



Обзор развития жизни: Криптозой и ранний палеозой

Эволюция жизни от простейших организмов до освоения суши за миллиарды лет.



Геологическая шкала делит историю Земли на эры и периоды. Криптозой и ранний палеозой охватывают формирование жизни и важные климатические изменения, структурируя ключевые этапы эволюции биосферы.

Геологическое время: определение и значение

Основные этапы Криптозоы

Архей (4,6–2,5 млрд лет назад)

Возникновение первых прокариот и формирование протяженной кислородной атмосферы.

Протерозой (2,5 млрд–541 млн лет назад)

Появление эукариот, фотосинтеза и ранних многоклеточных.

Рост кислорода в атмосфере

Резкий подъём содержания кислорода за счёт фотосинтеза цианобактерий.

Кембрийское открытие (около 541 млн лет назад)

Начало фаунистического взрыва и появления сложных организмов.

Архей: истоки жизни и экстремальные экосистемы

Первые микроорганизмы на Земле

Около 3,8 млрд лет назад появились первые бактерии, обитающие в экстремальных условиях. Их существование подтверждается древними строматолитами — осадочными структурами, создаваемыми цианобактериями.

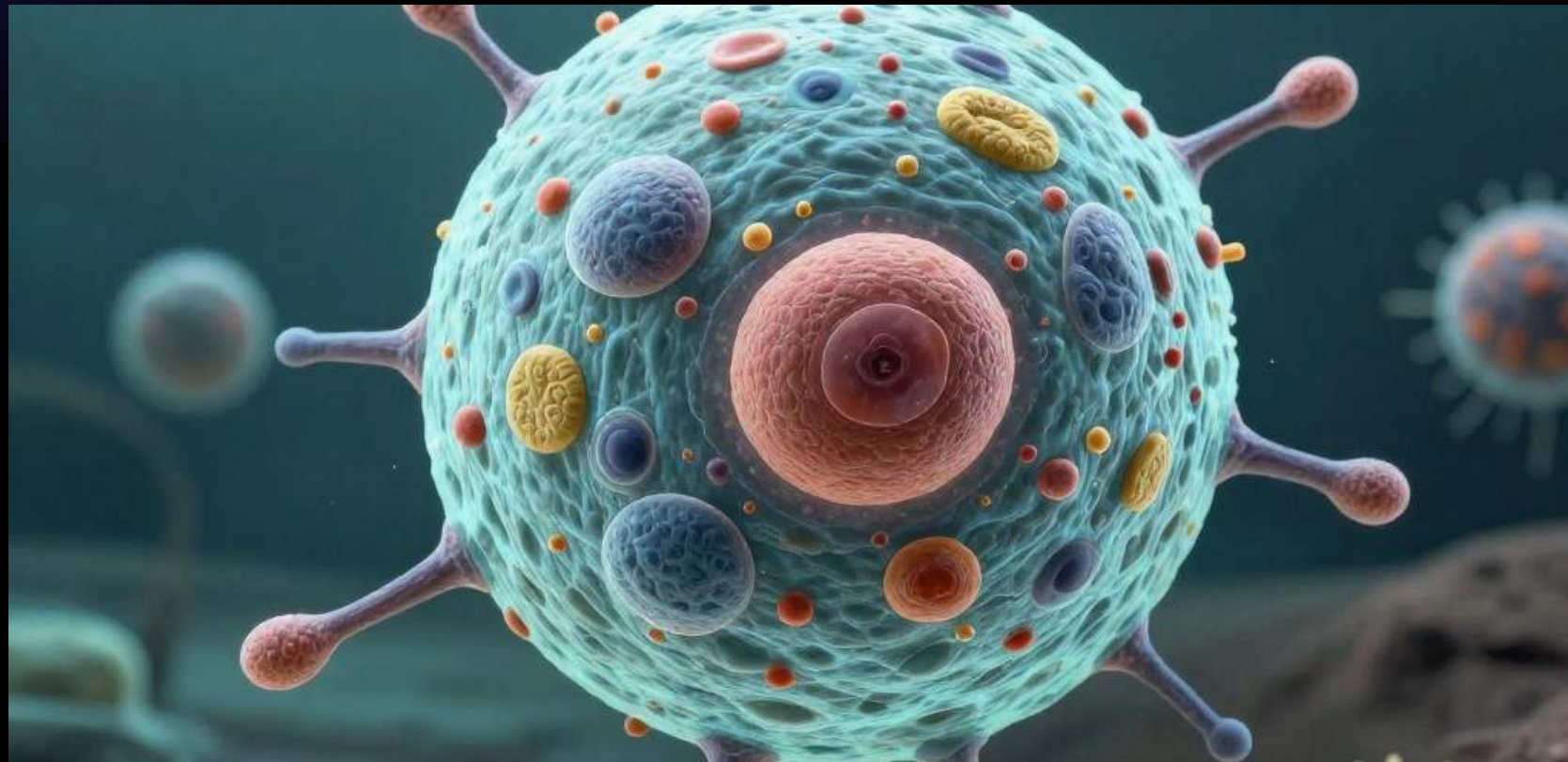


Атмосфера раннего Архея

Свободного кислорода не было; атмосфера состояла из метана, аммиака и водорода, создавая восстановительную среду, в которой развивалась примитивная жизнь.



Протерозой: эволюция клеток и многоклеточности



Появление эукариот

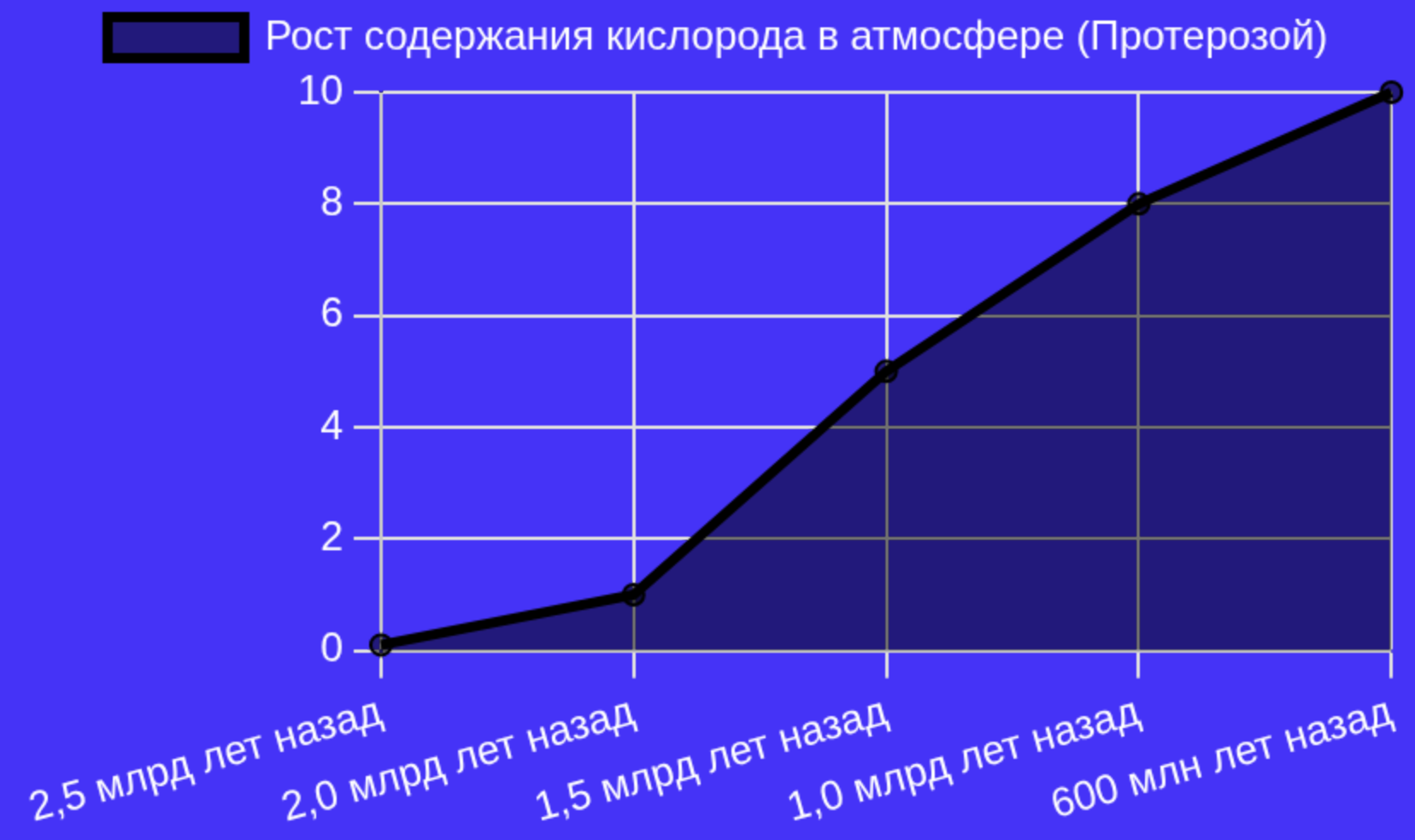
Около 2 млрд лет назад произошёл эндосимбиоз между прокариотами, приведший к развитию сложных клеток с ядрами и органеллами.



