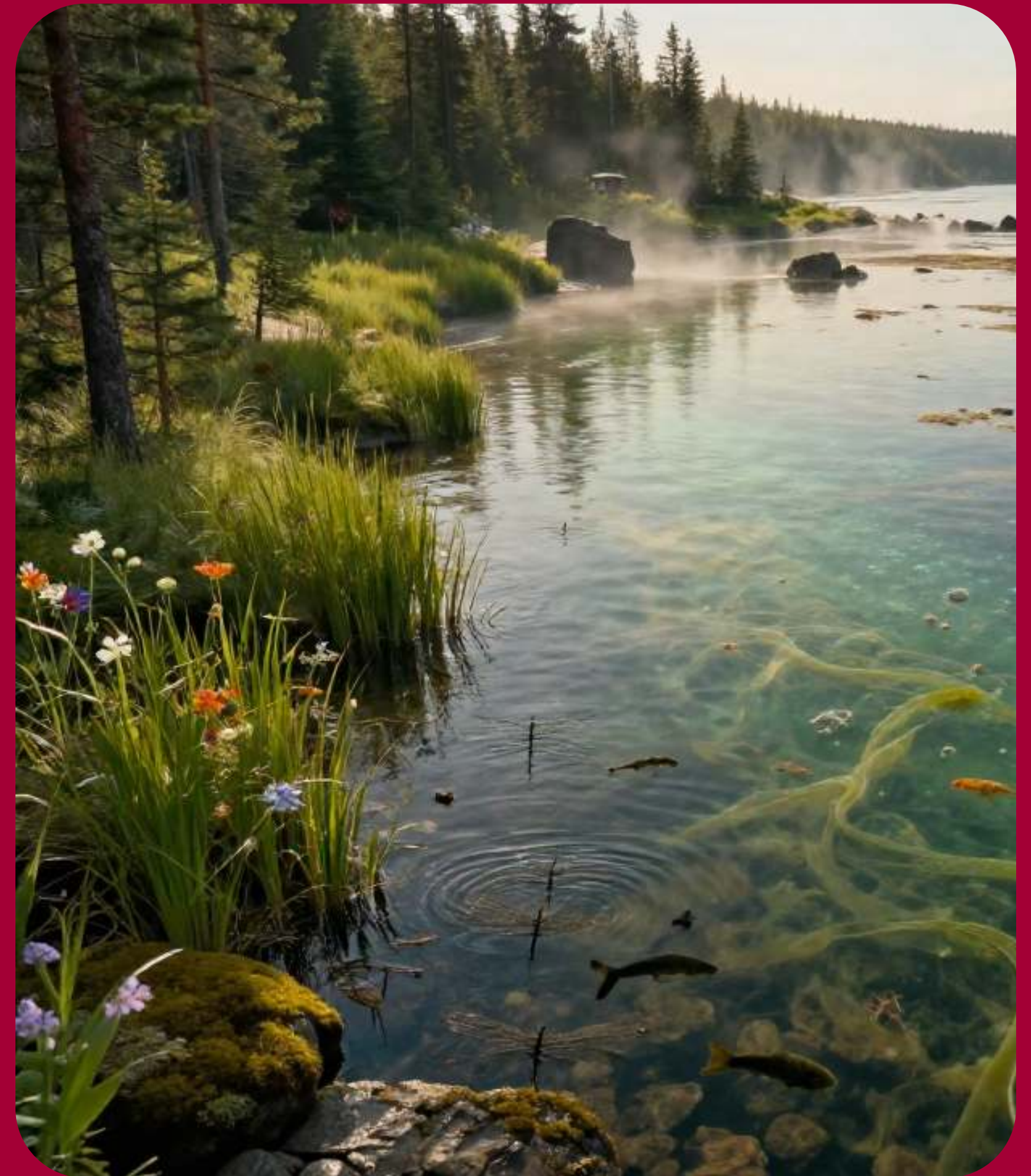


Эволюция органического мира: от первых клеток к современному биоразнообразию

Путь жизни на Земле — это миллиарды лет изменений, отбора и усложнения.



Почему изучение эволюции жизни важно

Эволюция объясняет, почему организмы так разнообразны, как они связаны общим происхождением и почему биосфера менялась вместе с условиями Земли. Это одна из основных идей современной биологии, объединяющая факты из разных наук и уровней организации жизни.



Условия ранней Земли и предпосылки возникновения жизни



4,6 млрд лет назад

Земля сформировалась как горячая планета с мощным вулканизмом, частыми ударами астероидов и нестабильной поверхностью.



