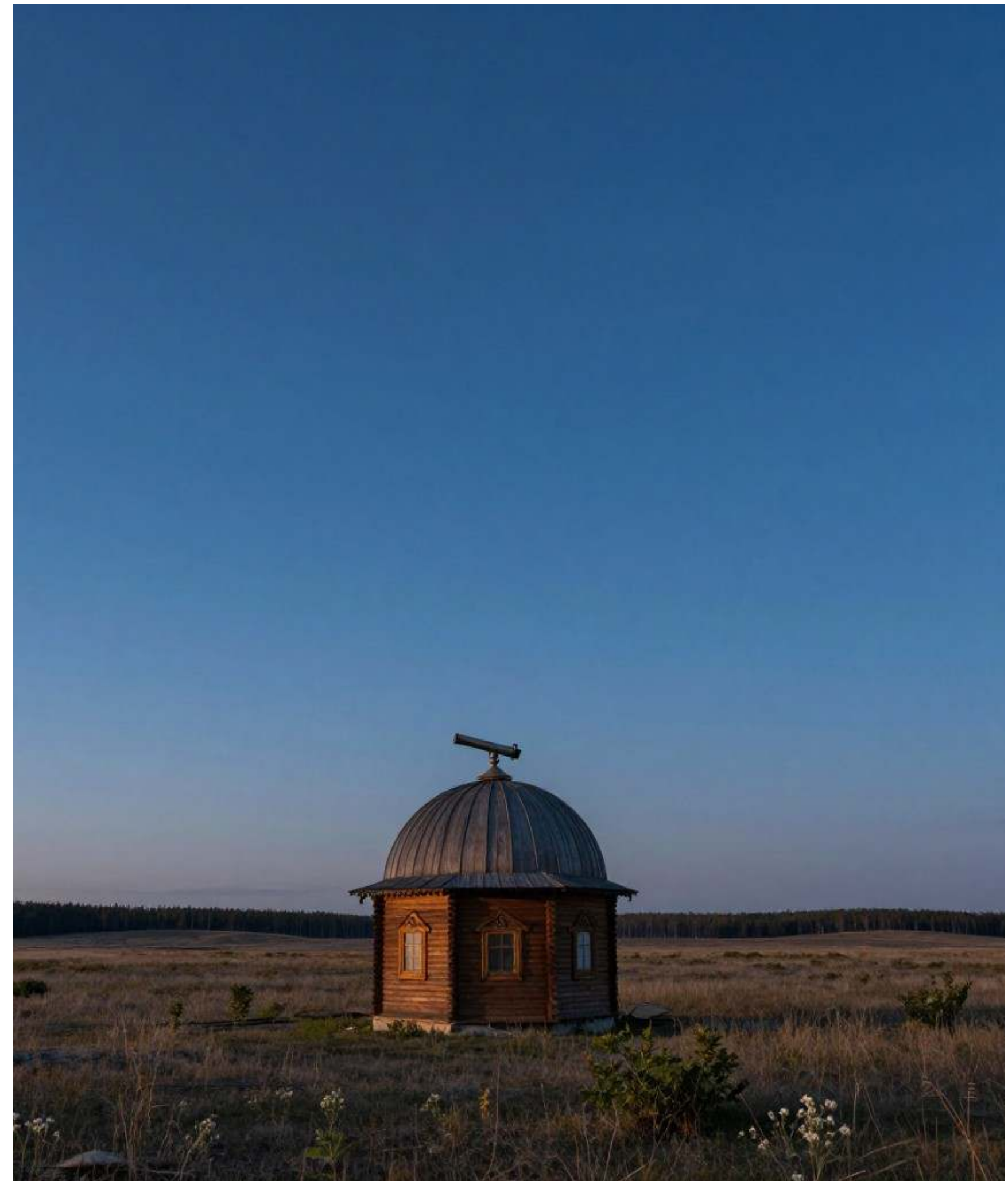


# Обзор строения и эволюции Вселенной

Исследуем происхождение и развитие космических структур во времени и пространстве.

# Контекст и исторический фон изучения Вселенной

Из древних геоцентрических моделей к современным космологическим теориям — путь в понимании механизмов Вселенной основан на открытиях галилеевской эпохи и современном научном методе, подтвердившем её расширение.



# Большой взрыв — начало Вселенной



# Космическая микроволновая фоновая радиация



## Открытие фонового излучения

В 1965 году Пензиас и Уилсон обнаружили равномерное микроволновое излучение с температурой около 2,7 К, подтверждающее горячее начало Вселенной.