Развитие многоклеточных организмов

Формируются колонии водорослей, развивается половой процесс и клеточные структуры усложняются, что положило начало многообразию форм жизни.

Рост кислорода в атмосфере в протерозое



Палеоколичественные данные, 2023

Увеличение кислорода стимулировало появление аэробных организмов и укоренение озонового слоя.

Рост кислорода обеспечил условия для усложнения жизни и формирования новых экологических ниш.

Криогенный период и «Земля-снежок»

01

Массовые оледенения охватили планету, включая экваториальные зоны, резко изменив климат и среду обитания.

02

«Земля-снежок» стала причиной массовых вымираний, особенно среди морских организмов, влияя на экосистемы.

03

После окончания оледенений начался бурный рост биоразнообразия, подготовив почву для эволюционных прорывов.

Эдиакарская биота: начало сложных организмов

01

Мягкотелые многоклеточные с необычной морфологией, включая симметричные и асимметричные формы.

02

Появление специализированных тканей и зачатков органов, указывающих на значительное усложнение строения.

03

Формирование пищевых цепей, отражающих появление первых сложных экосистем в морях.

04

Экземпляры, такие как дикинсония и чарния, предоставляют важные данные о ранней эволюции жизни.

Сравнение организмов архея и протерозоя

Таблица отражает ключевые биологические и экологические различия эпох, подчёркивающие усложнение жизни.

Жизнь усложнялась, кислород стал ключевым фактором эволюционного прогресса.

Характеристика	Архей	Протерозой
Тип организмов	Прокариоты	Прокариоты и эукариоты
Метаболизм	Хемосинтез	Фотосинтез и хемосинтез
Клеточная организация	Простая	Усложнённая
Многоклеточность	Отсутствует	Появляется
Атмосфера	Восстановительная	Кислородсодержащая

Современные палеобиологические исследования, 2023

Геологические и палеонтологические данные

541 млн лет назад

отмечает начало стремительного
развития разнообразных сложных форм
жизни.

Кембрийский взрыв знаменует резкий
подъём видового разнообразия и
появление первых скелетных организмов.