Первичная атмосфера

Свободного кислорода почти не было; в составе преобладали водяной пар, углекислый газ, азот, метан и аммиак.



Источники энергии

Ультрафиолет, электрические разряды, вулканическое тепло и гидротермальные источники могли запускать химические реакции.



Химическая основа жизни

В таких условиях возникали предпосылки для синтеза простых органических молекул и дальнейшей химической эволюции.

Химическая эволюция: от простых молекул к органическим соединениям

Органический «материал»

В первичном океане могли накапливаться аминокислоты, сахара, азотистые основания и жирные кислоты. Эти соединения стали исходным сырьём для более сложных молекул, необходимых будущим живым системам.

Эксперимент Миллера—Юри

Опыт 1953 года показал, что в условиях, близких к древней атмосфере, из неорганических веществ могут образовываться аминокислоты. Это подтвердило принципиальную возможность абиогенного синтеза.

Переход к усложнению

По мере накопления органических веществ возникали полимеры и более устойчивые структуры. Так химическая эволюция создала условия для появления систем, способных к самовоспроизведению и отбору.



Основные гипотезы происхождения жизни

Гипотеза	Среда	Сильная сторона	Ограничение
Абиогенез	Первичный океан	Есть эксперименты	Не все шаги ясны
Гидротермы	Дно океана	Есть энергия и минералы	Сложно проверить
Панспермия	Космос	Объясняет занос	Не объясняет возникновения
Биохимическая эволюция	Ранняя Земля	Соответствует данным	Много этапов реконструировать косвенно

Сравнение показывает, какие идеи лучше согласуются с данными о ранней Земле и экспериментами по синтезу органических веществ.

Наиболее убедительны сценарии химической эволюции на ранней Земле: они опираются на геохимические данные и результаты лабораторных опытов.

Школьные учебники биологии; данные геохимии и экспериментальной биохимии

Переход от неживого к живому

Схема отражает последовательность химических и структурных изменений, ведущих к прото клеткам и отбору более устойчивых систем.

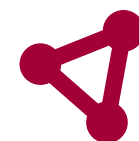


Первые организмы и мир прокариот



Древнейшие следы жизни

Самые ранние достоверные следы жизни датируются примерно 3,5 млрд лет назад. Они представлены бактериоподобными формами, которые уже были приспособлены к существованию в суровой древней среде.



Строение клеток

Первые клетки были прокариотами: без оформленного ядра и мембранных органоидов. Такое строение было проще, но достаточно эффективно для выживания и размножения в ранней биосфере.



Обмен веществ

Ранние организмы жили без кислорода и использовали анаэробные пути обмена. Среди них были гетеротрофы и хемосинтезирующие формы, получавшие энергию из доступных химических соединений.



