



Скелетная «революция» и освоение суши растениями: основные темы и значение

Рассмотрение опорных структур и перехода растений на сушу, их влияние на биосферу.

Исторический контекст: жизнь в океане и предпосылки выхода на сушу

В раннем палеозое жизнь развивалась преимущественно в океанах. Суша была мало населена из-за суровых условий. Выход на сушу потребовал значительных адаптаций для новых экологических ниш и снижения конкуренции.



Первые наземные растения и их анатомические адаптации



Риниофиты — первопроходцы девонского периода

Риниофиты характеризуются простым строением без листьев и корней. Разветвленные стебли и ризоиды обеспечивали закрепление и первичное освоение суши.



Cooksonia — знак перехода к наземной жизни

Этот род растений обладал кутикулой, защищавшей от высыхания, и устьицами для газообмена, что стало важной адаптацией к сухому воздуху.



Механические ткани ограничивали рост в высоту

Грубая структура тканей без специализированных опорных элементов ограничивала максимальный размер таких растений, что влияло на их экологическую нишу.

Условия среды и эволюционные вызовы при выходе на сушу

1

Вес собственного тела требовал развития новых опорных структур, способных противостоять гравитации без поддержки воды.

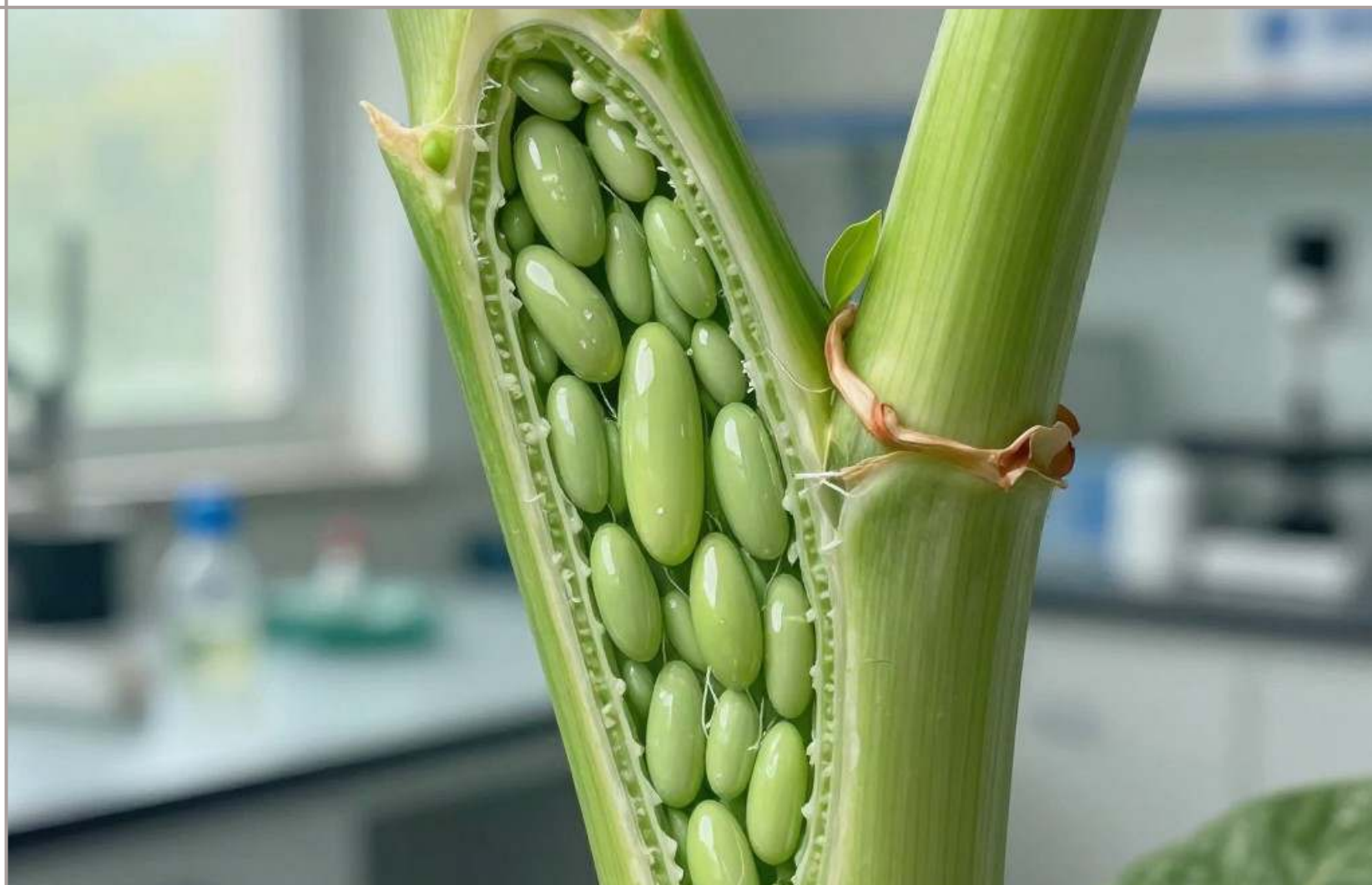
2

Ограниченный доступ к воде и колебания температур выдвинули необходимость в эффективных механизмах водо- и теплового обмена.

3