## Эпоха рекомбинации

Спустя 380 тысяч лет после Большого взрыва электроны и ядра образовали нейтральные атомы, позволяя свету свободно распространяться во Вселенной.



## Реликтовое тепло космоса

Это излучение — след дивергентного расширения Вселенной и ключ к её ранней истории, изученному при помощи спутников и телескопов.

# Этапы эволюции Вселенной

## Фаза инфляции

Мгновенное расширение пространства, увеличившее размеры Вселенной в экспоненциальном масштабе.

## Рекомбинация

Образование первых нейтральных атомов, переход Вселенной к прозрачному состоянию.

## Начало звёздообразования

Примерно через 400 миллионов лет после взрыва возникли первые звёзды и протогалактики.

## Формирование крупных структур

Галактики и скопления формируются и развиваются, создавая крупномасштабную структуру космоса.

# Расширение Вселенной по наблюдениям Хаббла

Закон Хаббла показывает прямую пропорциональность между скоростью удаления и расстоянием до галактик.

Данные подтверждают однородное расширение пространства, поддерживая теорию Большого взрыва.

**4,9%**

отводится обыденному baryонному веществу, остальные массы принадлежат темной материи и энергии.

*Данные миссии Planck, 2018*

Большинство массы-энергии Вселенной состоит из компонентов, которые не излучают свет и остаются невидимыми.

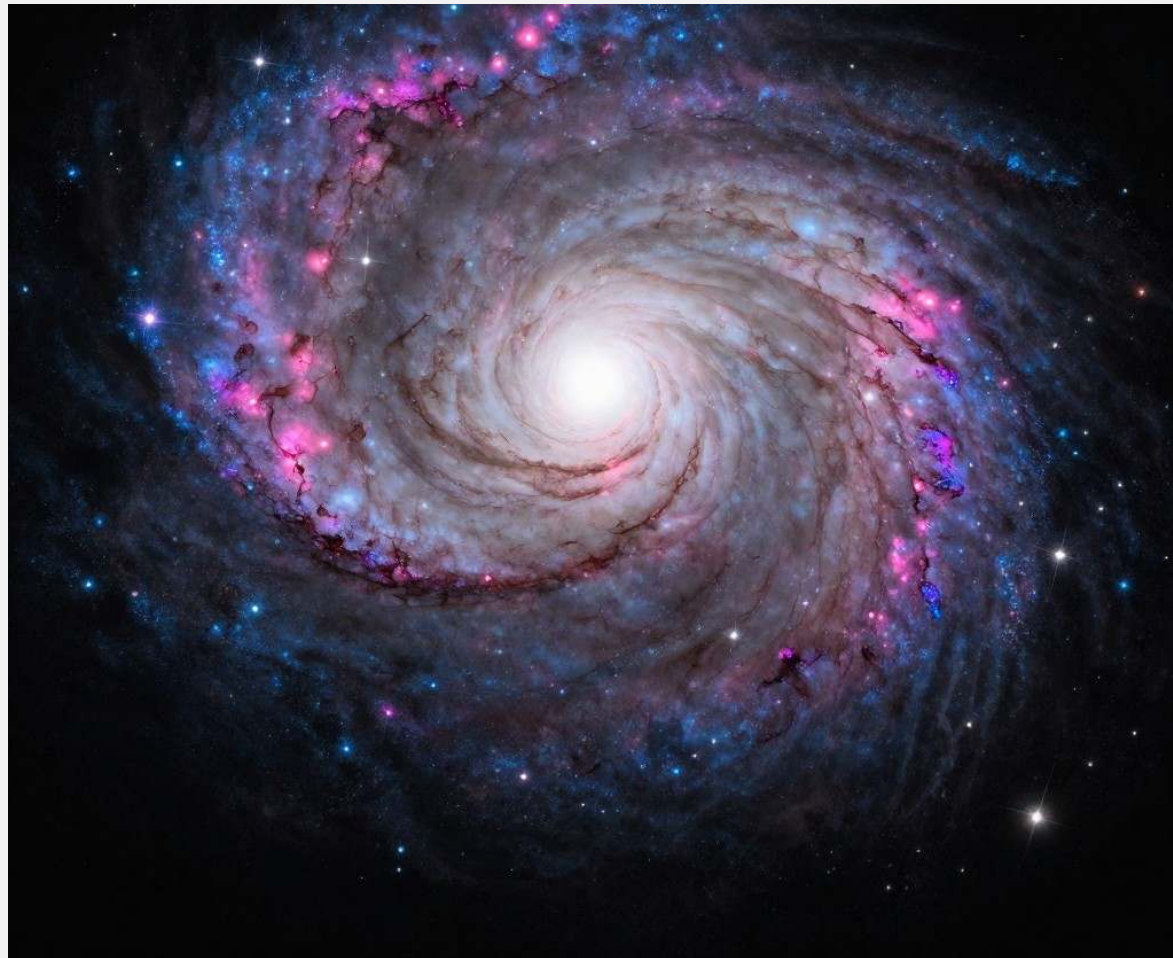
# Состав вещества и энергии во Вселенной

