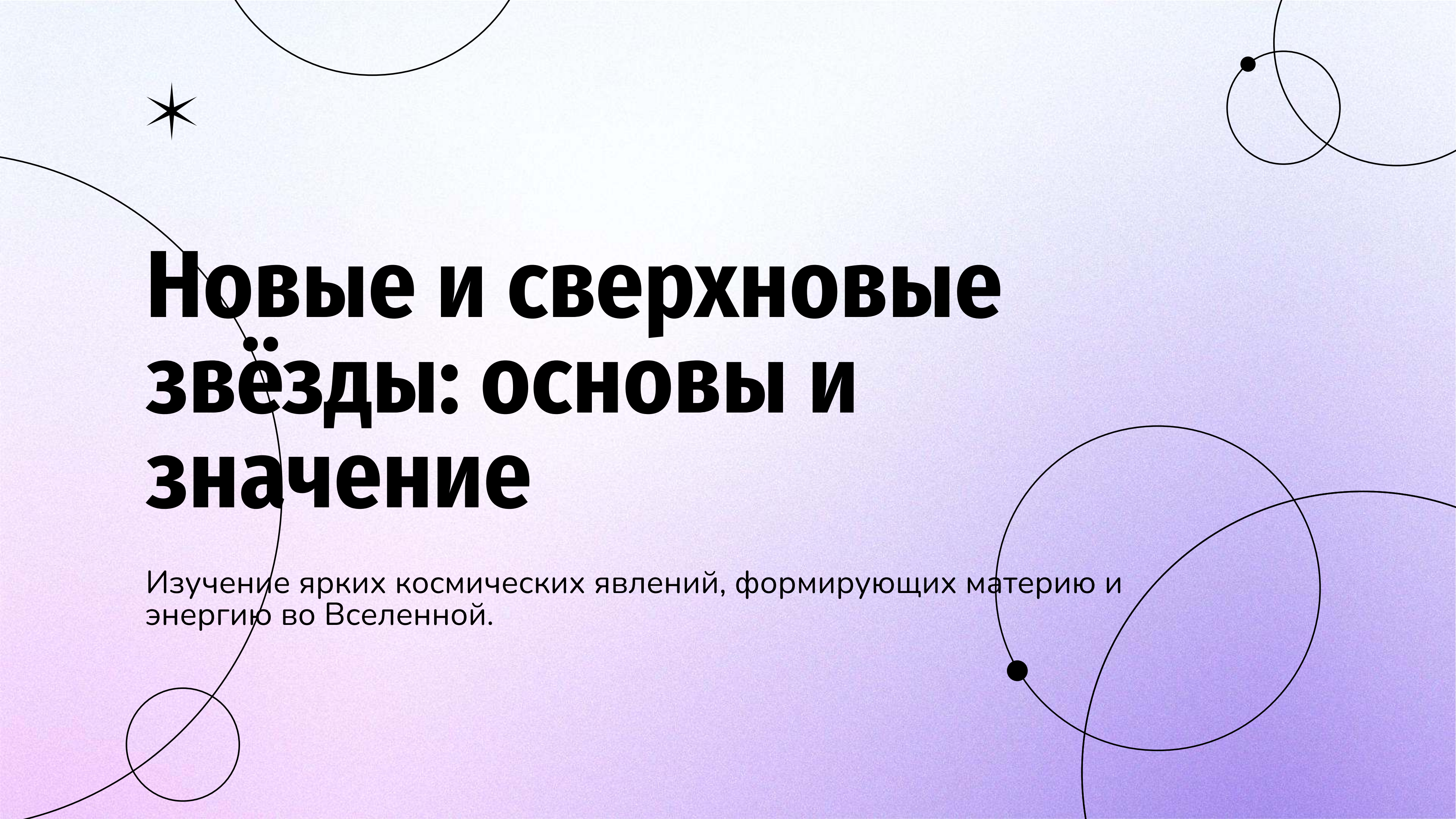




Новые и сверхновые звёзды: основы и значение

Изучение ярких космических явлений, формирующих материю и энергию во Вселенной.

Историческое развитие наблюдений и теорий

Первые упоминания о новых звёздах встречаются в древних китайских летописях II века до н. э. С появлением телескопа и развитием спектроскопии изучение превратилось в систематическую науку, особенно активную в XX веке.



Основные понятия: новые и сверхновые

1

Новые звёзды

Новая — временное яркое явление в двойной системе, вызванное термоядерным взрывом на белом карлике. Яркость резко возрастает, но звезда остаётся в системе.

2

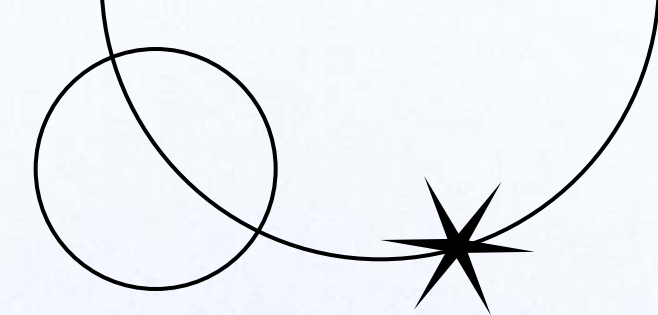
Сверхновые звёзды

Сверхновая — разрушительный взрыв, завершающий жизнь массивной звезды или белого карлика, сопровождающийся выбросом огромного количества вещества и сильным излучением.