Ультрафиолетовое излучение требовало создания защитных барьеров, таких как кутикула и пигменты, для снижения повреждений.

Возникновение механических тканей — начало скелетной революции у растений



Колленхима — первая механическая поддержка

Колленхима обеспечивала гибкость и упругость растительных органов, поддерживая их в вертикальном положении без чрезмерного утяжеления тканей.



Склеренхима с лигнином укрепляет структуру

Утолщение клеточных стенок с помощью лигнина значительно повысило жёсткость и выносливость растений к механическим нагрузкам и внешним факторам.

Скелетная революция у животных: происхождение, типы и функции скелета



1

Происхождение и материал скелета

Минеральные скелеты появились в кембрийском периоде из карбоната кальция и фосфатов, формируя основу для защиты и движения у первых животных.

2

Функции и роль в эволюции

Скелеты обеспечивали опору и защиту, способствовали увеличению размеров тела и развитию сложного поведения у животных, стимулируя биоразнообразие.

Сосудистая система у растений как ключевая инновация

1

Ксилема быстро транспортирует воду и минеральные вещества из почвы к органам растения, обеспечивая его рост.

2

Флоэма распределяет продукты фотосинтеза по всему организму, поддерживая развитие и воспроизводство.

3

Развитие проводящей системы позволило растениям вырастать выше и занимать новые экологические ниши.

4

Эта адаптация снизила зависимость от постоянно влажных условий и повысила устойчивость к средовым стрессам.

