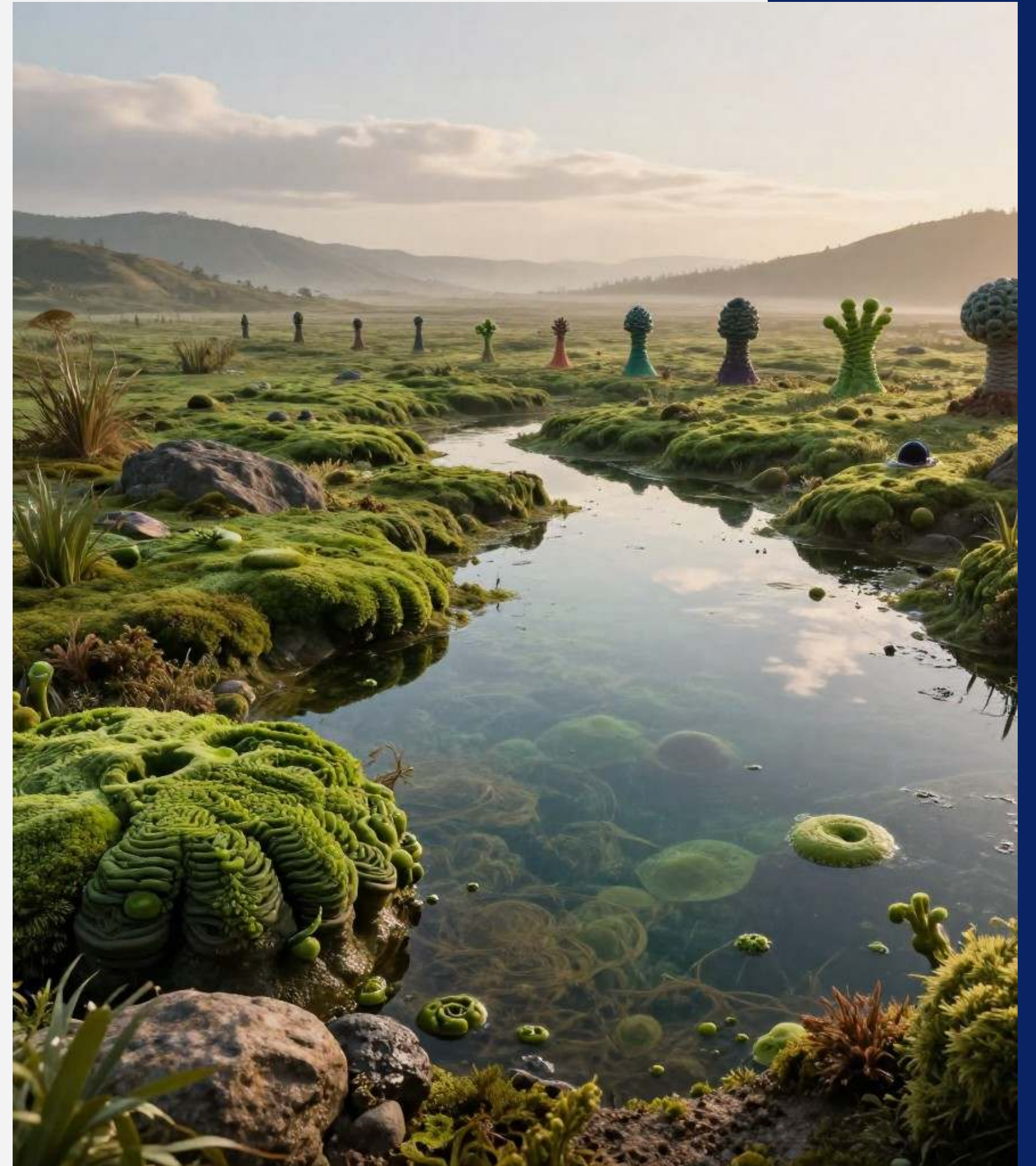


# Эволюция биосферы: введение и основные направления

История жизни на Земле от зарождения до современности в ключевых этапах.



# Понятие и структура биосферы



Биосфера включает все живые организмы и их взаимодействия в атмосфере, гидросфере и литосфере. Введение термина В.И. Вернадским связано с анализом изменений вследствие геологических и климатических процессов.

# Физико-химические условия ранней Земли

В первые миллиарды лет атмосфера Земли была без свободного кислорода и состояла преимущественно из метана, аммиака, водорода и водяного пара под высоким давлением и температурой.

