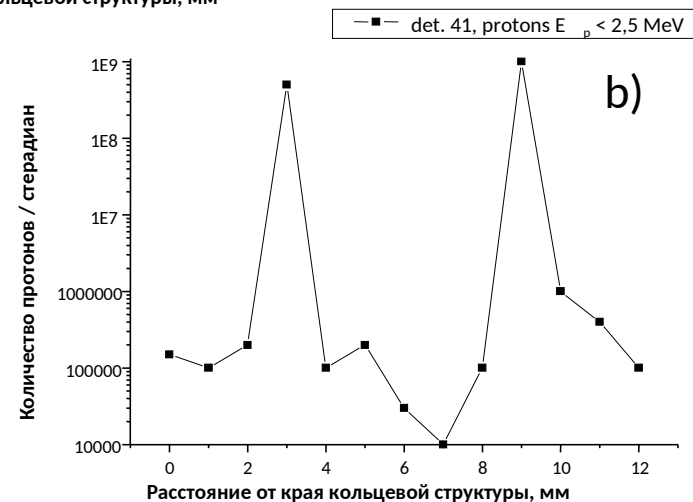
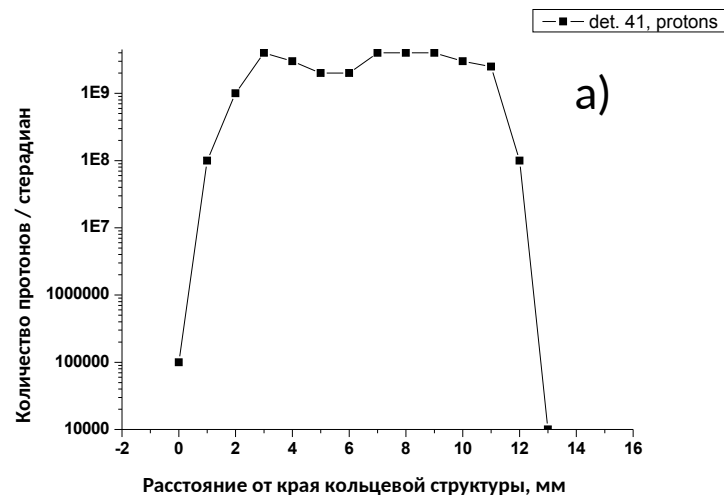
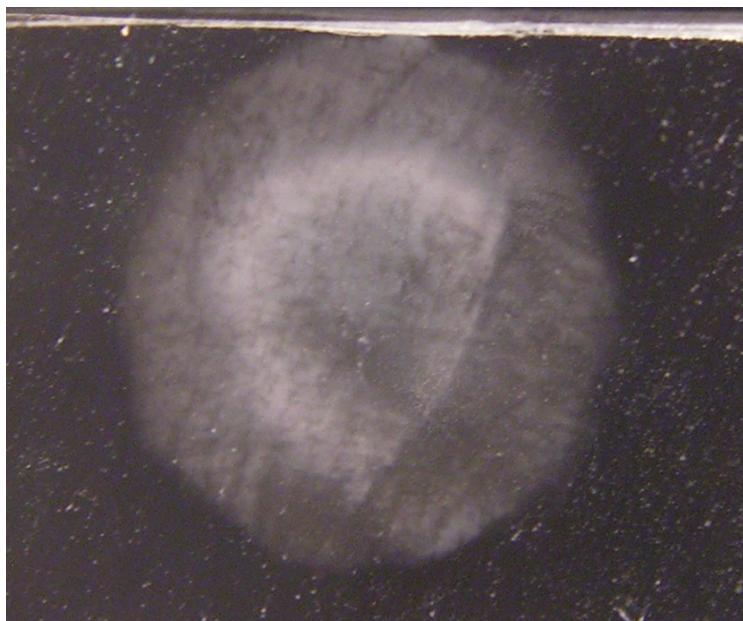
## Лазерная плазма



## Схема эксперимента



# Кольцевая структура протонного пучка, зарегистрированного за тыльной поверхностью Si фольги



Распределение потоков протонов внутри кольцевой структуры на детекторе CR-39 с 11 мкм Al фильтром ( $E_p > 0.8$  МэВ).