Численные значения показывают, что около 95% Вселенной составляют темные компоненты, важные для понимания космологии.

Тёмные материя и энергия доминируют, требуют дальнейших исследований.

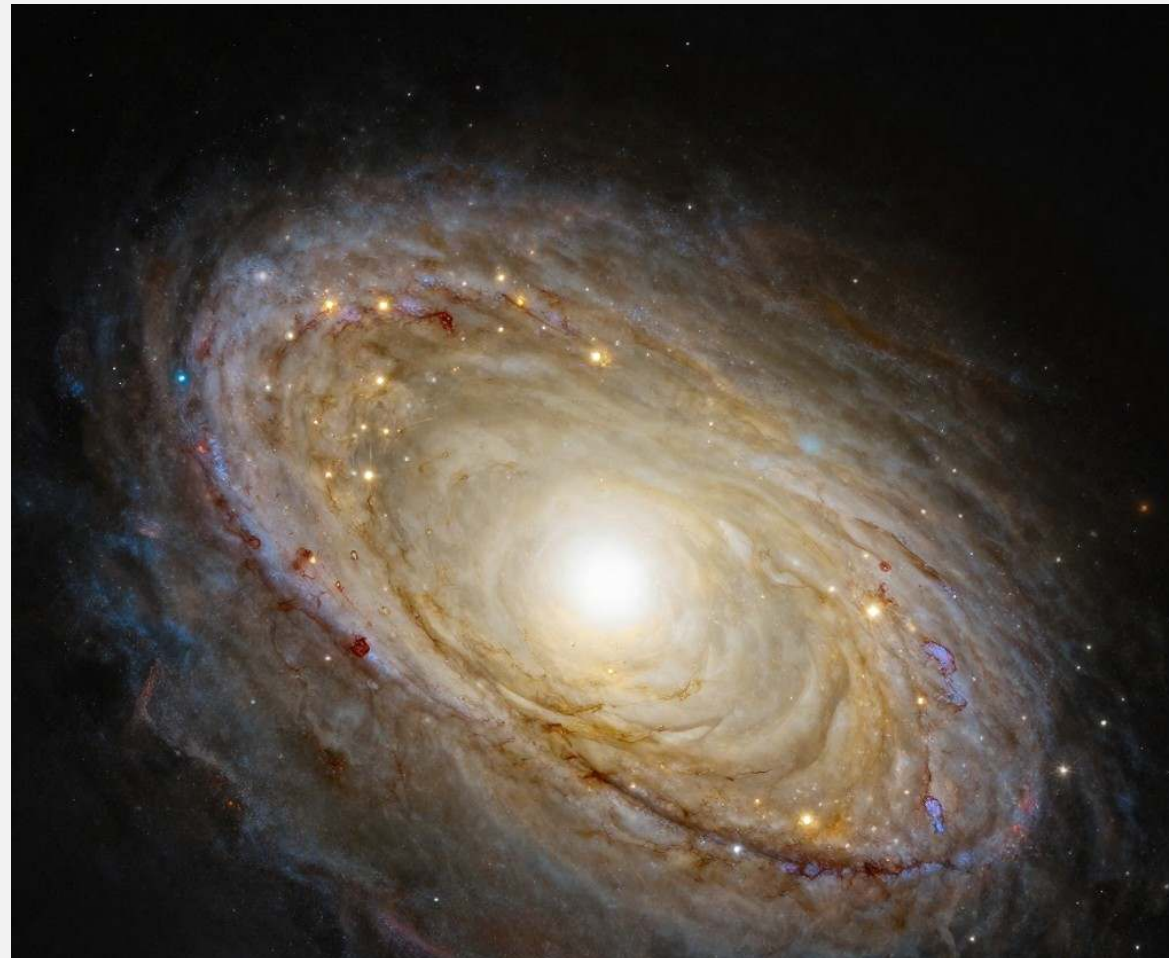
| Компонент        | Доля (%) |
|------------------|----------|
| Обычное вещество | 4,9      |
| Тёмная материя   | 26,8     |
| Тёмная энергия   | 68,3     |

