

# Космическая наука сегодня и завтра

Конспект лекции по материалам программы «Большие вызовы»

9 июля 2025 г.

# Содержание

<b>1</b>	<b>Введение: На плечах гигантов</b>	<b>1</b>
1.1	Наследие советской космонавтики . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Зачем лететь в космос?</b>	<b>1</b>
2.1	Исследование планет: Поиски второй Земли . . . . .	1
2.2	Луна: Возвращение и поиск ресурсов . . . . .	2
2.3	Астрономия: Окна во Вселенную . . . . .	2
2.3.1	Оптика и радио: Преодолевая пределы . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Рентгеновская Вселенная: Энергия и катаклизмы</b>	<b>2</b>
3.1	Аккреция: Самый мощный двигатель . . . . .	2
3.2	Эволюция звёзд и рождение компактных объектов . . . . .	3
3.3	Нейтронные звёзды: Космические маяки . . . . .	3
3.4	Гравитационные волны и фабрика золота . . . . .	3
<b>4</b>	<b>Флагман российской науки: «Спектр-РГ»</b>	<b>3</b>
4.1	Первые результаты «Спектр-РГ» . . . . .	4
<b>5</b>	<b>Что дальше? Перспективы до 2036 года</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>Заключение</b>	<b>4</b>

# 1. Введение: На плечах гигантов

Космические исследования — это **«Большой вызов»**, аккумулирующий в себе достижения из разных областей: новые материалы, биология, астрофизика и даже сельское хозяйство. Чтобы понять будущее космической науки, необходимо обратиться к её прошлому, ведь, как говорил М.В. Ломоносов, «у нации, которая не помнит своего прошлого, нет будущего». Современные достижения базируются на фундаменте, заложенном в советскую эпоху.

## 1.1. Наследие советской космонавтики

Ключевые успехи советской программы автоматических станций:

- **Программа «Луна»:** Завершилась в 1976 году миссией **«Луна-24»**, которая впервые в мире автоматически доставила на Землю образцы лунного грунта.
- **Программа «Вега» (1986 г.):** Апогей советских планетарных исследований. Миссия аппарата **«Вега-2»** к Венере включала пролёт мимо **кометы Галлея** и получение её уникальных фотографий с близкого расстояния.
- **Внеатмосферная астрофизика:** Запуск рентгеновских обсерваторий **«Рентген»** на модуле «Квант» (1987 г.) и **«Гранат»** (1989 г.) вывел отечественную науку на мировой уровень.
- **Исследование Венеры:** Венера считается «русской планетой» благодаря серии успешных миссий. Аппараты «Венера» передали уникальные цветные фотографии поверхности планеты, работая в экстремальных условиях: температура 450°C, давление 90 атмосфер и кислотная атмосфера.

Несмотря на перерыв в 90-е годы, российское научное приборостроение сохранило высокий уровень, что позволило участвовать в международных проектах, например, в европейской миссии **«Венера-Экспресс»**.

# 2. Зачем лететь в космос?

## 2.1. Исследование планет: Поиски второй Земли

Основной интерес для планетологов представляют планеты земной группы: Венера, Земля и Марс, а также Луна.

- **Венера:** Априори непригодна для колонизации, но интересна для изучения с точки зрения эволюции планет и поиска экзотических форм жизни в облаках.
- **Марс:** Рассматривается как потенциальный «запасной аэродром» для человечества. Ключевой ресурс для колонизации — **вода**.

На американском марсоходе **Curiosity** (с 2011 г.) установлен российский прибор **ДАН** (Динамическое альбедро нейтронов). Он измеряет содержание водорода (и, следовательно, воды) в подповерхностном слое. За годы работы марсоход проехал десятки километров, и прибор ДАН составил карту распределения водяного льда, показав, что в низинах, где когда-то могли быть реки, концентрация воды выше.

В рамках миссии **«ЭкзоМарс-2016»** на европейском орбитальном аппарате работают два российских прибора. Один из них, высокочувствительный комплекс **АЦС**, опроверг

ранее полученные данные о наличии метана на Марсе, что поставило под сомнение гипотезу о существовании там микробной жизни.

## 2.2. Луна: Возвращение и поиск ресурсов

На американском лунном орбитальном аппарате **LRO** (с 2009 г.) также стоит российский нейтронный детектор **ЛЕНД**. Он составил карту водяного льда на Южном полюсе Луны, показав наличие значительных запасов воды под слоем реголита. Это место является приоритетным для строительства будущей лунной базы. Миссия **«Луна-25»** (2023 г.) была нацелена на посадку в этом регионе, но, к сожалению, завершилась неудачей.

## 2.3. Астрономия: Окна во Вселенную

Атмосфера Земли, защищая нас от космического излучения, является серьёзной помехой для астрономов:

1. **Искажает оптические изображения** (атмосферная турбулентность).
2. **Блокирует большую часть электромагнитного спектра**, пропуская лишь видимый свет и радиоволны.

Чтобы изучать Вселенную во всём её многообразии (гамма-, рентгеновское, ультрафиолетовое, инфракрасное излучение), **необходимо выводить телескопы в космос**.

### 2.3.1 Оптика и радио: Преодолевающие пределы

- **Телескоп «Хаббл»:** Несмотря на скромный размер зеркала (2.4 м), благодаря отсутствию атмосферы он даёт изображение в десятки раз чётче, чем самые крупные наземные телескопы (например, 8-метровый VLT в Чили).
- **Радиотелескоп «Радиоастрон» (Спектр-Р):** Российский проект (2011-2019 гг.), впервые развернувший в космосе 10-метровую радиоантенну. Это позволило достичь рекордного углового разрешения.