Мишень Cu 25 мкм.

a) все протоны с энергией  $E = 0,8 \div 5$  МэВ

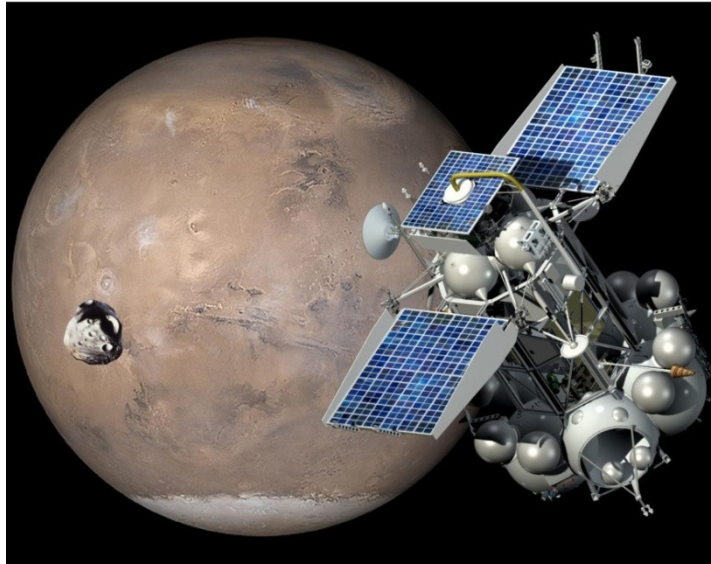
b) протоны с энергией  $E < 2,5$  МэВ

Фотография трекового детектора CR-39, прикрытого Al фильтром толщиной 11 мкм. Детектор CR-39 регистрирует протоны с энергиями  $E_p > 0.8$  МэВ.

Мишень – Cu 25 мкм.

$$\varphi_{1/2} \approx 14^\circ$$

# «ФОБОС-ГРУНТ»



## Основные цели полета :

- Забор и доставка на Землю образцов грунта со спутника Марса- Фобоса
- Проведение комплекса научных исследований Фобоса и Марса дистанционными и контактными методами

ИКИ



## Характеристики

*Запуск КА – декабрь 2011 года*

*Продолжительность экспедиции – 2,7 года*

*Длительность полёта до Марса – 11 месяцев*

*Ракета-носитель – "Зенит-2SLB"*

*Масса научной аппаратуры – 50 кг*

*Масса спускаемого на Землю аппарата /масса доставляемого грунта Фобоса – 6 кг/ 0,2 кг*

В проекте участвуют: КНР (спутник «Инхо-1»), ЕКА, на уровне отдельных приборов: Франция, Австрия, Венгрия, Германия, Нидерланды, Швеция, Украина, Польша

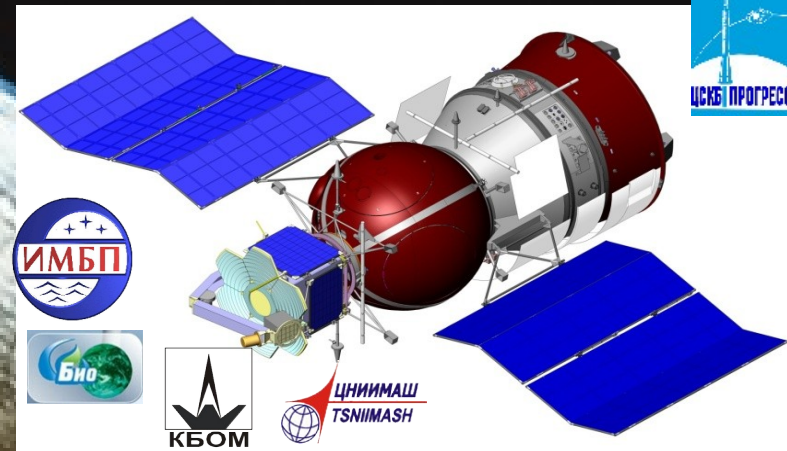


# Программа полётов биологических спутников

## «БИОН-М»

### Основные задачи программы:

- исследования действия факторов космического полёта на околоземных орбитах на биологические объекты различного уровня сложности, включая млекопитающих (грызунов);
- выявление особенностей молекулярно-физиологических механизмов адаптации к невесомости (в том числе - модельные эксперименты с использованием центрифуги);
- определение действия совокупности факторов «открытого» космоса на жизнеспособность и выживаемость живых систем;
- выращивание кристаллов белков в условиях невесомости;
- изучение процессов биологической деградации материалов в условиях полёта.