Роль в биосфере

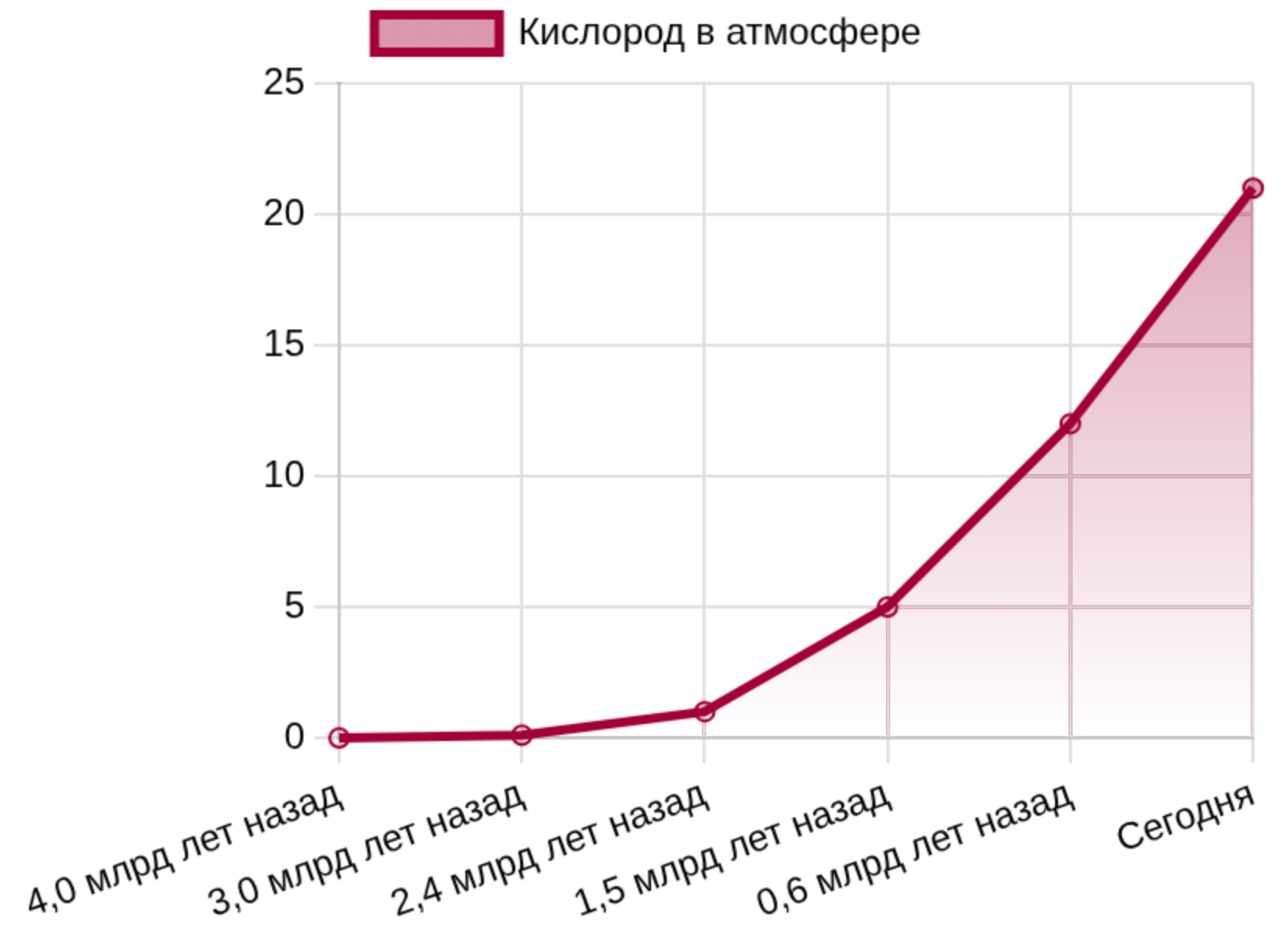
Прокариоты стали основой первых круговоротов веществ и определили работу древних экосистем. Именно они подготовили среду, в которой позже могли возникнуть более сложные формы жизни.

Как изменилась атмосфера Земли

Рост кислорода сопровождался уменьшением восстановительных газов и перестройкой химического баланса атмосферы.

Главный перелом связан с деятельностью цианобактерий: после Великого кислородного события атмосфера стала пригодной для аэробной жизни.

Учебные данные по истории атмосферы Земли;
ориентировочная реконструкция уровней O_2



Фотосинтез и кислородная революция

○ Исток кислорода

Кислород начал активно выделяться благодаря фотосинтезу цианобактерий. Сначала он не накапливался в атмосфере, а вступал в реакции с растворённым железом и другими восстановленными веществами океана и пород.