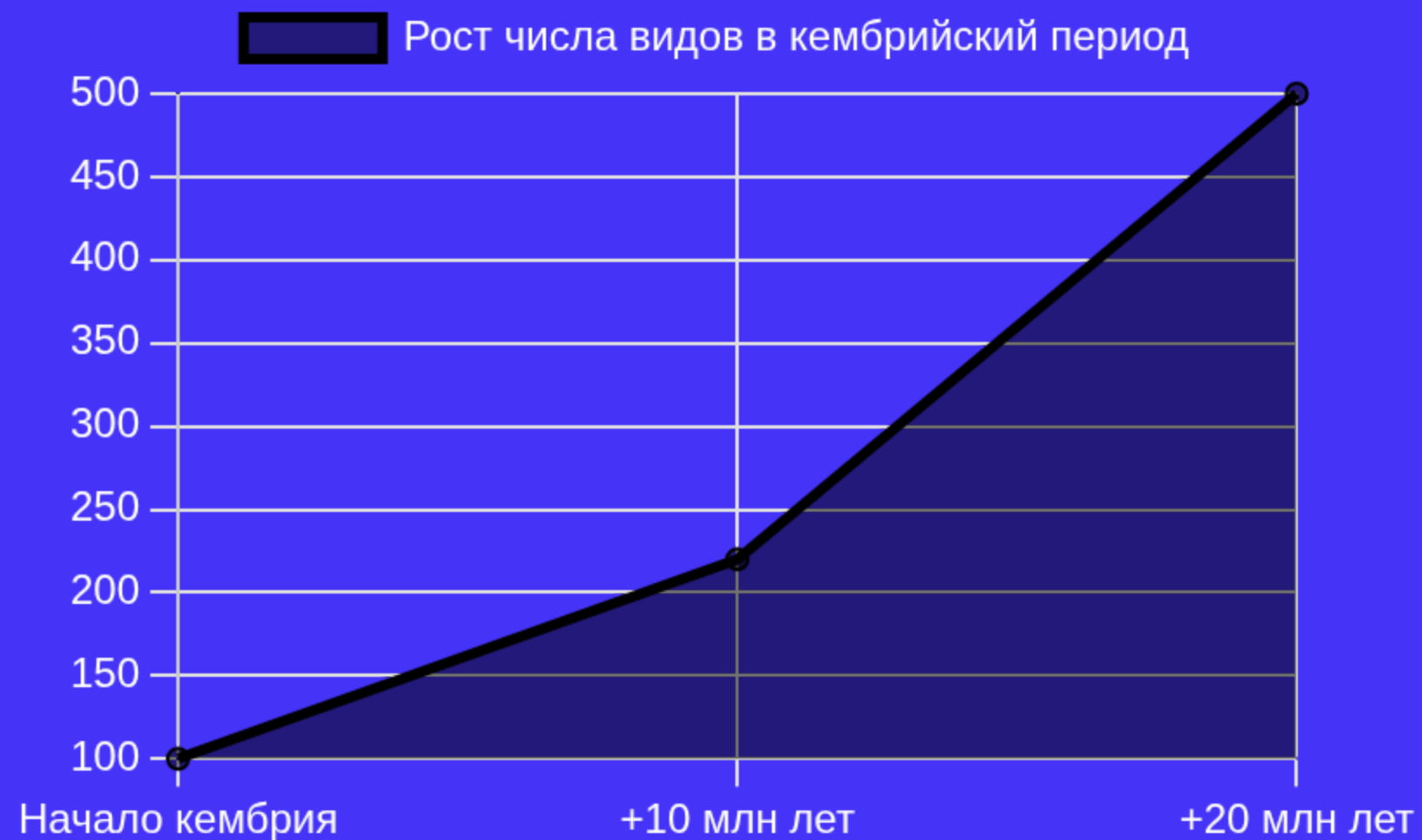
Кембрий: бурное развитие жизни в океанах

В кембрийский период появляются первые трилобиты, археоциаты и губки, формируются сложные морские сообщества. Эволюционные процессы ускоряются благодаря развитию новых адаптаций и морфологических особенностей.

Развивается симметрия тела и сегментация, появляются разнообразные внешние скелеты. Возникают предки современных животных, что способствует экспансии и усложнению донных экосистем.



Темпы видообразования в кембрийский период



Палеонтологические данные, опубликованные в научных обзорах, 2023

Значительный рост видов отражает быстрые эволюционные изменения, вызванные освоением новых экологических ниш и появлением скелетных форм жизни.