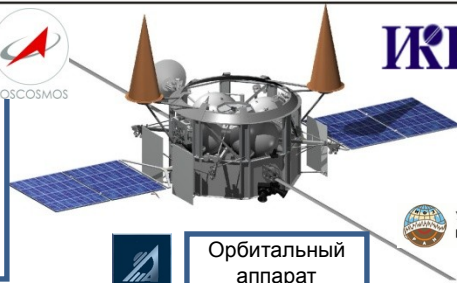


Первый полёт программы - «Бион-М» №1 запланирован на 2012 год, есть договорённости об участии в экспериментах специалистов Центра им.Эймса НАСА, об участии европейских учёных. Второй полёт - «Бион-М» №2 планируется на 2014 год. Ведутся переговоры с ЕКА о проведении в ходе него совместных экспериментов с мышами на европейской установке MIS.

# Российская лунная программа: реализуемые проекты и изучаемые в НИР миссии

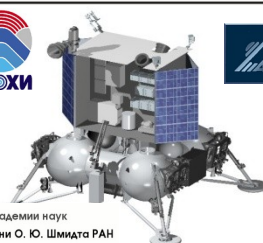
## Луна-Глоб:

Комплексные исследования Луны с ОИСЛ и с борта посадочного аппарата, который должен совершить посадку в полярной области Луны.  
Проведение эксперимента по поиску частиц космических лучей сверхвысоких энергий.  
(Однопусковая схема полёта.)

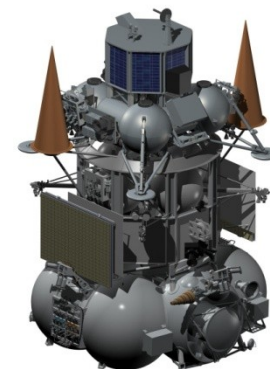


Орбитальный аппарат

ИКИ



Посадочный аппарат (ПА)



## Луна-Ресурс/этап 1:

Комплексные исследования Луны с ОА (Индия) и с российского посадочного аппарата, который должен совершить посадку в полярной области Луны и обеспечить работу индийского микро-ровера.  
(Однопусковая схема полёта.)



Орбитальный аппарат (ОА) - Индия



Посадочный аппарат и микро-ровер

Учреждение Российской академии наук  
Институт физики Земли имени О. Ю. Шмидта РАН



## Луна-Ресурс/этап 2:

Контактные исследования Луны с помощью лунохода, собирающего образцы лунного вещества (в т.ч. буровые керны). Последующая доставка собранных образцов на Землю.  
(Двух-пусковая схема экспедиции.)



Луноход на ПА

Экспедиция ПА и лунохода

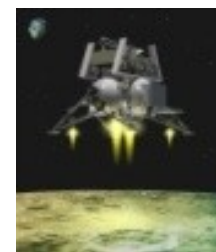


ИКИ



Взлётная ракета на ПА

Экспедиция по возврату грунта с Луны



## «Лунный полигон»:

Последовательно развёртываемые средства автоматической лунной базы



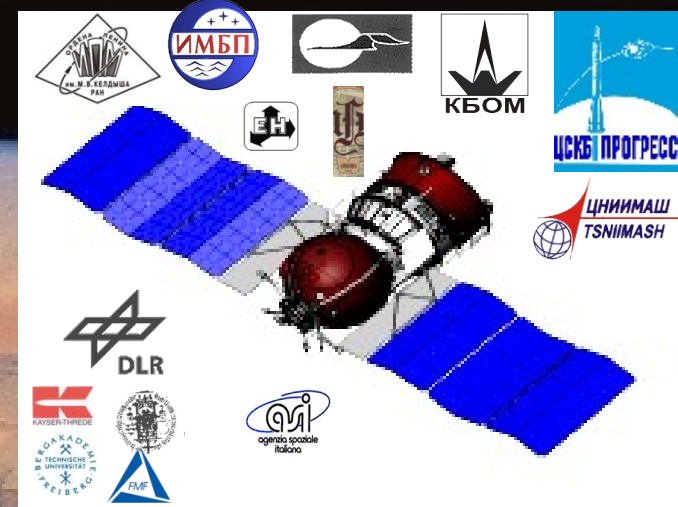
## Программа научно-прикладных исследований на борту автоматических космических аппаратов «Фотон-М»