Интенсивная вулканическая активность и удары метеоритов формировали химический состав. Зарождение первичного океана создало среду для химической эволюции органических соединений.



# Эксперимент Миллера — лабораторное подтверждение гипотезы



В 1953 году Миллер воспроизвёл атмосферу древней Земли, пропуская электрические разряды через смесь газов. Это вызвало синтез аминокислот — основных строительных блоков жизни.

Эксперимент доказал возможность естественного образования органических молекул при условиях ранней планеты, укрепив теорию абиогенного синтеза органики.

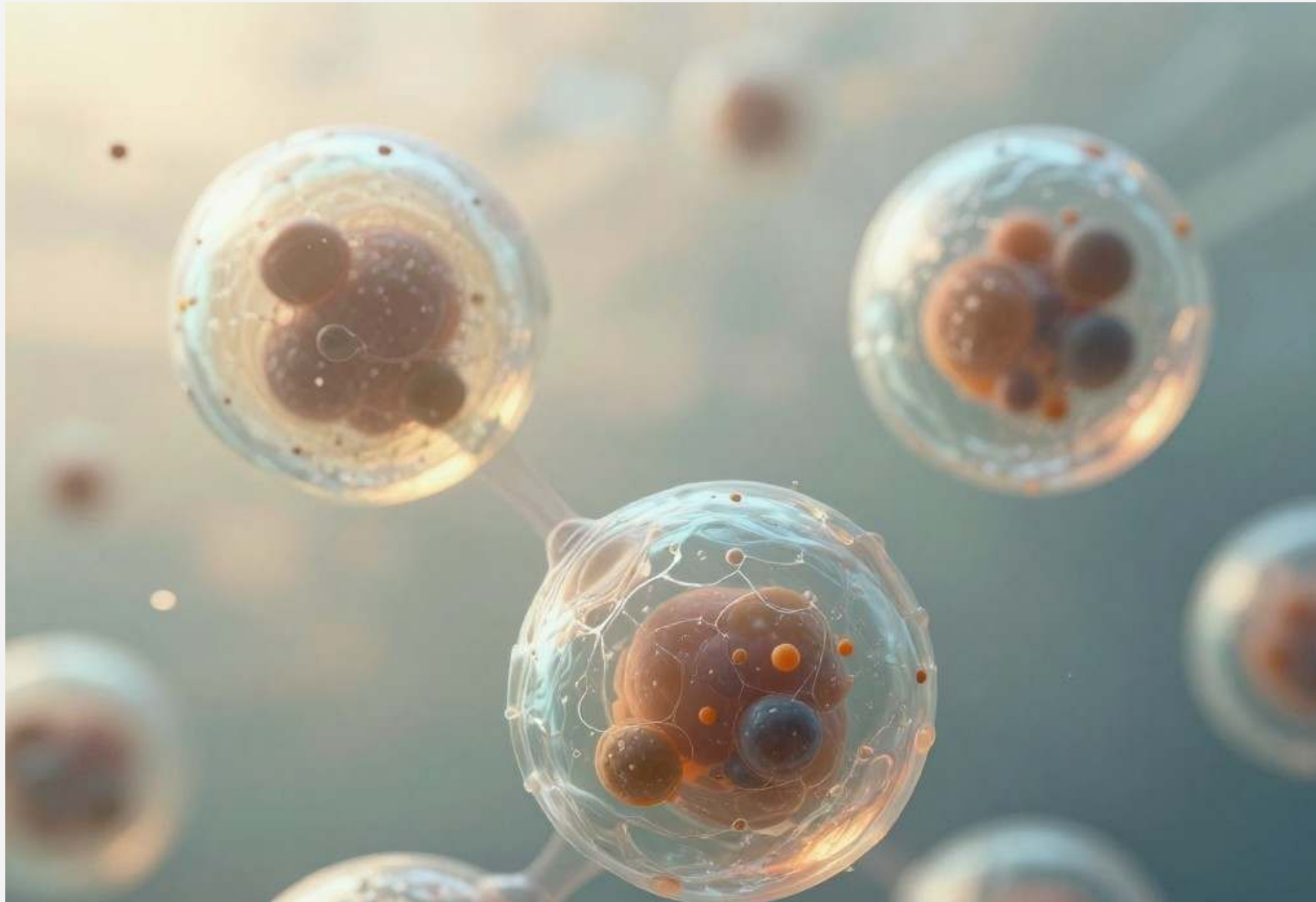
# Основные гипотезы происхождения жизни

Абиогенный синтез предполагает формирование органических мономеров из неорганических веществ в океане — аминокислот и нуклеотидов.