3

Механизмы возникновения новых звёзд



1

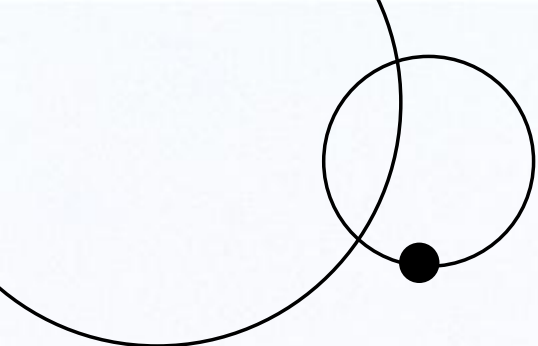
Белый карлик в двойной системе аккумулирует вещество с компаньона, усиливая давление и температуру на поверхности.

2

При достижении критической массы происходит термоядерный взрыв, вызывающий резкий рост светимости до сотен тысяч раз.

3

Выброшенное вещество расширяется в космос, но сам карлик остаётся, что позволяет повторные вспышки спустя время.



10⁴⁴ Дж

это энергия,
выделяемая при
взрыве
сверхновой,
сравнимая с
полной
светимостью
галактик.

Сверхновые — самым
мощные взрывы,
формирующие
нейтронные звёзды или
чёрные дыры,
влияющие на
химический состав
Вселенной.

✧ Астрономический факультет МГУ, 2020

Сравнение новых и сверхновых звёзд

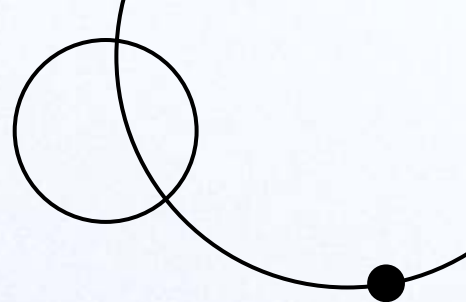


Таблица подчёркивает различия в механизмах, энергиях, длительности и последствиях вспышек новых и сверхновых.

Параметр	Новые звёзды	Сверхновые
Механизм	Аккреция и взрыв белого карлика	Коллапс ядра или термоядерный взрыв
Энергия (Дж)	10^{39}	10^{44}
Длительность вспышки	Дни—недели	Недели—месяцы

Различия показывают, что новые сохраняют белый карлик, а сверхновые завершают звёздную жизнь.

Типы сверхновых: Ia и II

1

Тип Ia возникает при термоядерном взрыве белого карлика, отсутствуют линии водорода в спектре. Используются в измерениях космических расстояний как стандартные свечи.

2

Тип II связан с коллапсом ядра массивной звезды, спектры содержат линии водорода. Формируются нейтронные звёзды или чёрные дыры, вкладывая значительно в химический состав космоса.



Астрономические наблюдения новых звёзд



1

Ярчайшая новая XX века — Новая Персея (1901) достигала видимой величины 0,2, заметно ярче большинства звёзд невооружённым глазом.

2

Вспышки регистрируются регулярно в Млечном Пути и близлежащих галактиках — от 20 до 30 случаев ежегодно в нашей галактике.

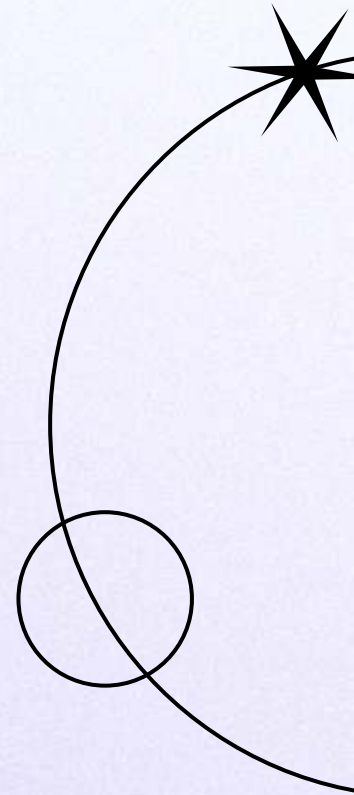
3

Современные методы включают спектроскопию и фотометрию для анализа химического состава и изменений яркости в реальном времени.

4

Эти наблюдения позволяют установить механизмы вспышек и их влияние на межзвёздную среду.

Известные сверхновые в истории



1

1054 год

Зафиксирована вспышка сверхновой, сформировавшей Крабовидную туманность, упомянутая в китайских и арабских хрониках.

2

1572 год

Сверхновая Тихо наблюдалась невооружённым глазом, стала важной для развития теорий звездной эволюции.

3

1604 год

Явление сверхновой Кеплера было детально изучено и описано, подчеркивая динамику космических процессов.