### Основные задачи программы:

- проведение экспериментов по изучению гравитационно-чувствительных явлений в условиях микрогравитации, лучших, чем на Российском сегменте МКС;
- продолжение исследовательских программ в области космического материаловедения и космической биотехнологии;
- отработка служебной аппаратуры и методов обеспечения заданных уровней остаточных ускорений;
- постановка экспериментов в области космической биологии на монгольских песчанках и других биологических объектах – с использованием ранее созданных установок, обеспечивающих нужные условия обитания для живых организмов.

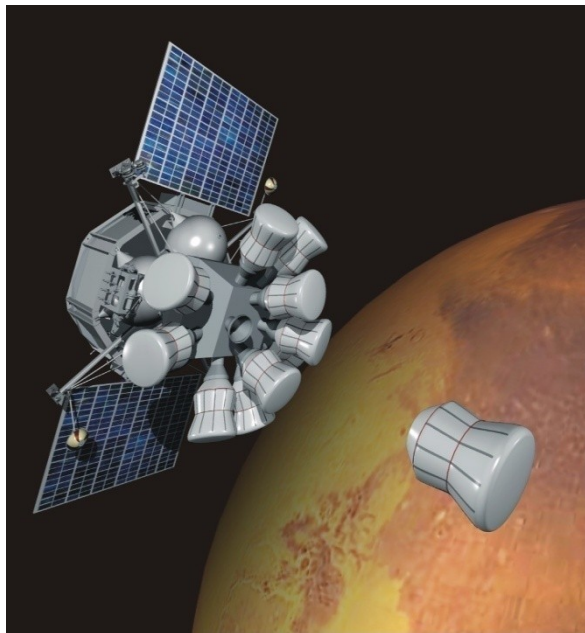
Готовится полёт модернизированного спутника «Фотон-М» №4, который намечен на 2013 год. Сопостановщиками экспериментов выступают учёные ряда европейских стран, на борту должна быть также размещена научная аппаратура итальянского и германского космических агентств.

Следующий полёт однотипного КА «Фотон-М» №5 планируется выполнить в 2015 году.





# Проект "Марс-НЭТ"



## Назначение

*Проведение долгосрочных исследований Марса и околомарсианского пространства дистанционными и контактными методами с использованием сети исследовательских средств*