Экспоненциальный рост разнообразия свидетельствует о критическом этапе в истории жизни, дающем фундамент для дальнейшей биологической сложности.

Ордовик: формирование морских экосистем

- В ордовике происходит бурная диверсификация морских беспозвоночных, распространяются брахиоподы и мшанки, создавая разнообразные формы жизни в морских экосистемах.
- Начинается формирование первых коралловых рифов, которые служат основой для многочисленных биологических сообществ и способствуют усложнению экосистем.
- Рост числа водорослей значительно усиливает первичное производство, укрепляя пищевые цепи и способствуя устойчивости морских экосистем.

Крупнейшие группы раннего палеозоя: сравнительная характеристика

Сравнение морфологии, экологии и роли ключевых групп раннего палеозоя в формировании морских экосистем.

Все группы внесли значительный вклад в структуру и разнообразие морских экосистем, развивая новые экологические стратегии.

Группа	Морфология	Экология	Роль в биоценозе
Трилобиты	Сегментированные панцири	Активные донные жители	Основные хищники и консументы
Брахиоподы	Двустворчатые раковины	Оседлые фильтраторы	Фильтрация воды, биоиндикаторы
Археоциаты	Кораллоподобные структуры	Строители рифов	Формирование экосистемных основ
Мшанки	Крошечные колониальные организмы	Оседлый образ жизни	Обогащение биоразнообразия

Современные палеонтологические исследования, 2022



Первое массовое вымирание: конец ордовика

- Около 443 миллионов лет назад произошло массовое вымирание, затронувшее до 85% морских видов в результате резкого похолодания и снижения уровня мирового океана.
- Это событие изменило структуру морских сообществ, создало экологические ниши для новых видов и существенно повлияло на эволюционное развитие жизни.

Силур: ВЫХОД ЖИЗНИ НА СУШУ

—○ Появление сосудистых растений

Около 430 млн лет назад возникают первые сосудистые растения, например, куксония и псилофиты, которые начинают формировать наземные экосистемы.

—○ Развитие почвообразования

Растения способствуют формированию первичных почв, улучшают условия для жизни и создают основу для новых биологических сообществ.

—○ Формирование озонового слоя

Увеличение кислорода приводит к появлению озонового слоя, обеспечивающего защиту от ультрафиолетового излучения и стимулирующего обитание на суше.

Рыбы раннего палеозоя: первые позвоночны е

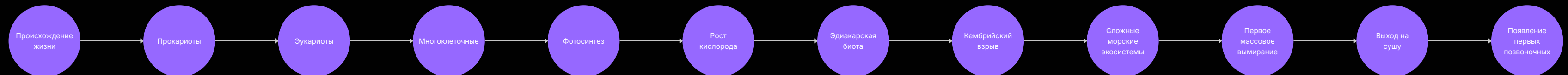
Первые позвоночные — панцирные агнаты — появляются около 500 млн лет назад. Они характеризуются простым скелетом и отсутствием челюстей.

Позже в эволюции возникают плакодермы с развитой костной защитой и челюстями, что открывает разнообразие для охоты и защиты.

Развитие органов движения и сложной скелетной структуры обеспечивает новые экологические возможности и доминирование в морской фауне.

Основные этапы эволюции жизни криптозоя и раннего палеозоя

Научные данные палеобиологии и геохронологии



Влияние раннего палеозоя на последующую эволюцию



Развитие биосферных циклов

В этот период формируются новые обменные биогеохимические циклы, усиливающие стабильность и устойчивость экосистем на Земле.



Основы наземных экосистем

Появление первичных растений и создание почв обеспечивают базу для последующего заселения суши разнообразными организмами.



Ускорение адаптаций

Возникает широкий спектр адаптаций, которые станут фундаментом для эволюционного успеха высокоорганизованных животных и растений.



Эти эпохи заложили фундамент современной жизни, сформировали многообразие форм и обеспечили ключевые экологические инновации, сформировавшие биосферу Земли.

Заключение: значение криптозоя и раннего палеозоя