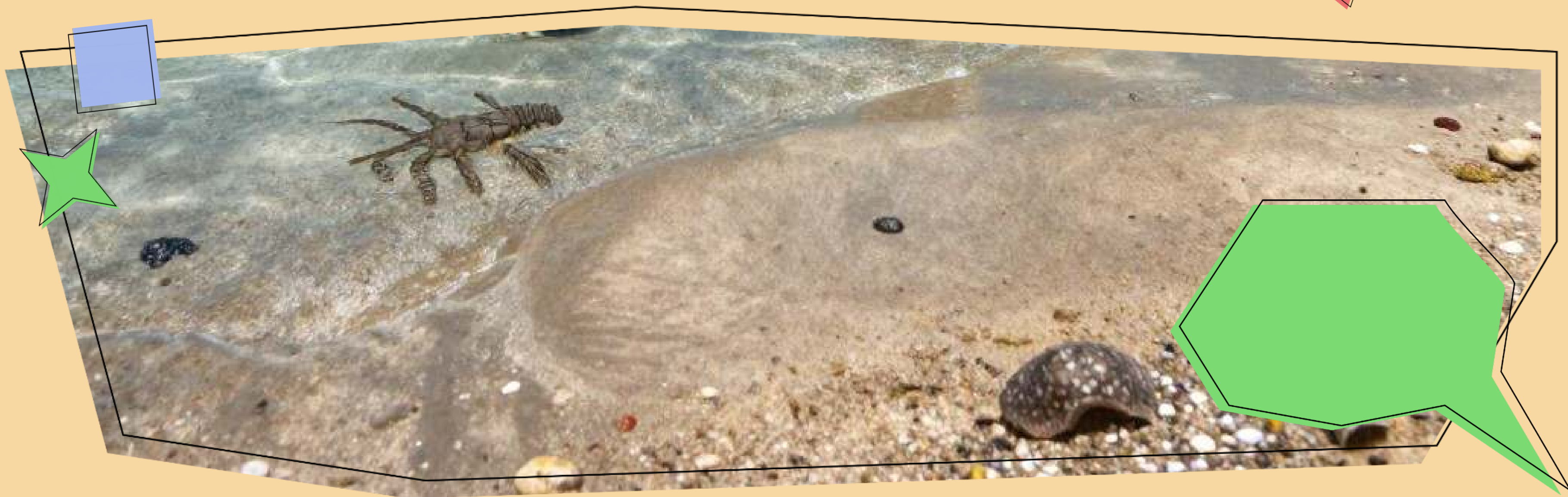


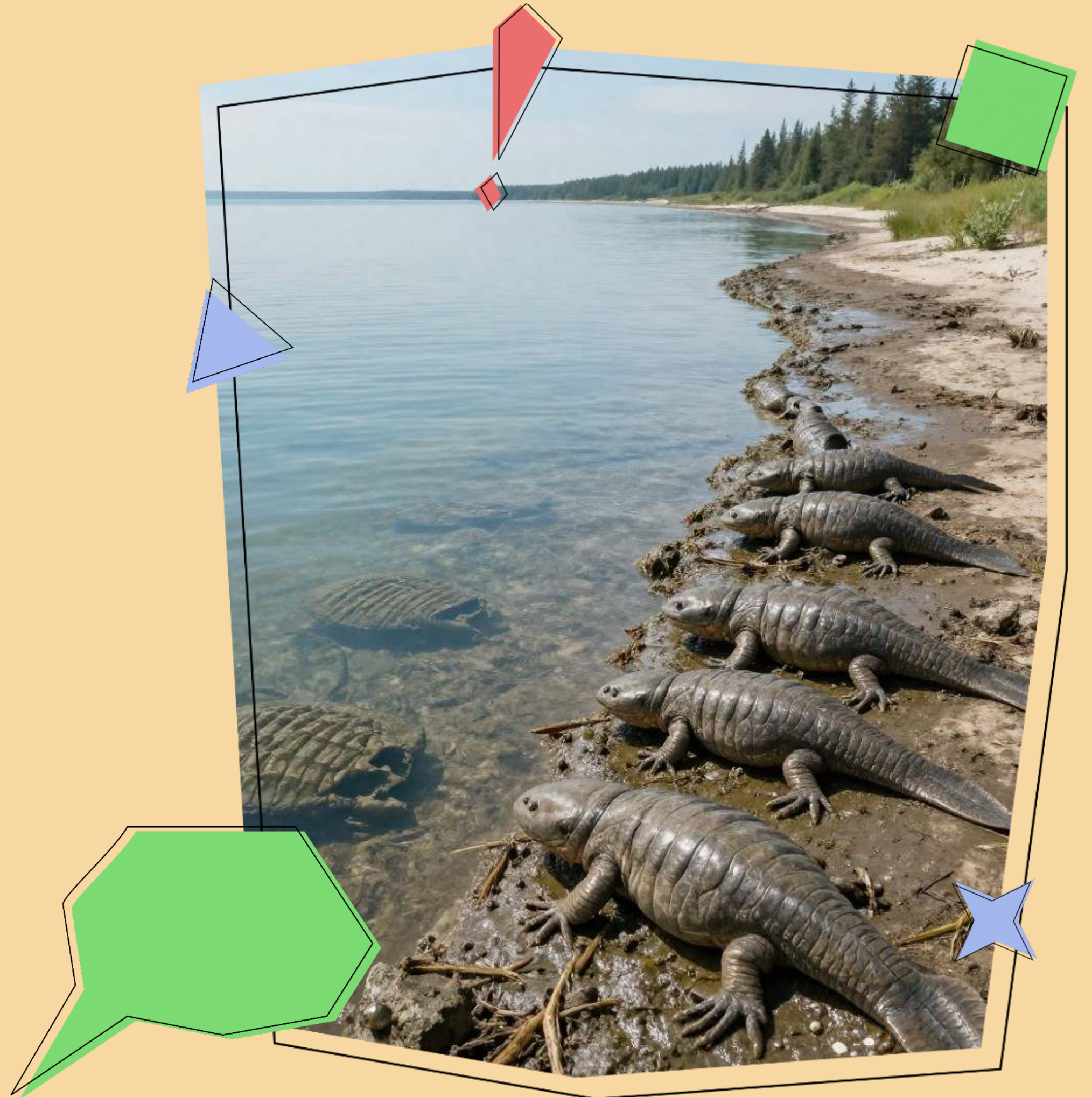
# Развитие жизни в палеозое

Эра, изменившая океаны, сушу и ход эволюции.



# Палеозой: от морей к суше

Палеозой охватывает шесть периодов и почти 300 миллионов лет истории. За это время жизнь прошла путь от морского доминирования к сложным наземным экосистемам, а финал эры определило крупнейшее вымирание в истории Земли.



# Кембрийский взрыв и появление сложных животных

## Быстрое усложнение

В кембрии за сравнительно короткое время появились многие основные группы животных. Это