○ Накопление в атмосфере

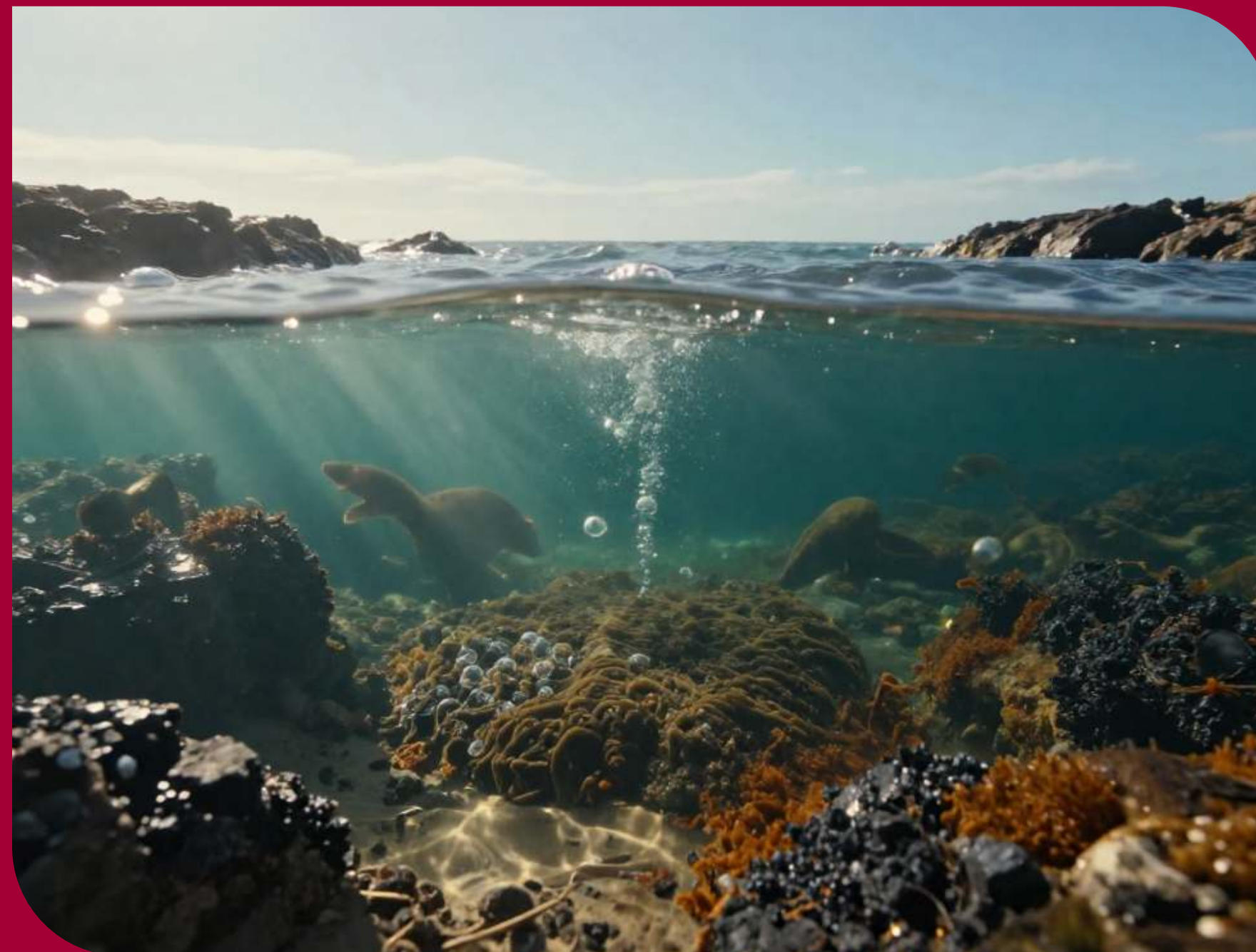
Когда основные «поглотители» кислорода оказались исчерпаны, его содержание стало расти. Это изменило химический состав атмосферы и стало одним из крупнейших поворотных моментов в истории биосферы.

○ Новые способы дыхания

Появление кислорода сделало возможным аэробное дыхание. Оно даёт больше энергии, чем бескислородные процессы, поэтому его возникновение повысило эффективность обмена веществ у многих организмов.

○ Последствия для экосистем

Для части анаэробов кислород оказался ядовитым, и их численность сократилась. Одновременно сформировался озоновый экран, который ослабил воздействие ультрафиолетового излучения и облегчал освоение новых сред.



Происхождение эукариотических клеток

01

Симбиоз клеток

Эндосимбиотическая теория объясняет, что митохондрии и пластиды происходят от бактерий, которые когда-то жили самостоятельно, а затем оказались внутри другой клетки и стали её постоянными симбионтами.

02

Преимущество объединения

Такой союз оказался выгоден обеим сторонам: клетка-хозяин получила более эффективное получение энергии, а бактерии — защиту и стабильную среду. Это повысило шансы на выживание всей системы.