# Галактики: основные типы и их свойства



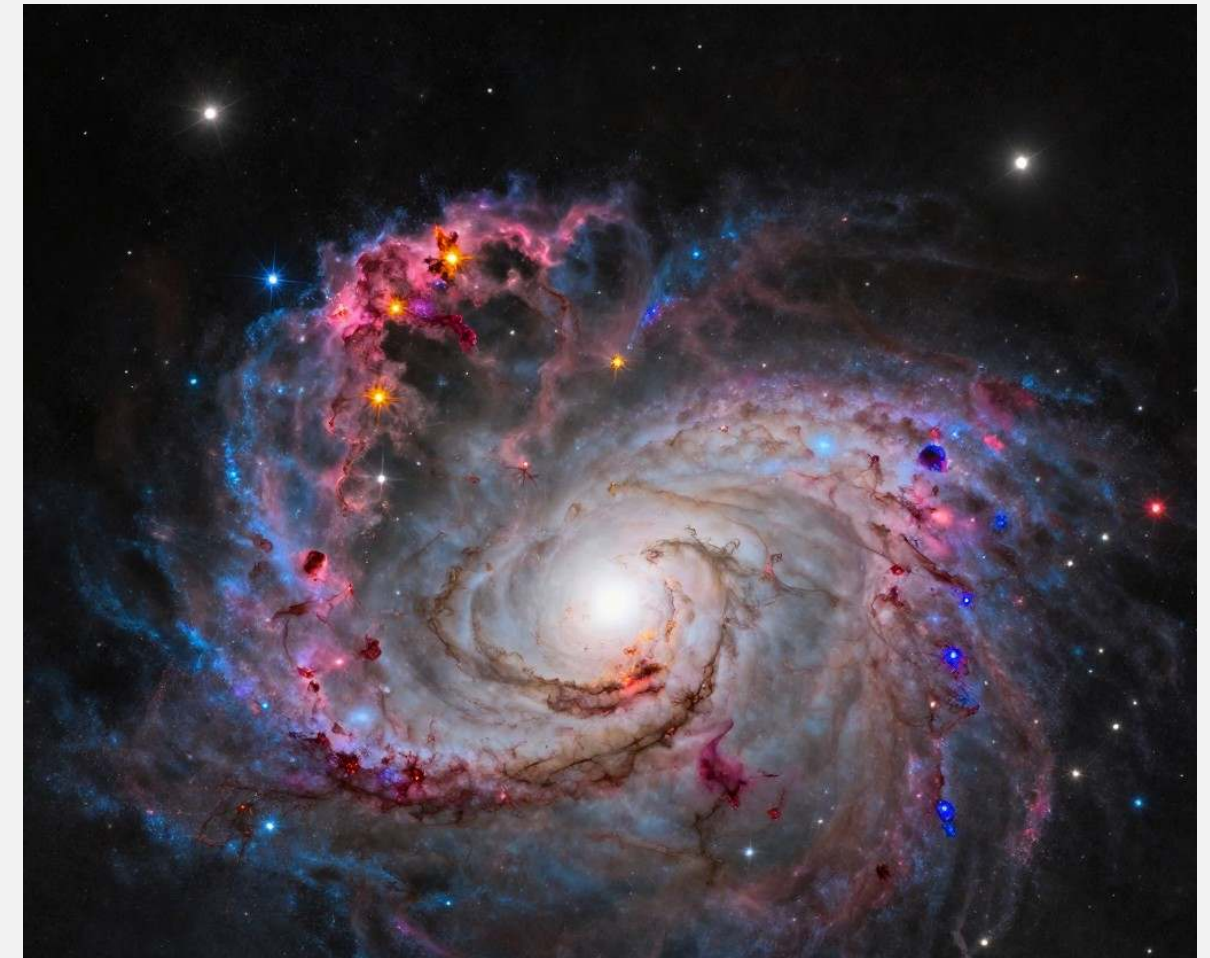
## Спиральные галактики

Обладают четкими спиральными рукавами и плоской структурой, пример — Млечный Путь, содержащий молодые звёзды и активные области звездообразования.