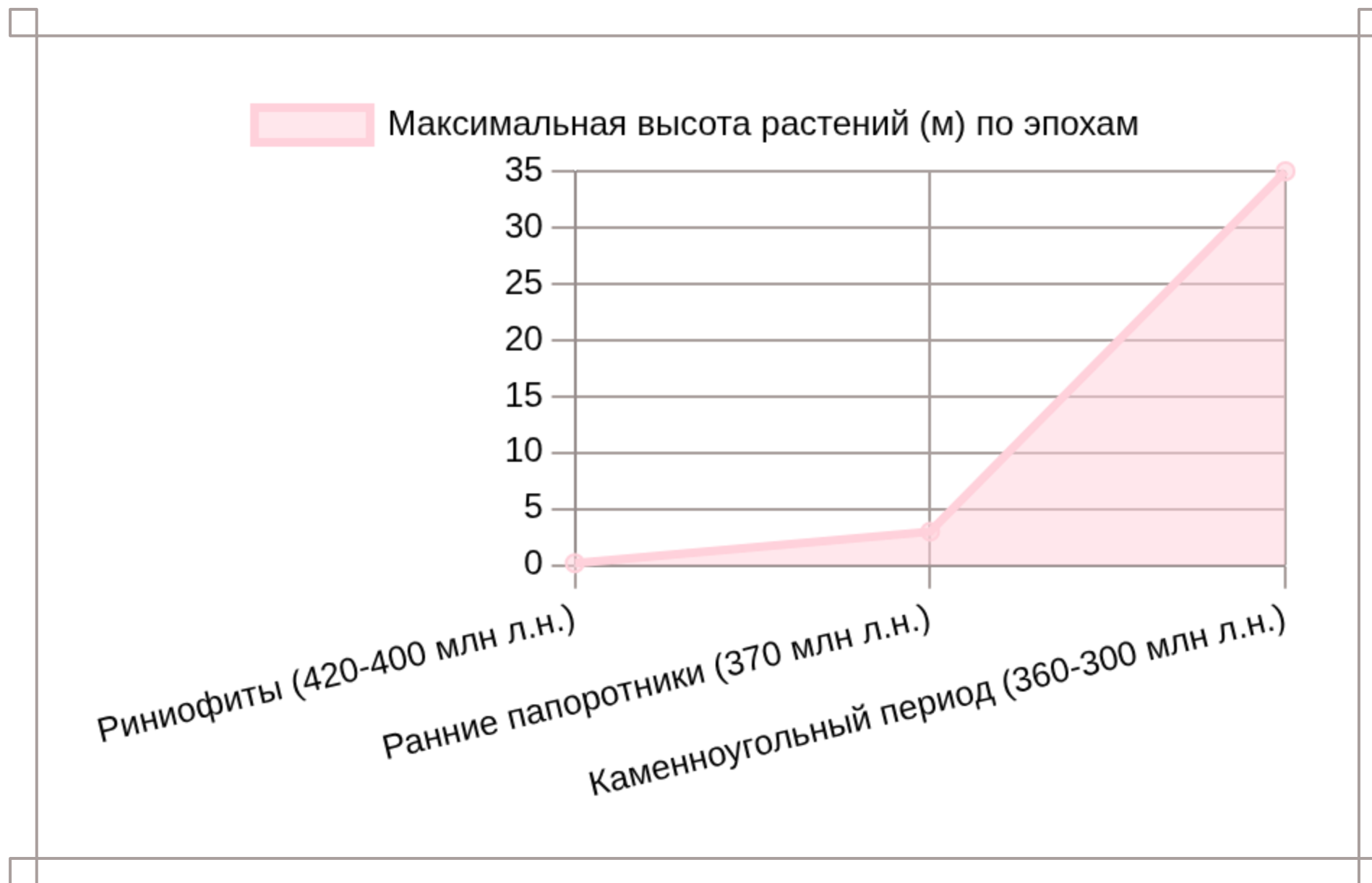
Сравнительная характеристика ранних наземных растений

Группа	Ризоиды/ Корни	Механические ткани	Проводящие ткани	Спорообразование	Макс. размеры
Bryophyta	Ризоиды	Отсутствуют	Отсутствуют	Есть	Несколько см
Rhyniophyta	Ризоиды	Простые	Простые ксилема и флоэма	Есть	До 20 см
Lycorodiophyta	Корни	Развиты	Развиты	Есть	До 50 см и выше

Сравнение ключевых признаков у мхов, ринеофитов и плаунов демонстрирует прогрессивность их адаптаций к суше.

Переход от мхов к плаунам характеризуется появлением корней и сложных тканей, обеспечивающих рост размеров и экологическое разнообразие.

Динамика роста размеров растений от ордовика до карбона



Прогресс в сложении тканей и лигнификации позволил растениям значительно увеличить размеры за сотни миллионов лет.

Рост высоты отражает эволюционное усиление структурных и проводящих систем, поддерживающих жизнедеятельность.

Палеоботанические исследования, 2023

Первые древесные растения и крупные папоротники девона и карбона

1

Археоптерис демонстрирует ранний пример древесного растения с развитым древесным слоем и мощной корневой системой.

2

Древовидные папоротники и плауны создавали ландшафты до 30 м высоты, становясь предшественниками современных лесов.



Эволюция семени как решающая адаптация к суше

Появление семени обеспечило защите зародыша от пересыхания и неблагоприятных климатических условий, что стало ключевым фактором успешного размножения на суше в сравнении со спорофитами.

1

У голосеменных растений сформировались семена с многослойными покровами, обеспечивающими защиту и запас питательных веществ, что позволило им расширить ареал обитания.

2

Расцвет голосеменных — хвойных, саговников, гинкго — в позднем палеозое ознаменовал важный этап расселения растений и формирование современных наземных экосистем.

3

Изменение жизненного цикла: доминирование спорофита

У мхов гаметофит является доминирующей и самостоятельной формой, тогда как спорофит сильно зависит от него, что ограничивает их адаптационные возможности в наземной среде.