## Характеристики

*Отлетная масса КА – 2500 кг*

*Масса КА на орбите ИСМ - 2380 кг*

*Состав сети: 10-12 малых станций*

*Масса малой станции – 15 кг*

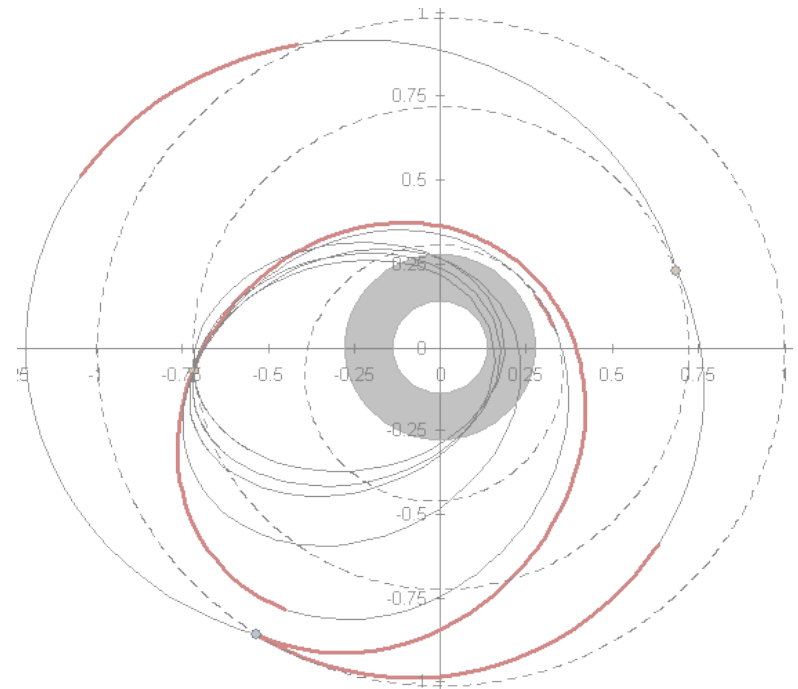
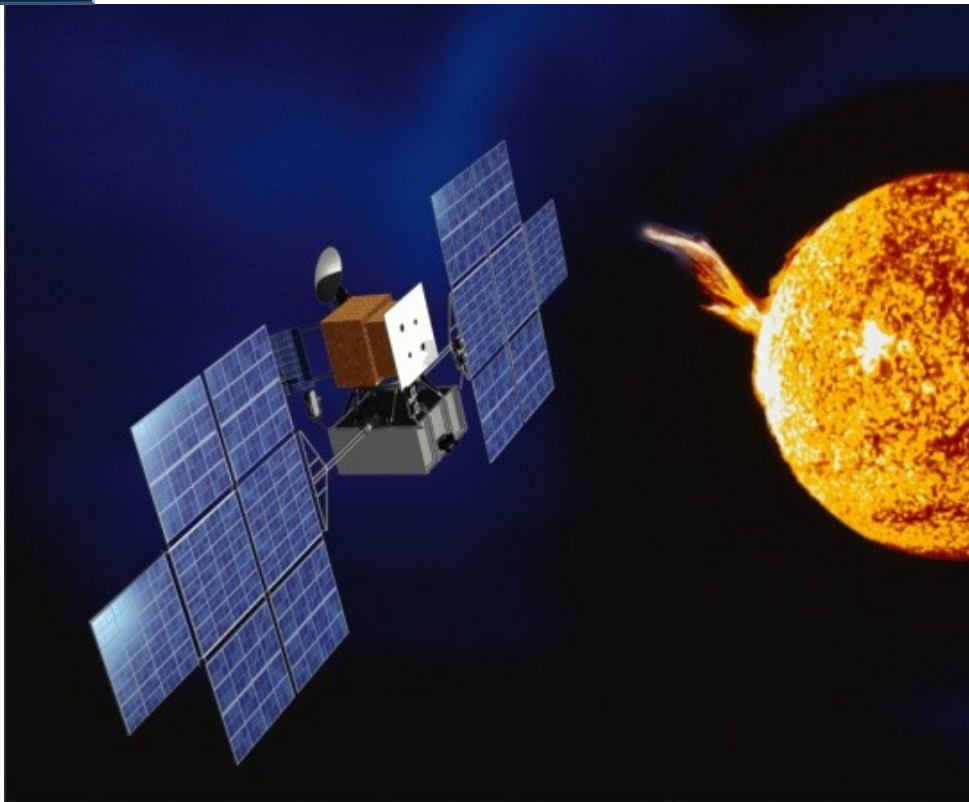
# «Интер-Гелиозонд»

## Основные задачи проекта

- изучение Солнца и солнечного ветра во время перелёта к нему, в ходе последовательных сближений с ним на расстояния до 30 солнечных радиусов, в режиме синхронизованного с солнечным вращением, в режиме полёта вне плоскости эклиптики.



ИКИ



Планируемая схема полёта  
«Интер-Гелиозонд»