## Эллиптические галактики

Обладают сфероидальной формой, состоят преимущественно из старых звёзд, характеризуются малой газовой и пылевой составляющей.



## Неправильные галактики

Не имеют определённой симметрии и формы, часто результат взаимодействий или слияний галактик, содержат смесь различных видов звездных популяций.

# Крупномасштабная структура Вселенной



## Филаменты

Тонкие нити материи, соединяющие скопления галактик в единую космическую сеть.



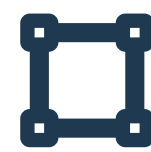
## Воиды

Обширные области с очень низкой плотностью галактик, создающие пустоты в космосе.



## Скопления галактик

Большие группы галактик, связанные гравитацией и составляющие основу космической паутины.



## Стена Геркулес-Большая Волосы

Одна из крупнейших известных структур, протяжённость которой превышает миллиард световых лет.

# Звёзды: зарождение, жизненный цикл и эволюция



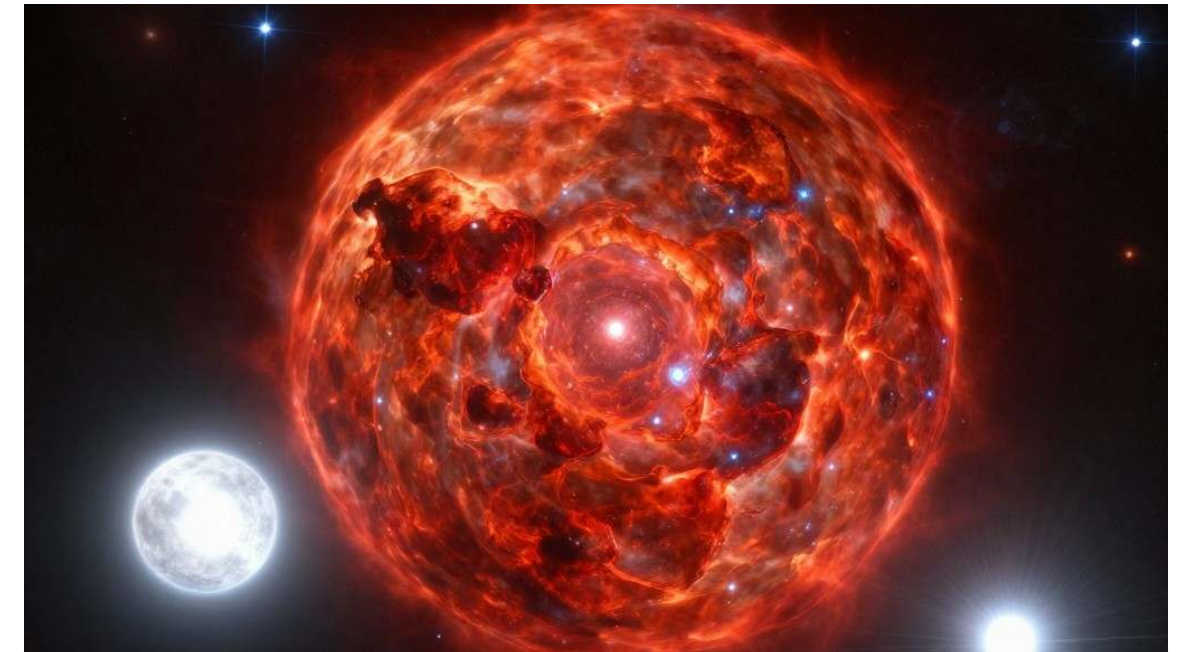
## Рождение звезды из тёмного молекулярного облака

Звёзды формируются в плотных участках холодных молекулярных облаков, где гравитационное сжатие способствует повышению температуры и давления. Так начинается превращение газового облака в протозвезду — первые шаги к будущему светилу.



## Жизнь на главной последовательности

На стадии главной последовательности звезда стабильно горит, превращая водород в гелий ядерным синтезом. Этот продолжительный период занимает большинство «жизненного» времени звезды, определяя её светимость и массу.



## Финальные этапы: облик и судьба звёзд

После истощения водорода в ядре звезда становится красным гигантом, а затем — в зависимости от массы — превращается в белого карлика, нейтронную звезду или чёрную дыру, завершая эволюцию.