В папоротниковидных гаметофит уменьшается, спорофит становится более развитым и самостоятельным, что усиливает устойчивость к неблагоприятным условиям.

У семенных растений гаметофит сильно редуцирован и развивается внутри спорофита, обеспечивая надежное воспроизводство и защиту зародыша в сложных наземных условиях.

Переход к доминированию спорофита позволил наземным растениям успешно осваивать разнообразные среды и обеспечил эволюционный прорыв в развитии.

Влияние растений на атмосферу и почвообразование

Распространение наземных растений существенно повысило концентрацию кислорода в атмосфере за счёт фотосинтеза, способствуя улучшению условий для жизни животных.

Одновременно растения снижали концентрацию углекислого газа, что влияло на климат и глобальные процессы регулирования тепла на Земле.

Корни и образующиеся органические остатки способствовали формированию почвы, облегчая развитие наземных животных и микроорганизмов, что усиливало биологическую взаимосвязь экосистем.

Экологические последствия возникновения лесов

1

Появление первых лесов сформировало сложные многослойные экосистемы, обеспечив новые жизненные ниши для разнообразных организмов.

2

Леса стали домом для наземных членистоногих и ранних четвероногих, способствуя разнообразию фауны и усложнению пищевых цепей.

3

Грибы-сапротрофы получили новые среды обитания, увеличилась деградация органики и круговорот веществ в экосистемах.

4

Формирование лесных экосистем положило начало устойчивому биоразнообразию суши и формированию современных природных зон.

Параллели в эволюции скелетных структур растений и животных

1

Кембрийский период
(~540 млн лет назад)

У животных появились минеральные скелеты из карбонатов и фосфатов, обеспечившие опору и защиту, что повысило выживаемость в морской среде.

2

Девонский период (~420 млн лет назад)

У растений начали развиваться механические ткани с лигнином, поддерживающие вертикальный рост и устойчивость на суше, что стало основой их адаптации.

3

Каменноугольный период (~360–300 млн лет назад)

Независимое совершенствование скелетных структур у животных и растений способствовало усложнению и расширению биоразнообразия на суше.

Воздействие на эволюцию животных и микробных сообществ



Девонский период

Появление наземных растений расширило пищевые ресурсы, стимулируя эволюцию травоядных членистоногих и амфибий, что изменило наземные экосистемы.



Каменноугольный период

Развитие грибов-деструкторов активизировало разложение органики, улучшая круговорот веществ и структуру почв.



Поздний палеозой

Устойчивость наземных сообществ повысилась за счёт формирования сложных трофических цепей и разнообразия биотических взаимоотношений.

Молекулярные подтверждения эволюции наземных растений

1

Генетический анализ показывает, что наземные растения произошли от стреповых зеленых водорослей благодаря общим генам, регулирующим клеточную стенку и фотосинтез.

2

У мхов, папоротников и высших растений выявлены общие молекулярные механизмы адаптации к наземной среде, подтверждающие их эволюционную связь.

3

Сравнительный ДНК-анализ демонстрирует филогенетическую близость всех групп наземных растений, что подтверждает единство их происхождения.

Палеонтологические находки: свидетельства скелетной революции



Отпечатки ринеофитов девонского периода

Фоссилии ранних ринеофитов демонстрируют простые опорные структуры и сосудистую систему, что иллюстрирует начальные этапы перехода растений на сушу.



Корни археоптериса — ключ к древним лесам

Обнаруженные окаменелые корни археоптериса показывают сложное строение и развитие механических тканей, что свидетельствует о формировании первых древесных растений.



Сосудистые пучки лепидодендронов каменноугольного периода

Фрагменты сосудистых пучков помогают понять развитие сложных систем транспорта воды и механической поддержки у древних деревьев, определяя прогресс освоения суши.



360 миллионов лет

назад начался значительный рост разнообразия и сложности наземных экосистем, который повлиял на современную биосферу.

Палеобиологические исследования геологических отложений девонского и каменноугольного периодов

Около 360 миллионов лет назад начался процесс формирования устойчивых экосистем, которые положили фундамент для современного биологического разнообразия и круговорота веществ.



Заключение: значение скелетной революции для эволюции биосферы

Опорные структуры растений стали ключом к масштабному освоению суши, что трансформировало биосферу, создало новые экосистемы и обеспечило основу для развития жизни в современной форме.