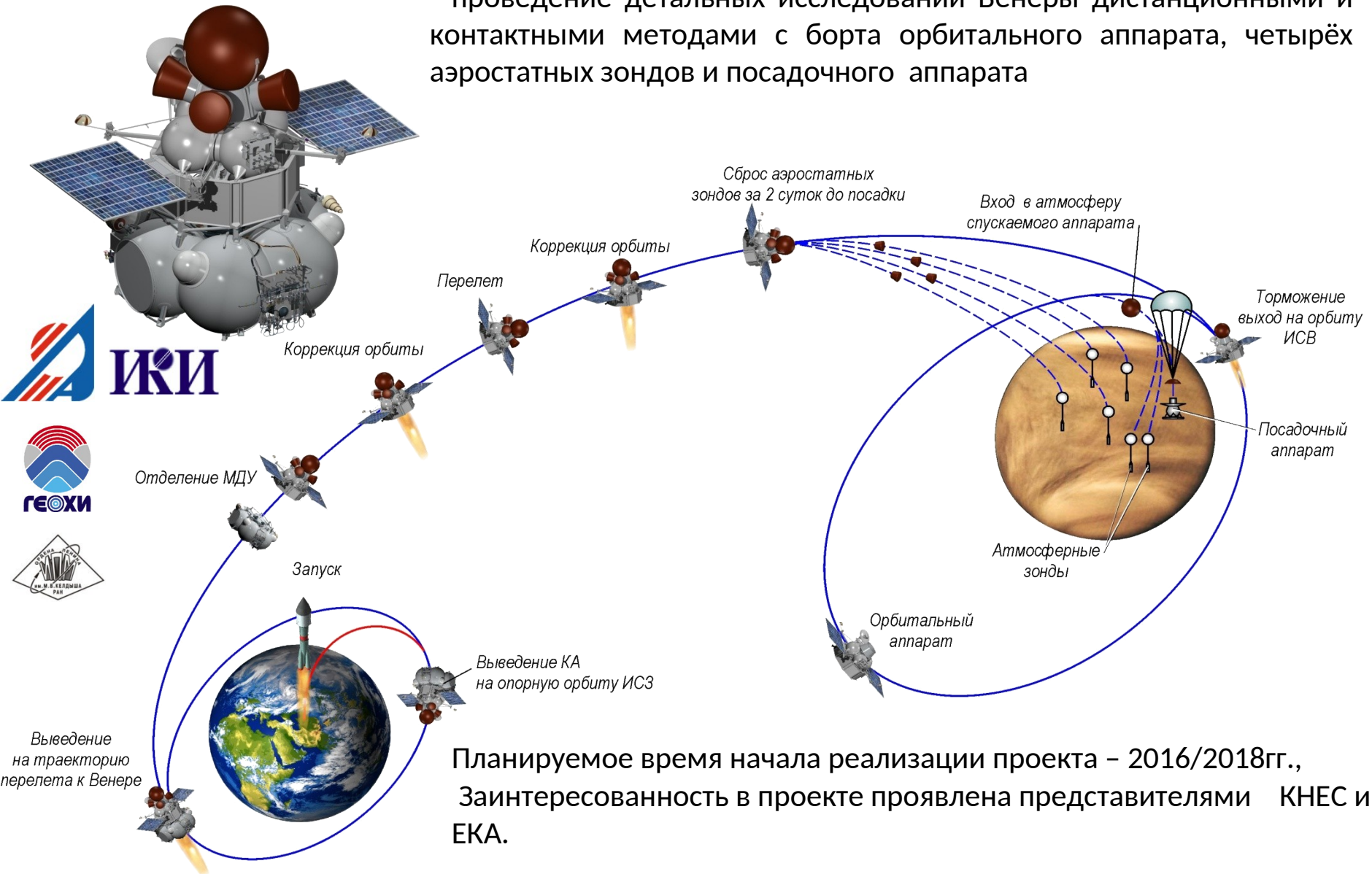
- Рассматривается возможность координации с программой «Жизнь со звездой».
- Дата начала экспедиции планируется на 2016 год.



# «ВЕНЕРА-Д»

## Задачи экспедиции:

- проведение детальных исследований Венеры дистанционными и контактными методами с борта орбитального аппарата, четырёх аэростатных зондов и посадочного аппарата

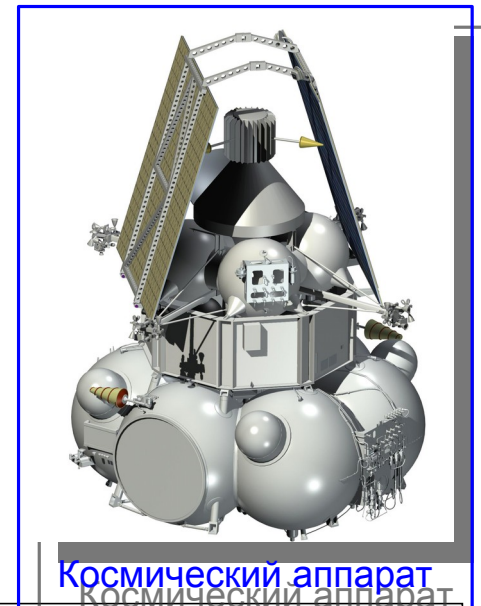


Планируемое время начала реализации проекта – 2016/2018гг.,  
Заинтересованность в проекте проявлена представителями КНЕС и  
ЕКА.