# Роль сверхновых в распространении элементов

---

**01**

Взрывы сверхновых вызывают интенсивный нуклеосинтез, формируя элементы тяжелее железа, которые не образуются в обычных звёздах. Эти процессы обогащают космическую среду.

---

**02**

Материя, выбрасываемая сверхновыми, распространяется в межзвёздное пространство, внося необходимые для формирования новых астрономических объектов химические элементы.

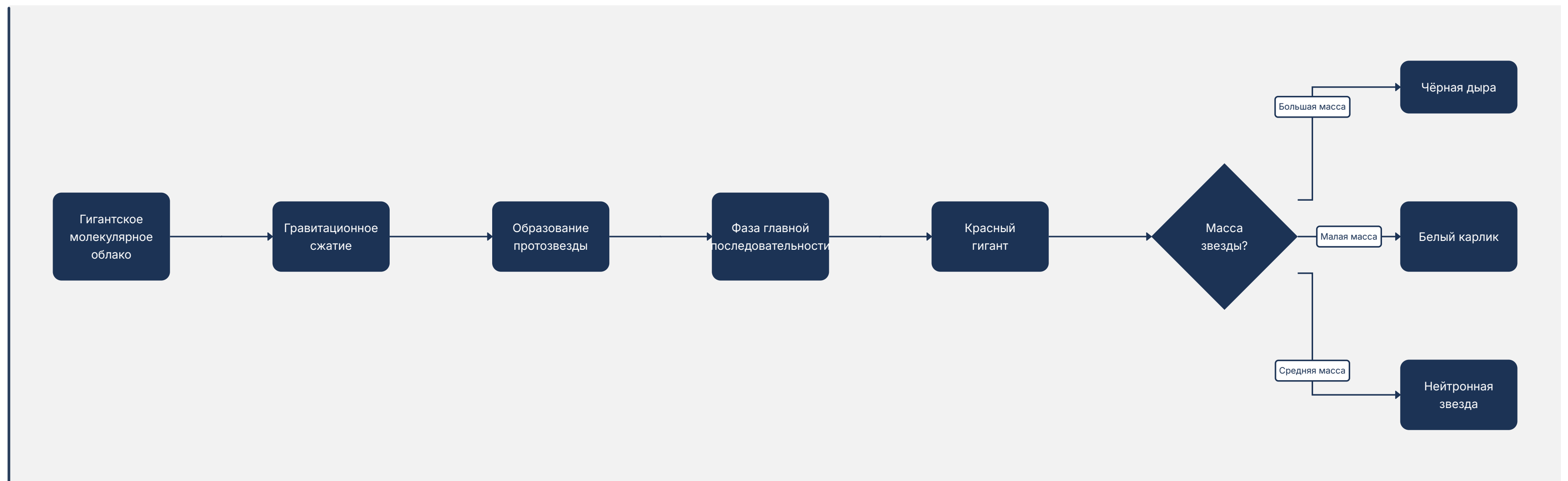
---

**03**

Обогащение среды тяжёлыми элементами создаёт условия для появления сложных планет и, вероятно, для возникновения жизни во Вселенной.

# Последовательность образования звёзд

Этапы развития звезды от облака до конечной стадии





# Образование планетарных систем

Планетные системы формируются из протопланетных дисков, содержащих газ и пыль, окружающих молодые звёзды. Телескоп ALMA предоставил подробные изображения этих дисков, раскрывая процессы аккреции и формирования планет.

Наблюдения таких систем, как Солнечная система и TRAPPIST-1, демонстрируют разнообразие архитектур планетных систем и подчеркивают сложность процессов их эволюции.

# Чёрные дыры: структура и роль во Вселенной

01

Чёрные дыры образуются из остатков массивных звёзд после коллапса ядра, проявляя чрезвычайно сильное гравитационное поле, из которого не может выйти свет.