4

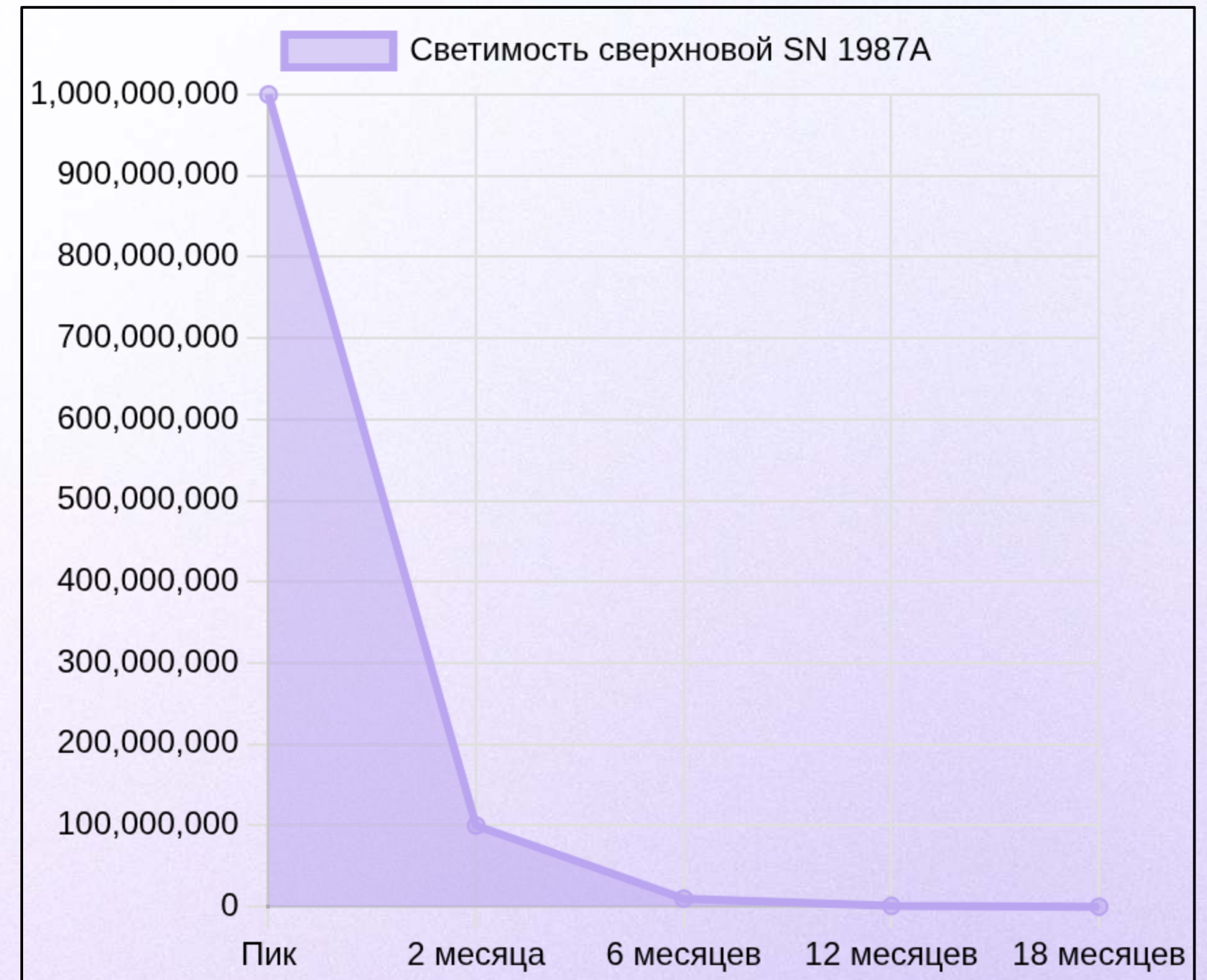
1987 год

В Большом Магеллановом Облаке обнаружена SN 1987A, впервые зарегистрирован свет и нейтринное излучение одновременно.

График светимости сверхновой типа II

Пик яркости сверхновой достигает около миллиарда солнечных, затем начинается интенсивное затухание.

Светимость быстро снижается после пика, демонстрируя классическую эволюцию сверхновой II типа.



★ Данные SN 1987A, 1987-1989 гг.