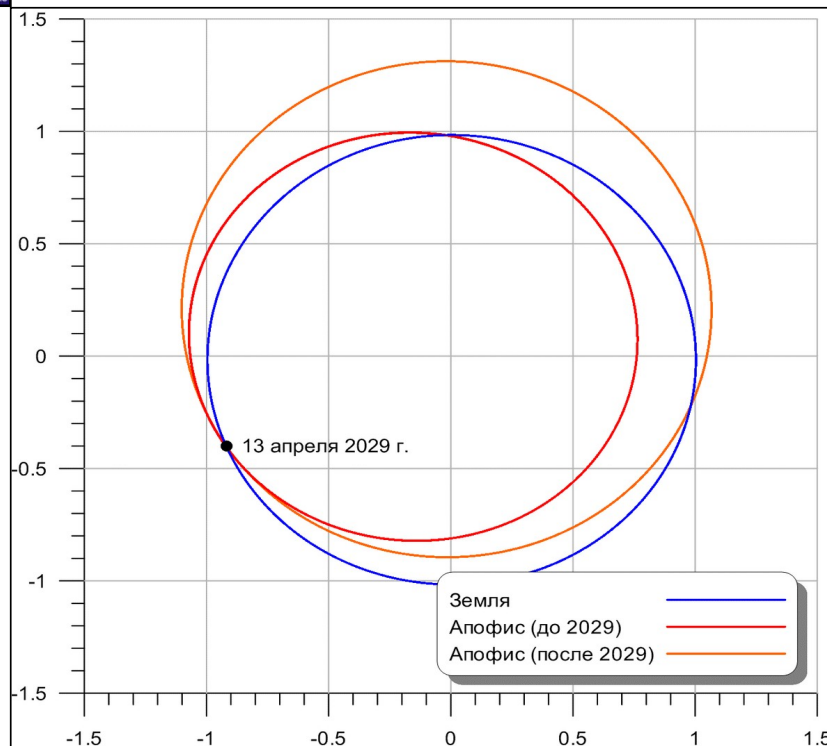
# «Апофис»

## Основные задачи экспедиции:

- уточнение основных характеристик и параметров орбиты астероида Апофис,
- дистанционные и, возможно, контактные исследования поверхности астероида,
- проверка эффективности метода «гравитационного трактора» - отклонения астероида с опасной для Земли орбиты.



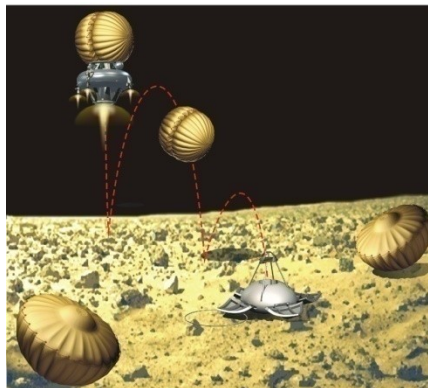
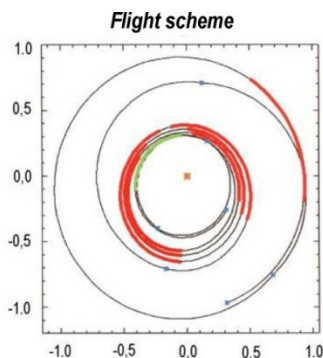
Космический аппарат