02

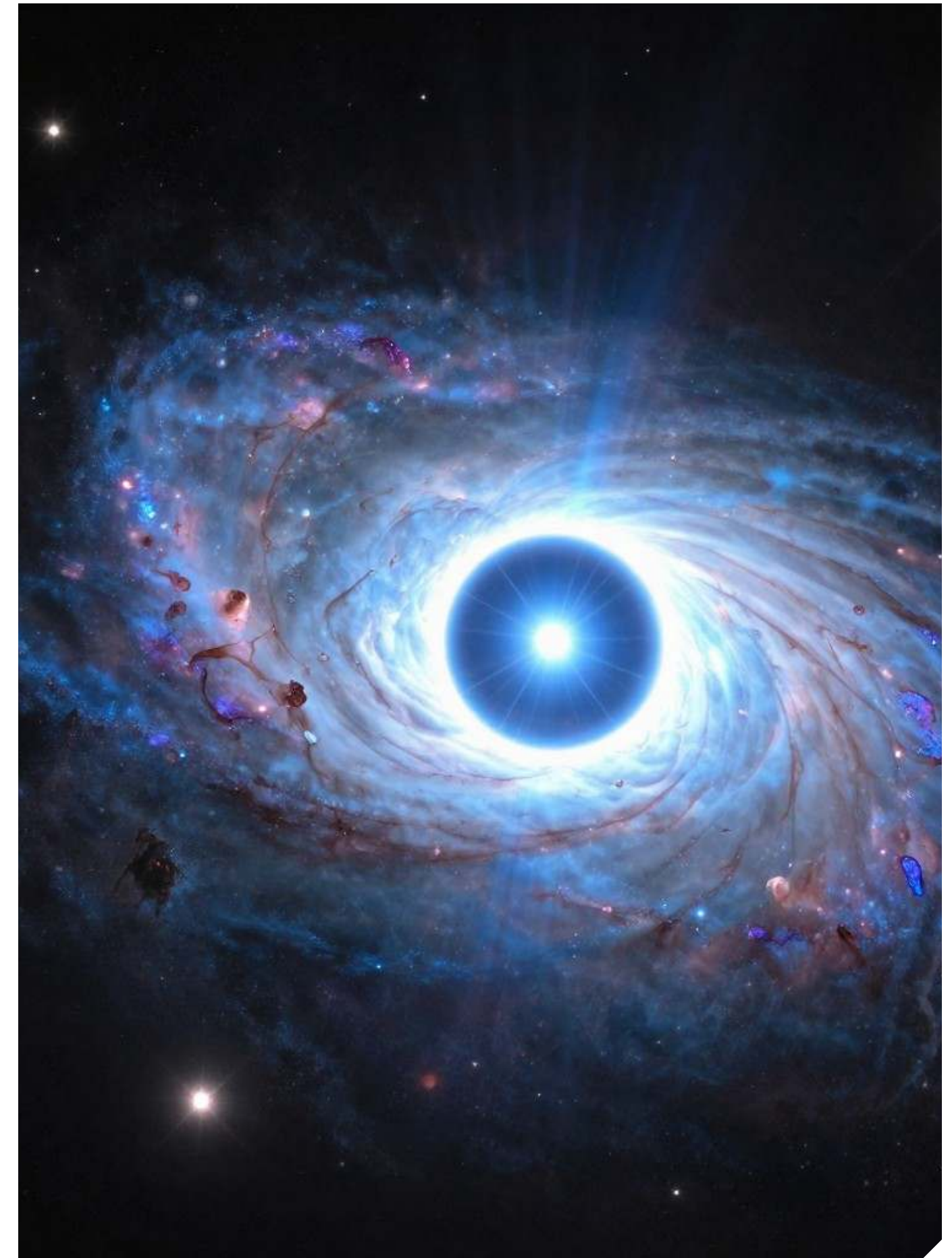
Многие галактики, включая Млечный Путь, имеют сверхмассивные чёрные дыры в ядрах, которые влияют на динамику и структуру галактик.

03

Чёрные дыры играют ключевую роль в процессе формирования звёздных систем и перераспределении вещества в космосе через аккреционные диски и джеты.

# Квazarы и активные ядра галактик

- 01** Квazarы — это ярчайшие объекты во Вселенной, где энергия высвобождается в результате аккреции газа на сверхмассивные чёрные дыры в центре галактик. Они могут быть ярче всех звёзд галактики вместе взятых.
- 02** Изучение квазаров подтвердило существование активных процессов в ядрах галактик и помогло понять механизмы роста и эволюции сверхмассивных чёрных дыр.



# Тёмная материя и тёмная энергия

Тёмная материя обнаруживается по её гравитационному воздействию на вращение галактик и динамику скоплений, позволяя объяснить несоответствие видимой массы и гравитационного эффекта.

01

Тёмная энергия была введена для объяснения ускоренного расширения Вселенной, выявленного при наблюдениях сверхновых типа Ia.