Физика термоядерных взрывов новых звёзд

1

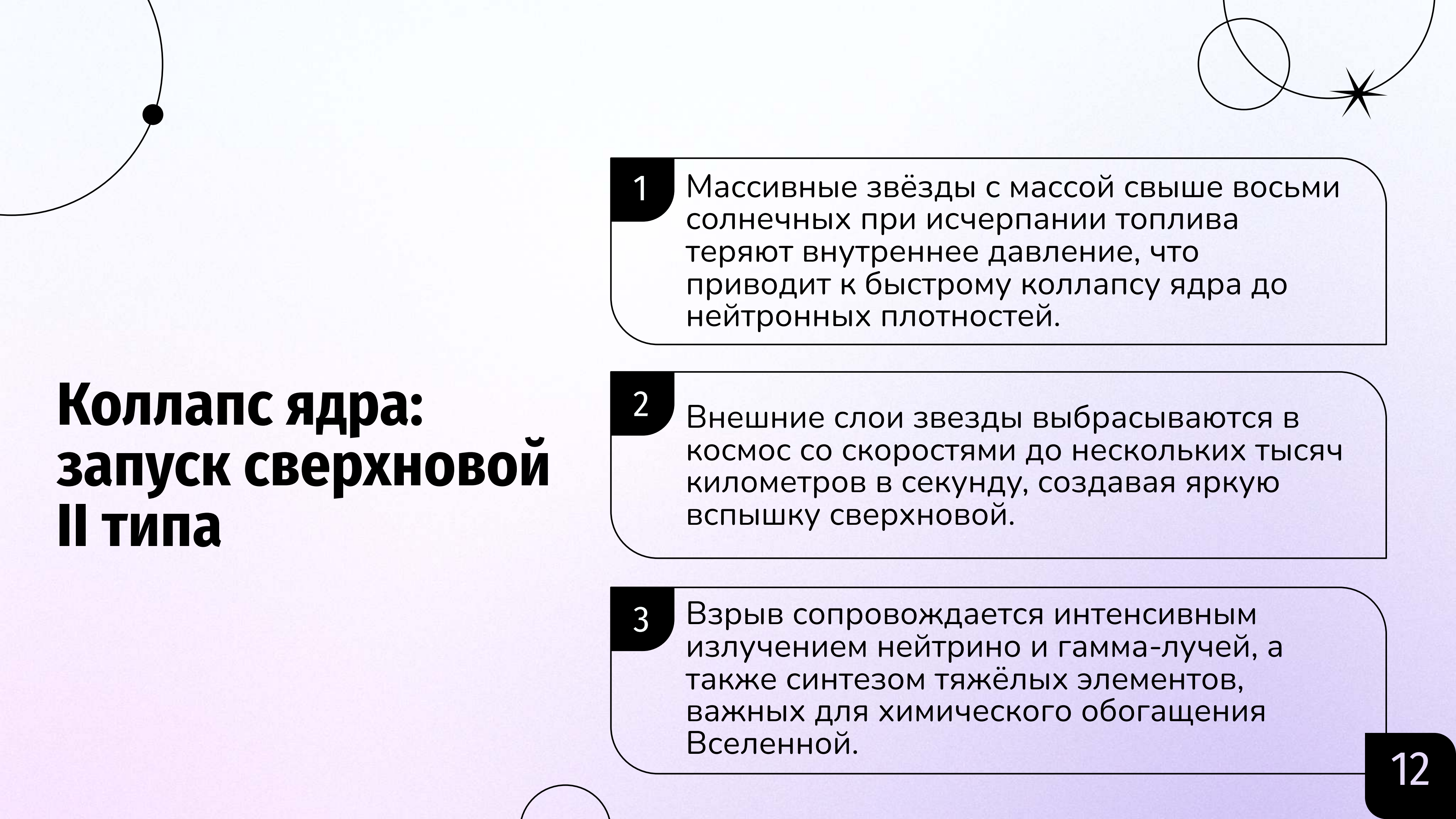
Аккрецированный водород на поверхности белого карлика достигает критической массы около 10^{-4} солнечной массы, запуская термоядерную реакцию при температуре порядка 10^8 К.

2

За несколько суток происходит резкий выброс энергии в диапазоне 10^{38} – 10^{39} джоулей, что вызывает кратковременный рост яркости звезды в тысячи раз.

3

В отличие от сверхновых, взрыв не разрушает сам белый карлик, позволяя процессу повторяться при дальнейшем накоплении вещества.



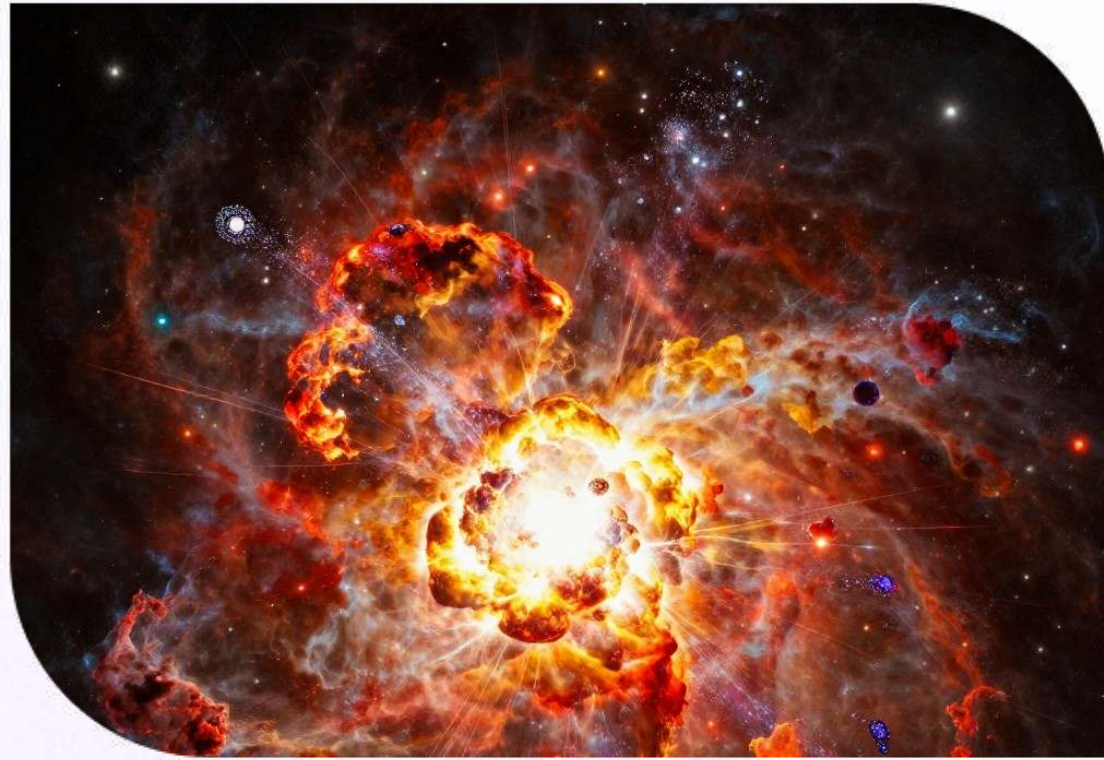
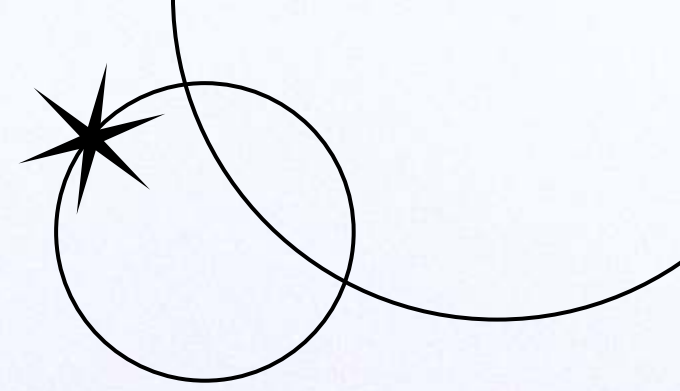
Коллапс ядра: запуск сверхновой II типа