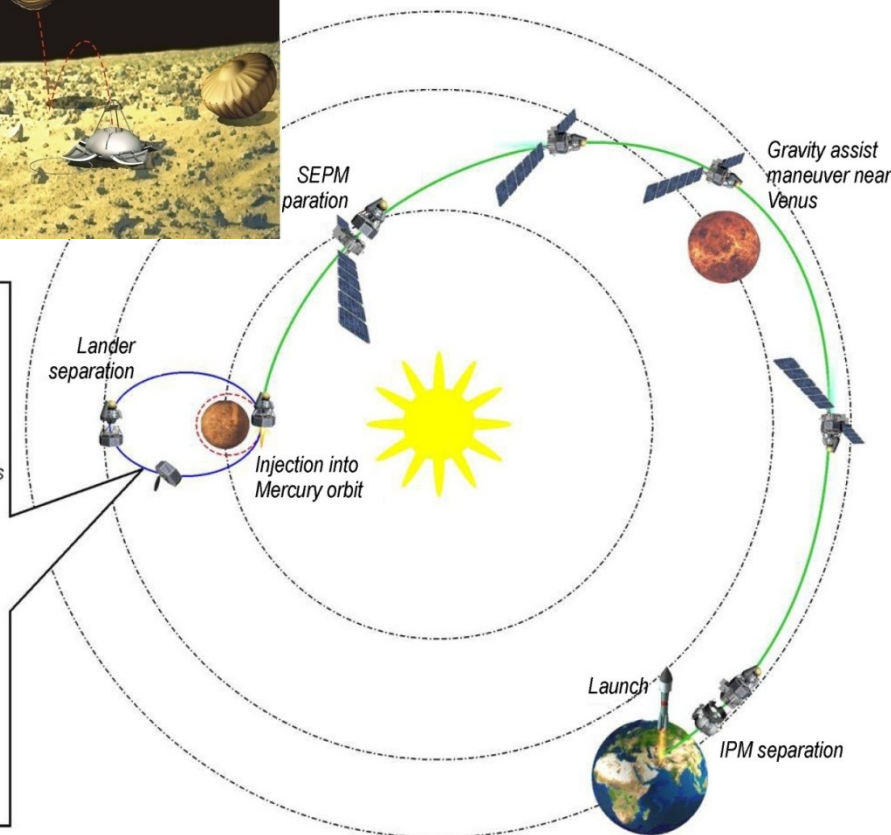
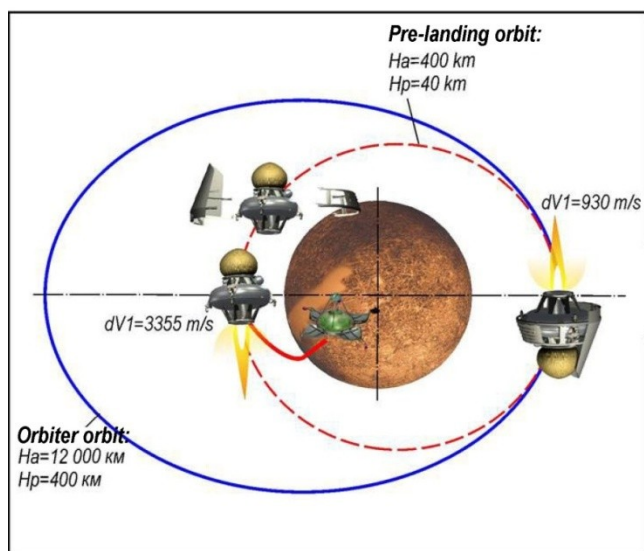
# «Меркурий-П»

## Основные цели экспедиции :

- контактные исследования поверхности Меркурия,
- изучение особенностей взаимодействия Солнца с грунтом Меркурия.

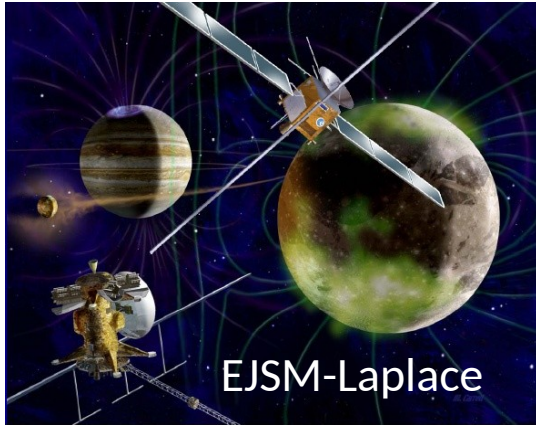


Обсуждается возможность проведения экспедиции «Меркурий-П» в 2019 году.





# «Лаплас-Европа-П»



## Задачи экспедиции:

- проведение детальных исследований системы Юпитера и, в особенности - спутника Юпитера – Европы дистанционными и контактными методами с борта орбитального и посадочного аппаратов.

Работа посадочного аппарата станет важным дополнением к программам НАСА и ЕКА (EJSM-Laplace).



# Фото – рельеф Европы