Далее полимеризация этих мономеров превращает их в белки и нуклеиновые кислоты, необходимые для жизни.

Формирование протобионтов — первых примитивных мембранных структур — знаменует переход к организованным системам, отличающимся от окружающей среды.

# Протобионты: начало клеточной организации



## Структура и функции протобионтов

Протобионты имели простейшие липидные мембраны, позволяющие поддерживать внутреннюю среду и обмен веществ. Они не были полноценными клетками, но могли осуществлять химические реакции внутри себя.

## Модели и примеры протобионтов

Коацерваты и липосомы служат моделями протобионтов, демонстрируя способность к самостоятельной организации и изоляции химических веществ внутри оболочки.

# Появление прокариот и их особенности

Прокариоты возникли свыше 3,5 млрд лет назад и характеризуются отсутствием ядерной мембраны и органелл.

Современные представители включают бактерии и археи, многие из которых выживают в экстремальных условиях.

Их размножение происходит простым бинарным делением, что обеспечивает быстрое распространение видов.

Прокариоты образуют базу для сложной жизни, осуществляя различные биохимические процессы и влияя на экосистемы.

# Роль цианобактерий в кислородной атмосфере



## Цианобактерии — пионеры фотосинтеза

Эти микроорганизмы начали производить кислород с помощью фотосинтеза, преобразуя атмосферу Земли. Образование строматолитов — свидетельство их древней активности — помогает учёным изучать ранние формы жизни.



## Современные строматолиты — остатки древних экосистем

Сегодня строматолиты сохранились в Австралии и Бразилии, демонстрируя устойчивость этих структур и продолжая влиять на локальные биосистемы.

# Переход от анаэробных к аэробным организмам

## Преобладание анаэробов

В начальной биосфере доминировали организмы, живущие без кислорода, используя анаэробный метаболизм.

## Адаптация к аэробному дыханию

Часть организмов вымерла, но другие приспособились к кислородной среде, развив аэробный метаболизм с большей энергетической эффективностью.

## Рост кислорода благодаря фотосинтезу

Цианобактерии начали выделять кислород, который постепенно накапливался в атмосфере, изменяя условия обитания.

# Развитие фотосинтеза и кислородная революция

Фотосинтез у древних прокариот привёл к значительному накоплению кислорода в атмосфере примерно 2,4–2 млрд лет назад.

Этот процесс вызвал «кислородную катастрофу», повлекшую гибель большинства анаэробов и стимул к эволюции аэробных организмов.

Рост кислорода сформировал озоновый слой, защитивший жизнь от ультрафиолета и способствовавший последующему биологическому разнообразию.

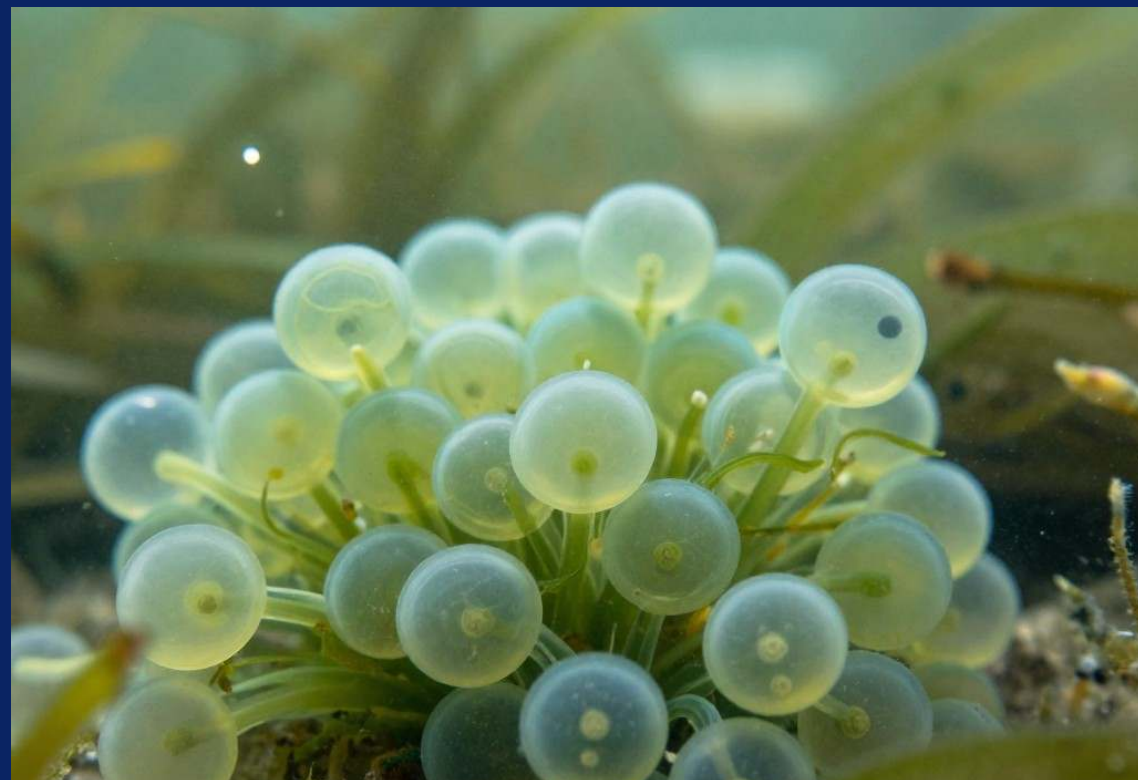
# Возникновение эукариот: новый уровень организации