03

Гравитационное линзирование служит одним из ключевых методов наблюдения тёмной материи, обнаруживаемой через искажение света от удалённых объектов.

02

Природа тёмной материи и тёмной энергии остаётся загадкой, и эта тема является приоритетной в современной астрофизике и космологии.

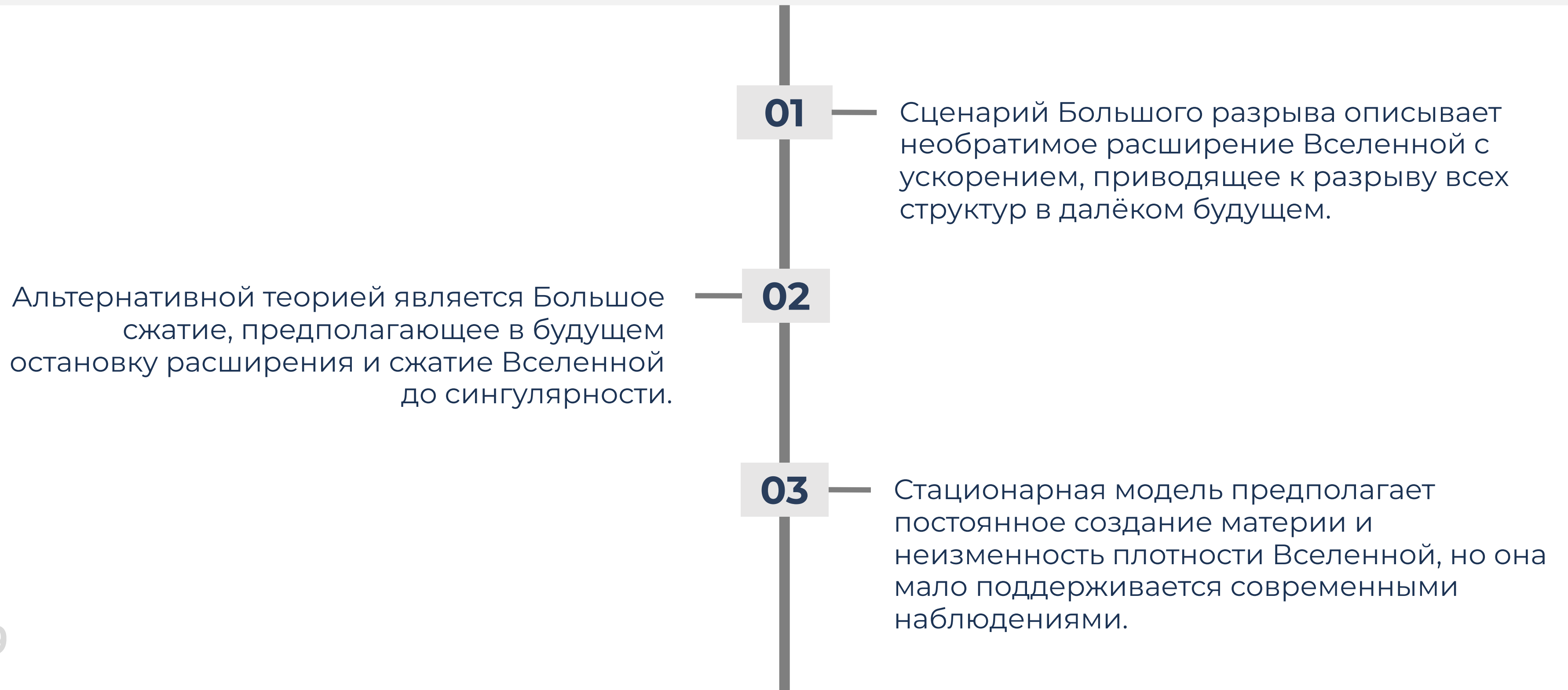
04

# Изменение темпа расширения Вселенной

Исследования показывают, что около 5–6 миллиардов лет назад темп расширения Вселенной сменился с замедленного на ускоренный благодаря тёмной энергии.

Данные подтверждают, что тёмная энергия стала доминирующей силой, изменившей динамику космического расширения в недавнее геологическое время.

# Будущее Вселенной: гипотезы и современные взгляды



# Обобщение теоретических и наблюдательных знаний о Вселенной

Современная космология объединяет физику, астрономию и наблюдения для понимания эволюции Вселенной, подчёркивая взаимосвязь между материей, энергией и пространством-временем в масштабах космоса.