03

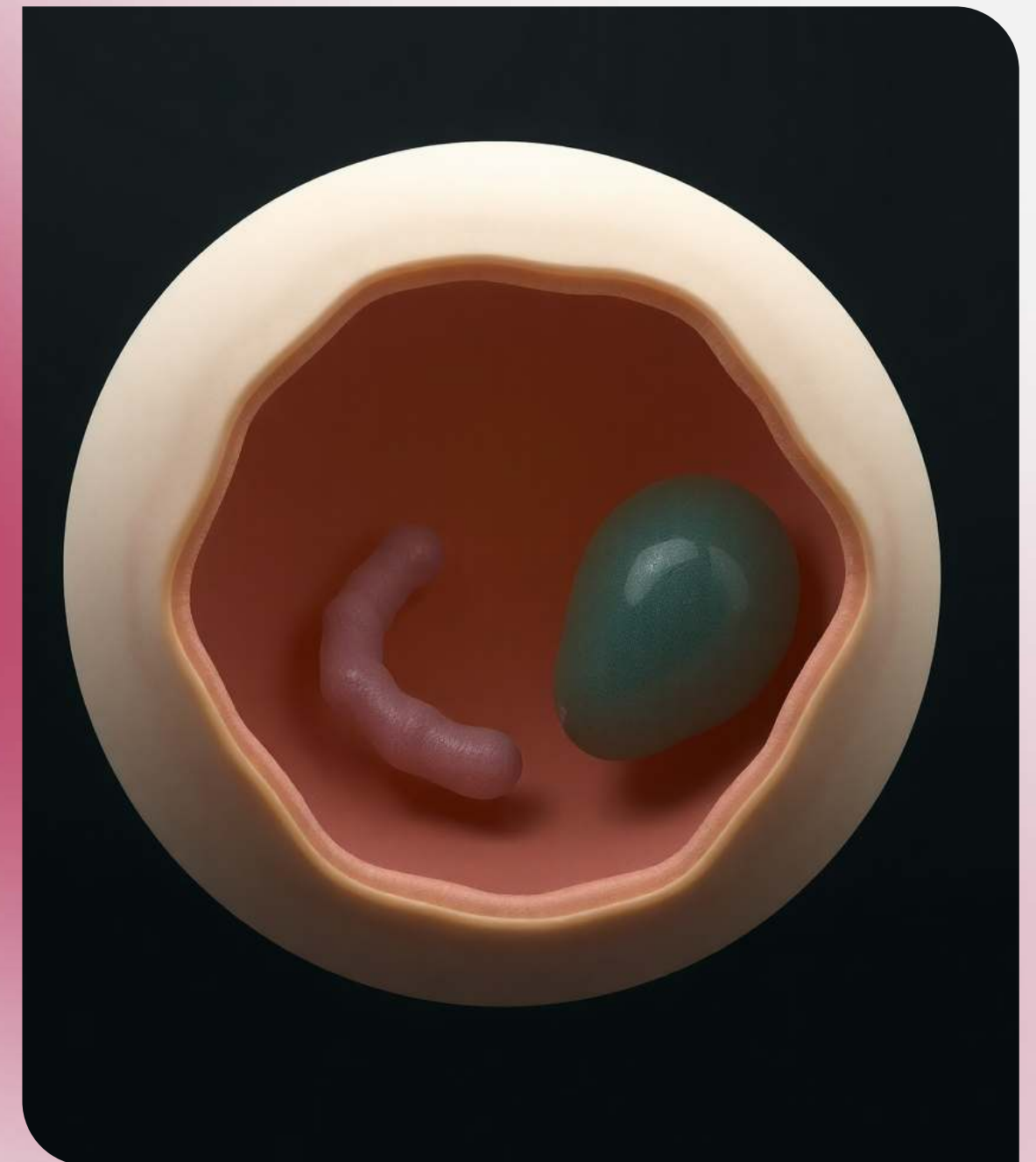
Новые признаки строения

Эукариоты возникли примерно 1,8–2,1 млрд лет назад и отличались ядром, цитоскелетом, внутренними мембранами и разделением функций внутри клетки. Это открыло путь к усложнению организмов.

04

Значение для эволюции

Появление эукариот стало важным этапом в истории жизни: без него не возникли бы многоклеточность, сложные ткани и большинство крупных групп современных организмов.