Появление эукариот связано с эндосимбиозом, когда одноклеточные прокариоты вошли внутрь друг друга, образовав сложные клетки с ядром. Это революционный шаг в развитии жизни на Земле.

Эукариотические клетки имеют ядро и органеллы — митохондрии и хлоропласты. Они стали основой для многоклеточных организмов, что позволило развиваться разнообразию сложных форм жизни.



# Появление многоклеточных: усложнение жизни



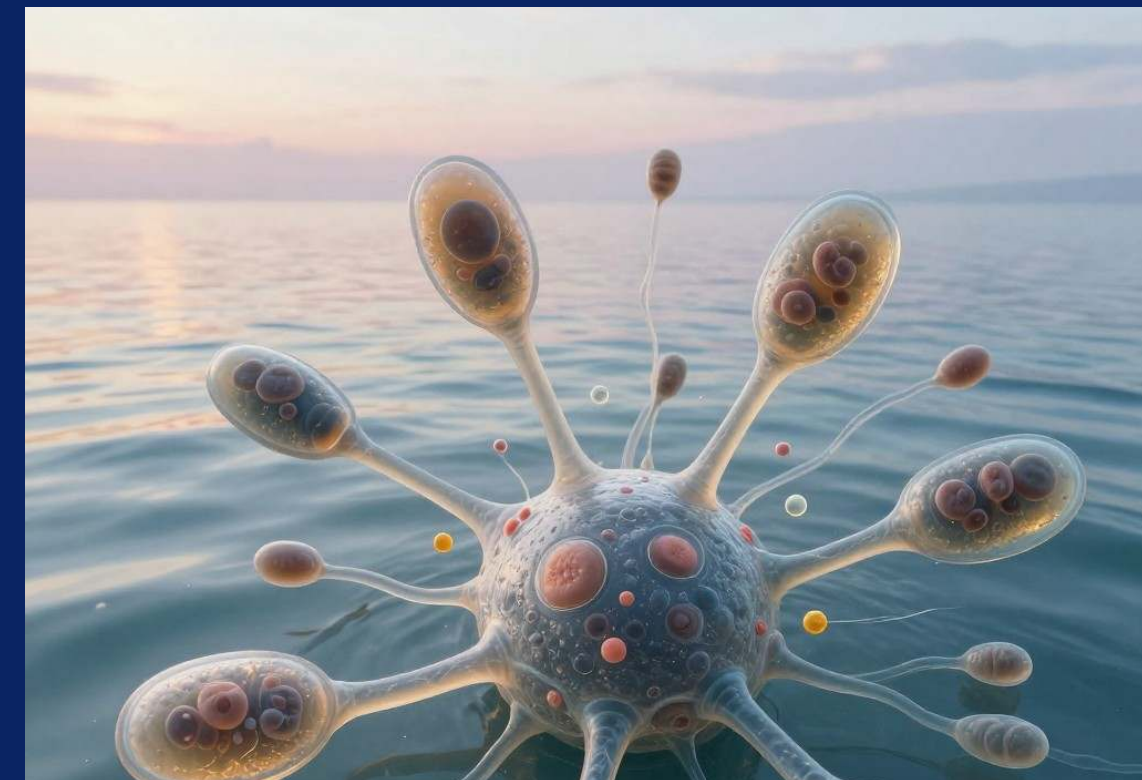
## Первые многоклеточные существа на планете

Примерно 1–1,2 млрд лет назад возникли первые многоклеточные организмы, такие как колониальные водоросли. Они демонстрировали начальную клеточную специализацию и позволили обеспечить большие размеры и новые функции.