1 Массивные звёзды с массой свыше восьми солнечных при исчерпании топлива теряют внутреннее давление, что приводит к быстрому коллапсу ядра до нейтронных плотностей.

2 Внешние слои звезды выбрасываются в космос со скоростями до нескольких тысяч километров в секунду, создавая яркую вспышку сверхновой.

3 Взрыв сопровождается интенсивным излучением нейтрино и гамма-лучей, а также синтезом тяжёлых элементов, важных для химического обогащения Вселенной.

Влияние энергичных взрывов новых и сверхновых звёзд в космосе



Обогащение межзвёздной среды

Вспышки новых и сверхновых звёзд выбрасывают тяжелые элементы, такие как железо, кремний и кислород, насыщая окружающее пространство материалом, необходимым для формирования новых звёзд и планет.



Ударные волны как катализатор звёздообразования

Распространение ударных волн после взрыва стимулирует сжатие газовых облаков, инициируя коллапс и рождение новых звёзд в областях галактик с высокой плотностью вещества.



Формирование структуры галактик

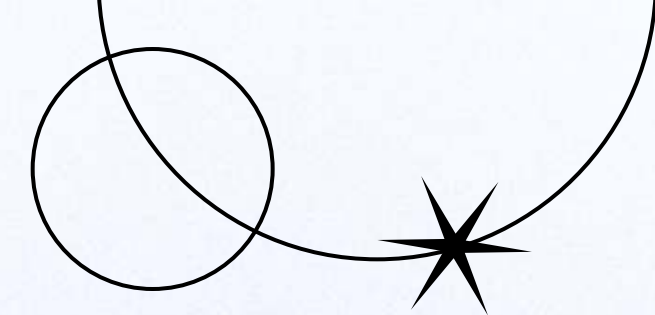
Активные процессы взрывов влияют на динамику и химический состав галактик, способствуя эволюционным изменениям и развитию сложных звездных популяций с течением времени.

Жизненный цикл звезды до стадии сверхновой

Этапы эволюции и ключевые переходы от образования до взрыва



Влияние химических элементов, рождающихся в сверхновых



1

Сверхновые производят тяжёлые элементы, включая золото, платину и уран, образующиеся в процессах захвата нейтронов во время взрыва.