История становления многоклеточности

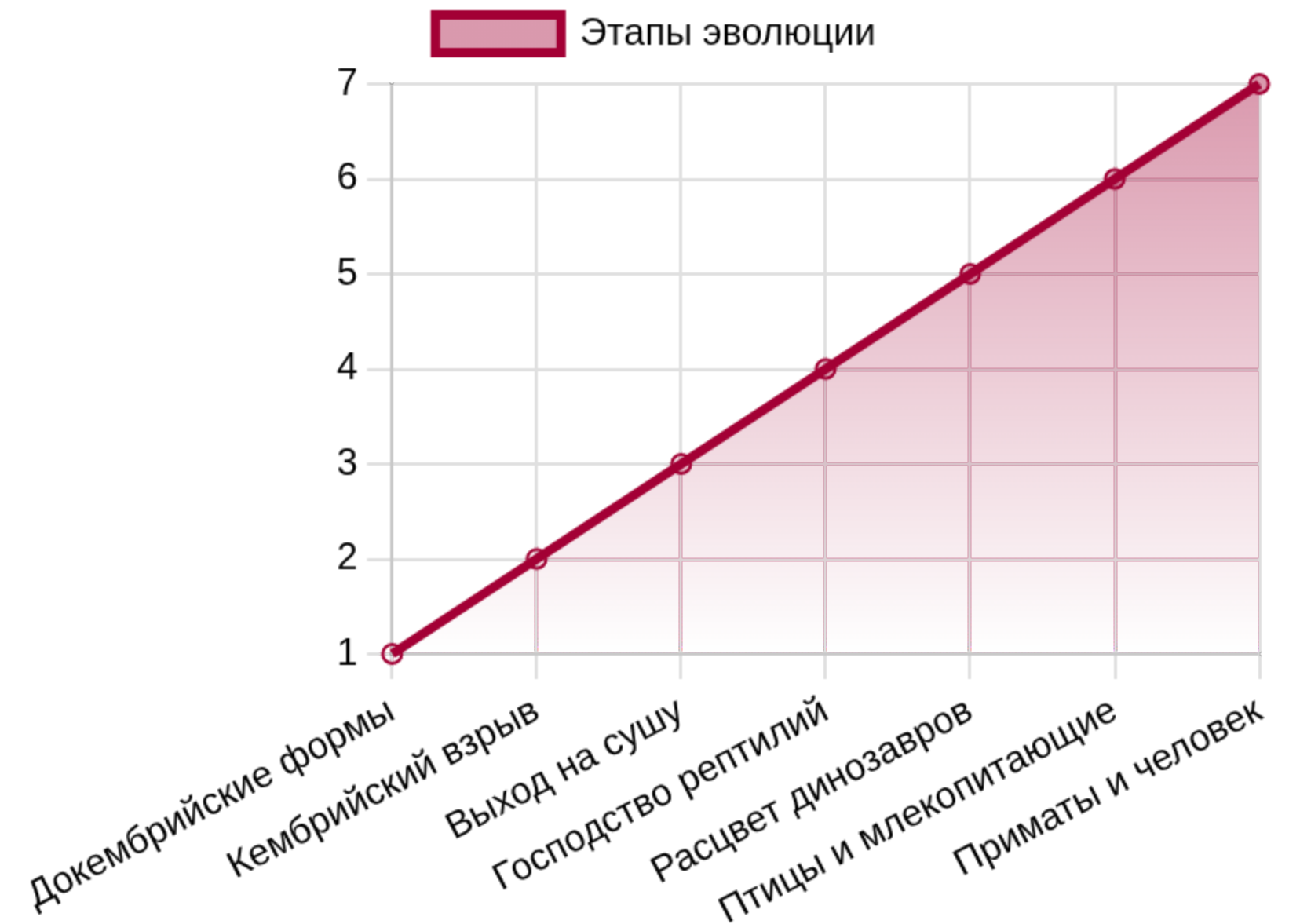


Основные этапы эволюции животного мира

Каждый последующий этап связан с освоением новой среды обитания и появлением более совершенных адаптаций, а кризисы неоднократно меняли направление развития животного мира.

График показывает последовательное усложнение животного мира и смену доминирующих групп после экологических перестроек.

Схема по материалам школьного курса биологии и палеонтологии



Путь организмов на сушу

01

Первые растения

В силуре и девоне наземные растения закрепились на суше и начали изменять среду обитания: формировать почвы, удерживать влагу и постепенно влиять на состав атмосферы.

02

Новые адаптации

Переход к суше потребовал кутикулы, корней, проводящих тканей, лёгких и конечностей. Особое значение приобрело размножение, не зависящее от водной среды, что повысило самостоятельность организмов.

03

Освоение наземных ниш

За растениями последовали членистоногие, земноводные и рептилии. Освоение суши открыло огромный набор свободных экологических ниш и ускорило диверсификацию живых организмов.

04

Эволюционный эффект

Жизнь на суше усилила конкуренцию, но одновременно создала новые условия для специализации. В результате резко возросло разнообразие форм, способов питания и стратегий размножения.

Крупнейшие массовые вымирания

Событие	Время	Последствия
Ордовикское	~444 млн лет	Морские виды
Пермское	~252 млн лет	~90% морских
Меловое	66 млн лет	Динозавры

Сравнение пяти крупнейших биосферных кризисов показывает, что каждый из них резко сокращал разнообразие, но затем стимулировал перестройку экосистем и появление новых групп.

Наиболее разрушительные вымирания радикально меняли состав биосферы и освобождали ниши для последующей адаптивной радиации выживших групп.

Школьные учебники биологии; обобщённые данные палеонтологии

От изменчивости к адаптации

Схема отражает классическую последовательность действия естественного отбора в популяции.



Чем подтверждается эволюция



Гомологичные органы

Сходное строение конечностей, крыльев или плавников указывает на общее происхождение, даже если функции этих органов со временем стали различными.



Рудименты и атавизмы

Уменьшенные или возвращающиеся признаки сохраняются как исторический след прежних стадий развития и показывают, что виды изменялись постепенно.