## 3. Рентгеновская Вселенная: Энергия и катаклизмы

Рентгеновский диапазон открывает вид на самые энергичные процессы во Вселенной, где температуры достигают десятков и сотен миллионов градусов. Первые наблюдения показали, что ярчайшими рентгеновскими источниками являются не обычные звезды, а экзотические объекты.

### 3.1. Аккреция: Самый мощный двигатель

Основной источник энергии в рентгеновской астрономии — **аккреция**, то есть падение вещества на компактный объект (нейтронную звезду или чёрную дыру). Эффективность преобразования массы в энергию при аккреции **в сотни раз выше**, чем при термоядерных реакциях. Вещество, перетекая со звезды-компаньона, образует **аккреционный диск**, в

Рис. 1: Схематическое изображение аккреционного диска вокруг компактного объекта.

котором оно разогревается до миллионов градусов и начинает излучать в рентгене.

### 3.2. Эволюция звёзд и рождение компактных объектов

Судьба звезды определяется её начальной массой:

- **Звёзды типа Солнца:** В конце жизни превращаются в **белого карлика** (объект с массой Солнца и размером с Землю).
- **Массивные звёзды (8-20 масс Солнца):** Заканчивают жизнь взрывом **сверхновой**, оставляя после себя **нейтронную звезду**.
- **Самые массивные звёзды (>20 масс Солнца):** Коллапсируют в **чёрную дыру**.

Взрывы сверхновых обогащают межзвёздную среду тяжёлыми элементами, из которых формируются новые поколения звёзд и планет. Наблюдая радиоактивный распад элементов (например, никеля-56 и титана-44) в остатках сверхновых, астрономы напрямую видят процесс синтеза химических элементов.

### 3.3. Нейтронные звёзды: Космические маяки

Нейтронная звезда — это уникальный объект:

- **Масса:**  $\sim 1.5$  массы Солнца.
- **Размер:**  $\sim 10 - 15$  км в диаметре.
- **Плотность:** Выше ядерной.
- **Вращение:** Периоды от секунд до миллисекунд (до 600 оборотов в секунду).

Если луч излучения от вращающейся нейтронной звезды (пульсара) попадает на Землю, мы наблюдаем строго периодические импульсы, как от маяка. Эта стабильность позволяет использовать пульсары для проверки общей теории относительности и как основу для **автономной системы навигации в дальнем космосе** (природный аналог ГЛОНАСС).

### 3.4. Гравитационные волны и фабрика золота

В 2017 году произошло историческое событие: впервые было одновременно зарегистрировано слияние двух нейтронных звёзд детекторами гравитационных волн (LIGO/Virgo) и электромагнитными телескопами (включая обсерваторию «Интеграл»). Это событие подтвердило, что слияния нейтронных звёзд являются **основными «фабриками» по производству тяжёлых элементов во Вселенной, таких как золото, платина и уран**. По оценкам, в том слиянии образовалось около 100-200 масс Земли чистого золота.

## 4. Флагман российской науки: «Спектр-РГ»

«Спектр-Рентген-Гамма» — флагманская российская астрофизическая обсерватория, запущенная в 2019 году в точку Лагранжа L2 (1.5 млн км от Земли).

- **Цель:** Создание самой подробной карты Вселенной в рентгеновских лучах.
- **Инструменты:**
  - Немецкий телескоп **eROSITA** (мягкий рентген).

- Российский телескоп **ART-XC** (жёсткий рентген), созданный в ИКИ РАН в кооперации с Росатомом (РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров).

Телескоп ART-XC использует уникальную технологию рентгеновской оптики косого падения, разработанную и реализованную в России.

#### 4.1. Первые результаты «Спектр-РГ»

- Создана самая детальная рентгеновская карта неба, содержащая **более миллиона источников** (в основном, сверхмассивные чёрные дыры в центрах далёких галактик).
- Обнаружены квазары, существовавшие, когда Вселенной было всего 800 миллионов лет, что бросает вызов теориям формирования сверхмассивных чёрных дыр.
- Открыты гигантские «пузыри» в нашей Галактике — следы прошлой активности центральной чёрной дыры.
- Ведётся поиск «скрытых» аккрецирующих объектов, погружённых в пыль, — астрономических аналогов трюфелей.
- Получены уникальные данные о самых мощных взрывных процессах, включая самый яркий гамма-всплеск за всю историю наблюдений (GRB 221009A).

### 5. Что дальше? Перспективы до 2036 года

В рамках национального проекта «Космическая деятельность России» сформирована амбициозная научная программа.

- **Рентгеновская астрономия:** Разработка новых обсерваторий серии «Спектр-РГМ» с чувствительностью, в 50 раз превышающей текущую, для детального изучения синтеза элементов.
- **Радиоастрономия:** Проект «Миллиметронтрон» (Спектр-М) — 10-метровый космический телескоп с зеркалом, охлаждённым до 10 К, для изучения самых холодных объектов Вселенной.
- **Планетные исследования:**
  - «Венера-Д»: Комплексная миссия для изучения атмосферы и поверхности Венеры, включая поиски признаков жизни в облаках.
  - **Лунная программа:** Последовательные миссии «Луна-26» (орбитальный аппарат), «Луна-27» (посадочный аппарат) для детального исследования полярных регионов.

### 6. Заключение

Современная космическая наука — это результат синергии институтов Академии наук, предприятий Роскосмоса и Росатома. Успех этих амбициозных проектов зависит от слаженной работы больших коллективов и притока молодых, талантливых учёных и инженеров, готовых принять «Большие вызовы» и продолжить путь к звёздам.