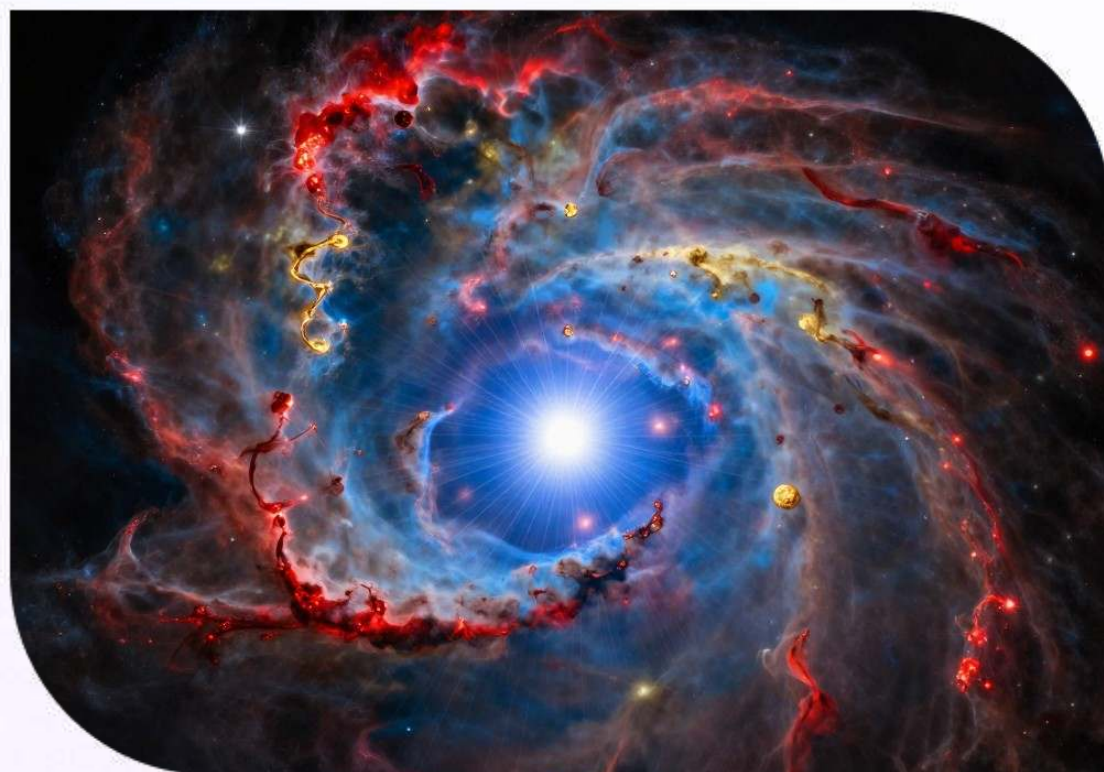
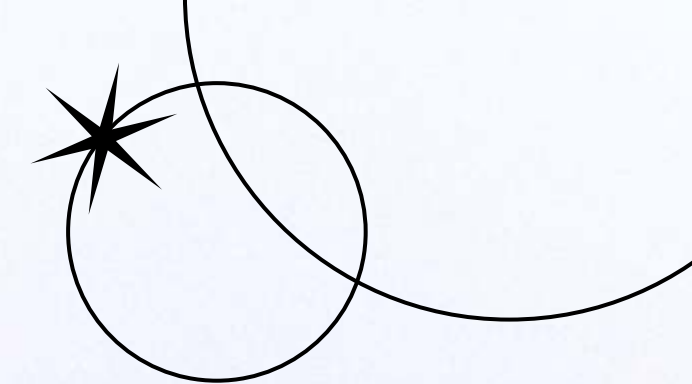
2

Спектроскопические исследования подтверждают появление новых элементов в межзвёздной среде сразу после вспышек сверхновых.

3

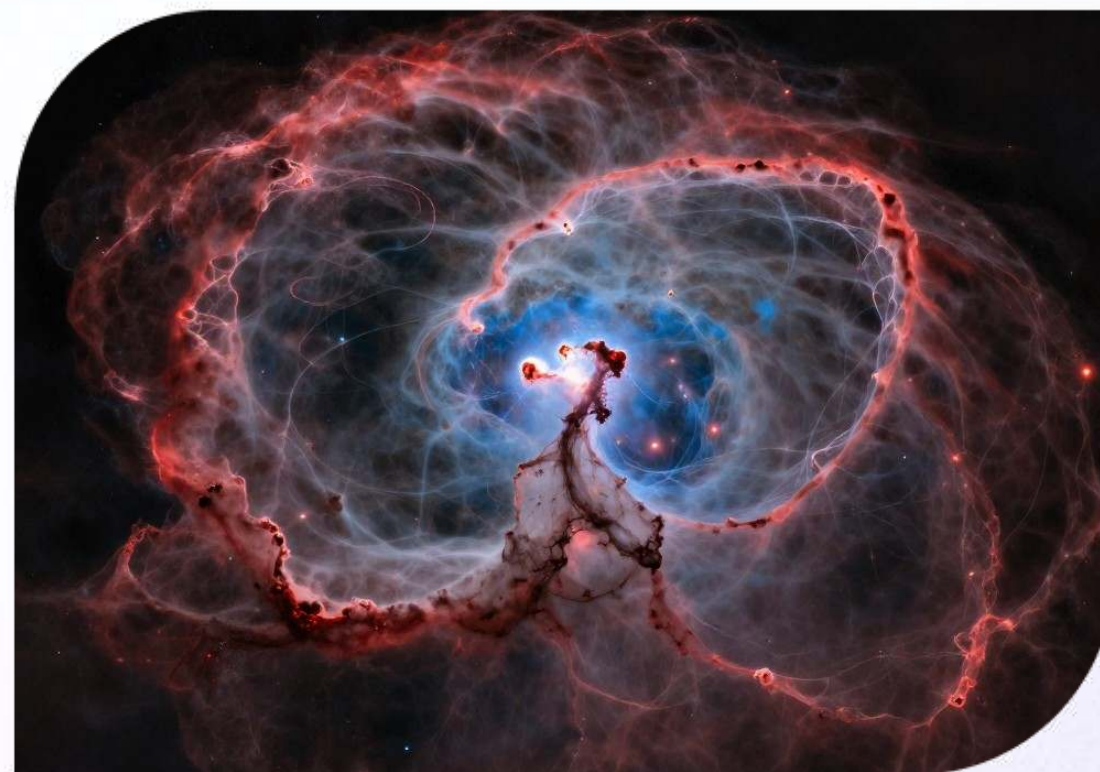
Эти элементы входят в состав планет, астероидов и живых организмов, делая нас прямыми наследниками химического богатства звёзд.

Изучение остатков сверхновых как высокоэнергетических лабораторий



Крабовидная туманность и её пульсар

Крабовидная туманность представляет собой остаток сверхновой 1054 года с быстро вращающимся пульсаром (33 мс), источающим сильное синхротронное излучение в радио-, оптическом и рентгеновском диапазонах.