Эмбриологические сходства

Сходство ранних стадий развития у позвоночных говорит об общем плане строения и позволяет увидеть родство организмов ещё до формирования взрослых признаков.



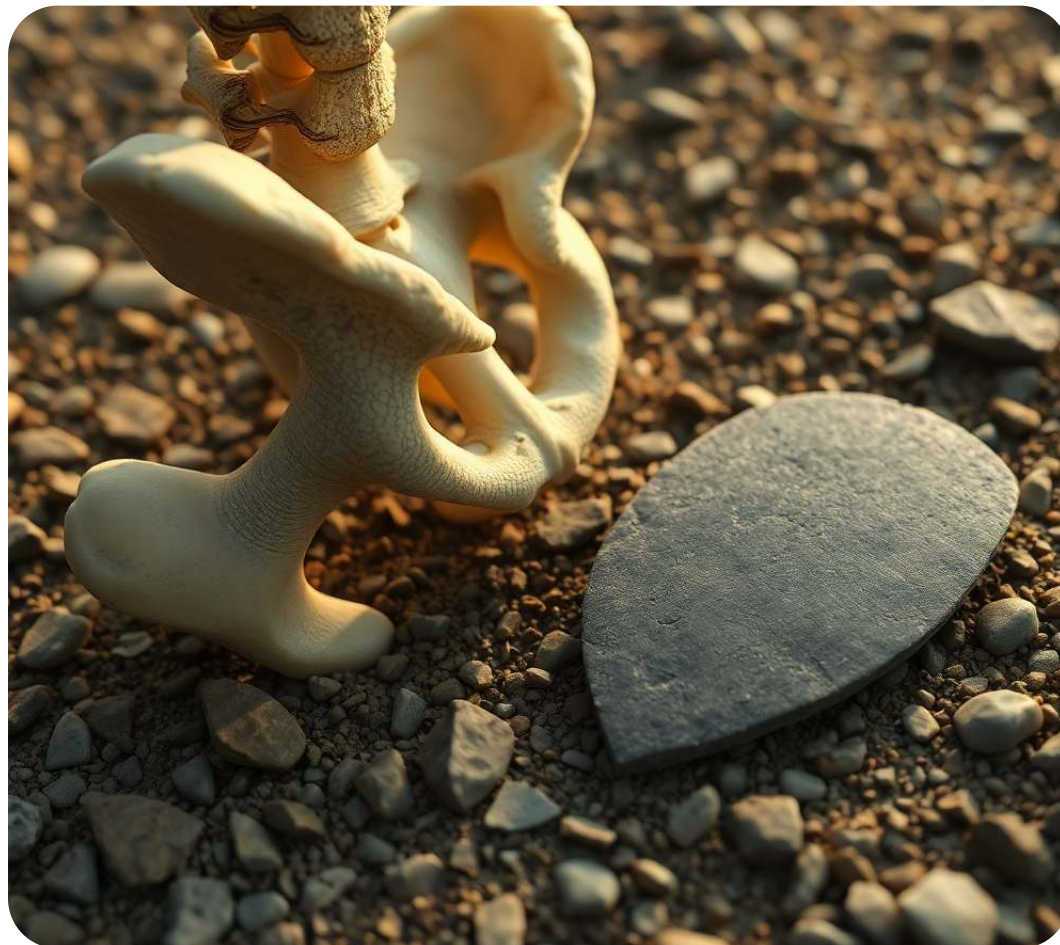
Молекулярные данные

Единый генетический код и сравнение последовательностей ДНК дают наиболее точную основу для определения степени родства между группами организмов.

Человек в древе жизни

Из прямохождения — к свободным рукам

Переход к устойчивому прямохождению стал важнейшим этапом в линии гоминид. Он освободил руки для переноски пищи, изготовления орудий и сложных действий, а также изменил строение скелета и походку.



Рост мозга и усложнение поведения

У австралопитеков, Homo habilis и Homo erectus постепенно увеличивался объём мозга, расширялись возможности обучения и планирования. На этом фоне усиливалась зависимость выживания от кооперации и передачи опыта между особями.



Культура как часть эволюции

У неандертальцев и Homo sapiens биологическая эволюция всё теснее переплеталась с развитием речи, символического мышления и орудийной деятельности. Именно культура сделала человека особенно успешным видом.