## Развитие тканей и органов

Многоклеточность привела к дифференциации клеток в ткани и органы, что дало возможность выполнять сложные биологические процессы. Такой прогресс заложил основы для появления сложных животных и растений.



## Устойчивость и эффективность обмена веществ

Коллективное существование клеток улучшало метаболическую эффективность и обеспечивало лучшую адаптацию к изменяющимся условиям среды, увеличив выживаемость и биомассу организмов.

# Кембрийский взрыв и диверсификация жизни

Кембрийский взрыв — период около 541 млн лет назад, когда резко увеличилось разнообразие организмов и появились первые твёрдые скелеты.

Возникли крупные животные группы: членистоногие, моллюски и хорды, ставшие основой будущих экосистем Земли.

Сложные пищевые цепи сформировались, что усилило биологические взаимодействия и способствовало экологическому разнообразию.

Главные окаменелости кембрийского периода обнаружены в формациях Бургесс-Шейл (Канада) и Чэнцзян (Китай), позволяя изучать раннюю жизнь.

# Освоение суши растениями и животными

Около 470 млн лет назад первые растения, такие как псилофиты и мхи, вышли на сушу, начав формировать наземные экосистемы. Их появление изменило почвенные процессы и круговорот веществ.

---

За растениями последовали членистоногие и амфибии, приспособившиеся к жизни вне воды с защитой от высыхания и опорой тела, что способствовало дальнейшему расселению на суше.



# Массовые вымирания и смена доминирующих форм

## Пермское вымирание (252 млн лет назад)

Исчезло около 96% морских и 70% наземных видов. Причинами стали вулканическая активность, климатические изменения и падения астероидов.

## Меловое вымирание (66 млн лет назад)

В результате массового вымирания исчезли динозавры, что открыло экологические ниши для млекопитающих и птиц.

## Триасовый период

После пермского вымирания началось восстановление жизни, развивались новые группы рептилий, включая предков динозавров.

## Палеогеновый период

После мелового вымирания произошла быстрая эволюция и разнообразие млекопитающих, занявших ведущие позиции в биосфере.

# Эпоха млекопитающих и птиц: адаптации и расселение



## Эволюционные преимущества теплокровности

Теплокровность позволила млекопитающим и птицам поддерживать постоянную температуру тела, обеспечивая активность в различных климатических условиях и расширяя ареалы обитания.



## Разнообразие экологических ниш

Млекопитающие и птицы освоили разнообразные пищевые и жилищные ниши, от лесных хищников до насекомоядных, что способствовало богатству видов и экосистем.

# Эволюция и деятельность человека



## Появление Homo sapiens

Человек разумный возник приблизительно 300 тысяч лет назад в Африке, осуществив ключевые изменения в мозге и развитии речи, создав культурные и технологические основы.



## Развитие сельского хозяйства

Около 10 тысяч лет назад начался переход к земледелию, что повлекло за собой формирование постоянных поселений и рост численности населения.



## Влияние цивилизаций на биосферу

Развитие городов, техники и промышленности принципиально изменило природные процессы, вызвав новые экологические вызовы и давление на экосистемы.

# 68%

уменьшились популяции  
позвоночных животных с 1970 года,  
что свидетельствует о серьёзном  
сокращении биоразнообразия по  
всему миру.

WWF, 2022

**Снижение численности  
позвоночных связано с  
урбанизацией, загрязнением и  
изменением среды обитания  
вследствие человеческой  
деятельности.**

# Будущее биосферы: вызовы и перспективы

---

Международное сотрудничество необходимо для разработки и внедрения экологически чистых технологий, способствующих сохранению природной среды.

---

---

Биотехнологии и восстановление экосистем помогут восстановить исчезающие виды и улучшить состояние биосферы в долгосрочной перспективе.

---

---

Рост населения и изменение климата требуют комплексных решений, объединяющих науку, политику и общество для устойчивого развития.

---

# Значение изучения эволюции биосферы для будущих поколений

Понимание истории и процессов биосферы помогает осознать важность устойчивого взаимодействия человека с природой и необходимость бережного отношения к окружающей среде.