Туманность Вуаля с её сложной структурой

Остаток сверхновой Вуаля демонстрирует заметные внутренние петли и волокна газа, изучаемые для понимания динамики взрыва и взаимодействия с окружающей межзвёздной средой.



Снежинка — загадочный приполярный остаток

Туманность Снежинка поражает своей симметрией и излучением в ультрафиолетовом и рентгеновском спектрах, представляя интерес для исследований процессов охлаждения и магнитных полей в остатках сверхновых.

Методы обнаружения новых и сверхновых

1

Современные автоматические телескопы широкого поля обеспечивают регулярный мониторинг неба, позволяя оперативно обнаруживать вспышки с высокой точностью.

2

Использование спектрографов помогает определить химический состав выброшенного вещества и тип взрыва, что важно для классификации и понимания природы событий.

3

Регистрация нейтринных всплесков и гравитационных волн открыла новый канал для изучения сверхновых, дополняя традиционные методы оптических наблюдений.

4

Сравнительный анализ архивных снимков и каталогов предшествующих годов позволяет выявлять ранее незамеченные вспышки и отслеживать их эволюцию.

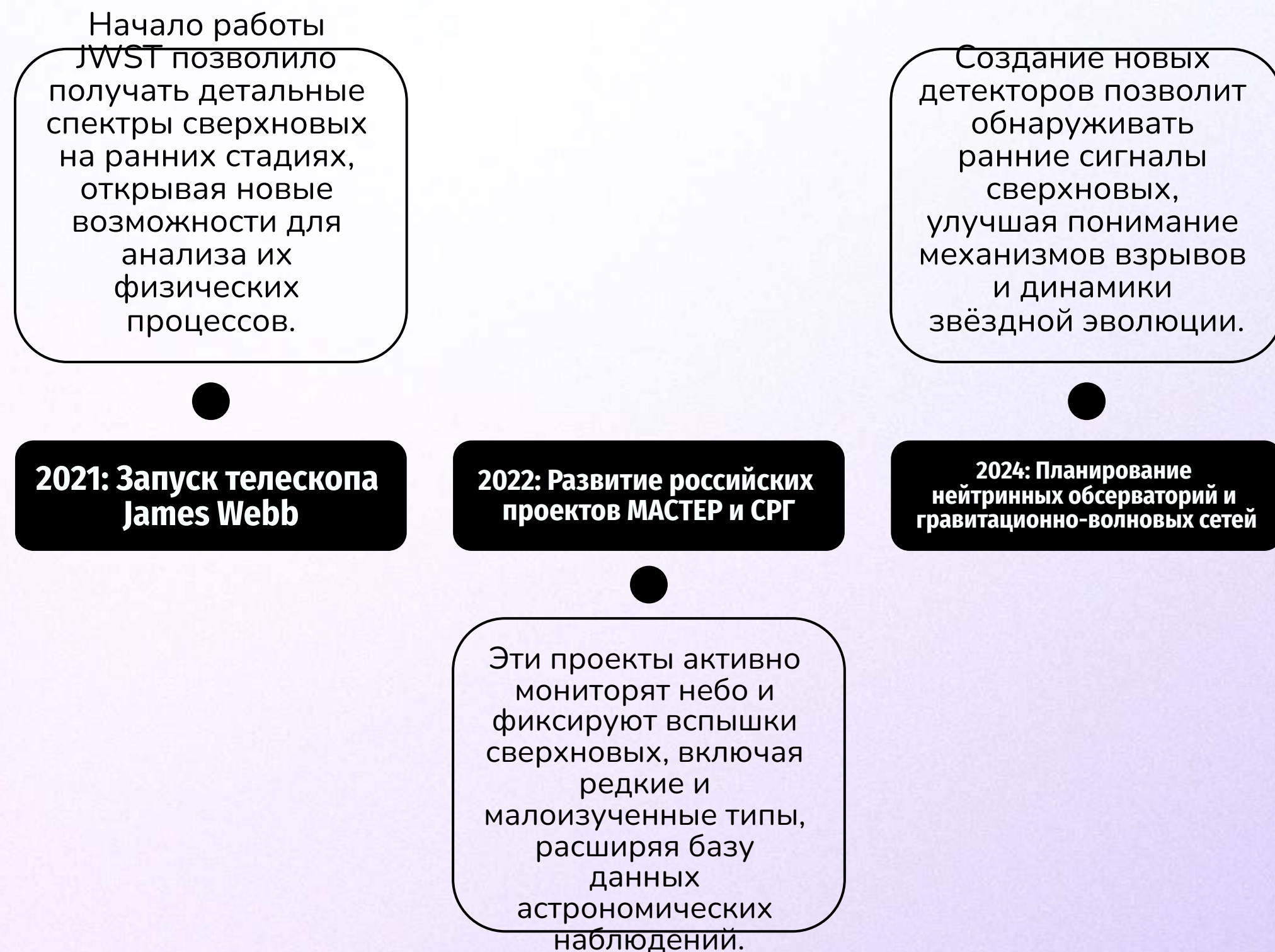
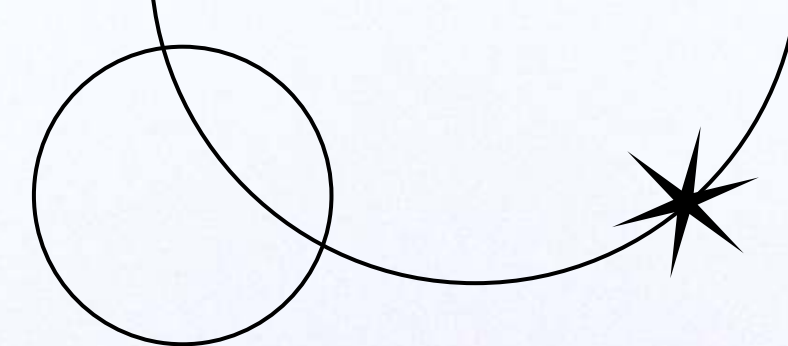
Статистика сверхновых в галактиках