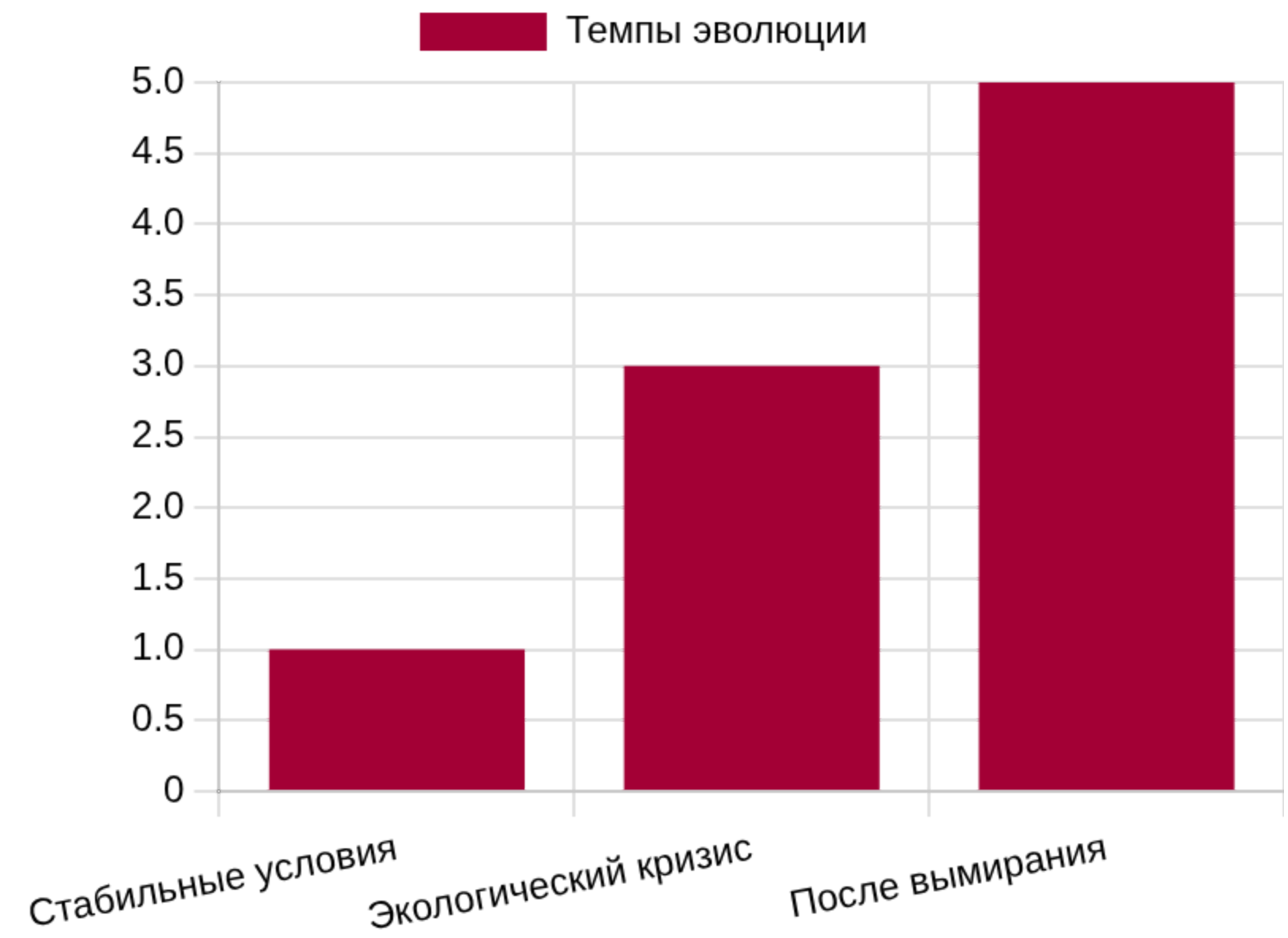


Темпы эволюции и роль среды

Резкие изменения климата и ресурсов не создают новые виды мгновенно, но заметно ускоряют перестройку сообществ и отбор наиболее удачных линий.

Чем сильнее нарушена среда, тем выше вероятность адаптивной радиации и быстрого появления новых форм.

Схематическая диаграмма по материалам школьного курса биологии



8 МЛН+

видов оценивают исследователи на Земле

Описанная часть живого мира — лишь небольшая доля реального разнообразия. Это подчёркивает, насколько многое ещё неизвестно науке и насколько важно сохранять экосистемы.

Оценки биоразнообразия, приводимые в учебной и научно-популярной литературе

Эволюция жизни: от простого к сложному

История жизни показывает, как из простых систем возникли разнообразные организмы и сложные экосистемы. Эволюция объясняет родство видов, смену биосфер и необходимость бережного отношения к природному разнообразию.