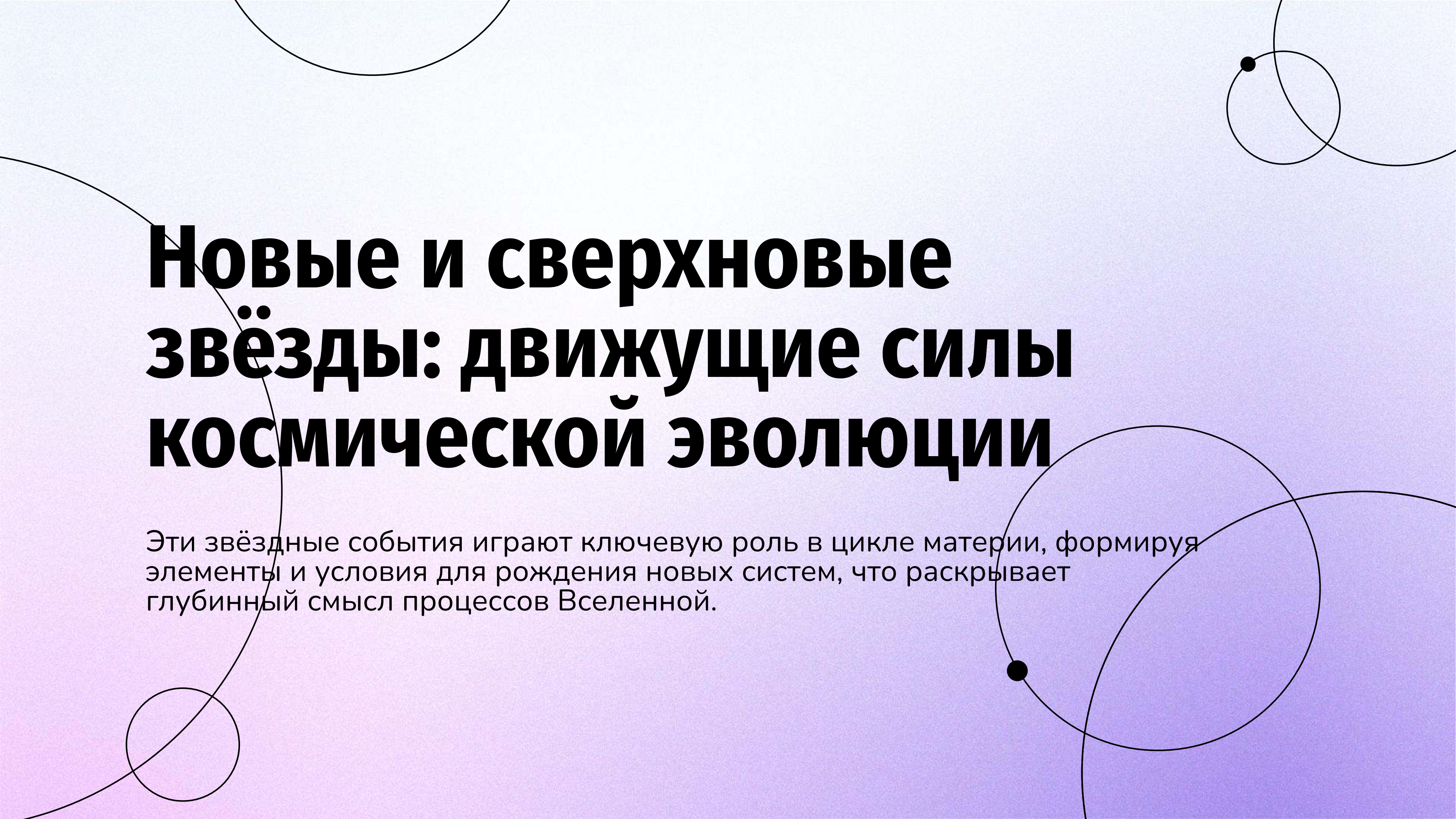
В спиральных галактиках наблюдается более высокая частота сверхновых по сравнению с эллиптическими, отражая активное звёздообразование.

Сверхновые II чаще встречаются в регионах с молодыми звёздами, а сверхновые Ia — повсеместно, что важно для радиоизотопного датирования и измерения расстояний.



Ключевые моменты в современных исследованиях сверхновых





Новые и сверхновые звёзды: движущие силы космической эволюции

Эти звёздные события играют ключевую роль в цикле материи, формируя элементы и условия для рождения новых систем, что раскрывает глубинный смысл процессов Вселенной.