резко увеличило разнообразие форм, способов питания и взаимодействий между организмами в морской среде.

## Скелеты и панцири

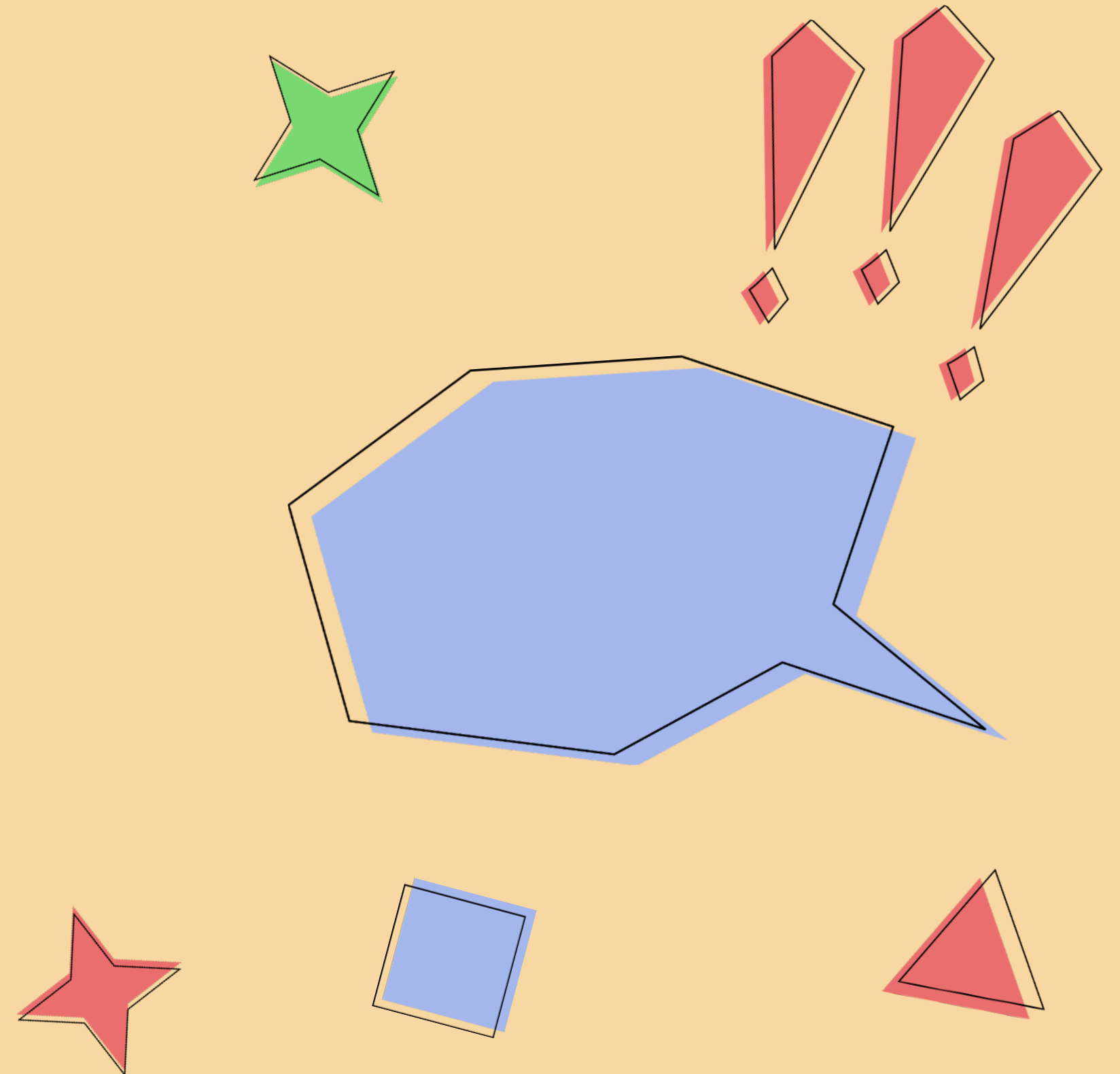
Твёрдые покровы трилобитов, моллюсков и других животных улучшили защиту и опору тела. Одновременно они сделали ископаемую летопись намного более полной и наглядной.

## Новые роли в экосистемах

В морях возникли хищники, фильтраторы и донные обитатели, между которыми сформировались первые устойчивые пищевые цепи. Экосистемы стали сложнее и более конкурентными.

## Начало эволюционного рывка

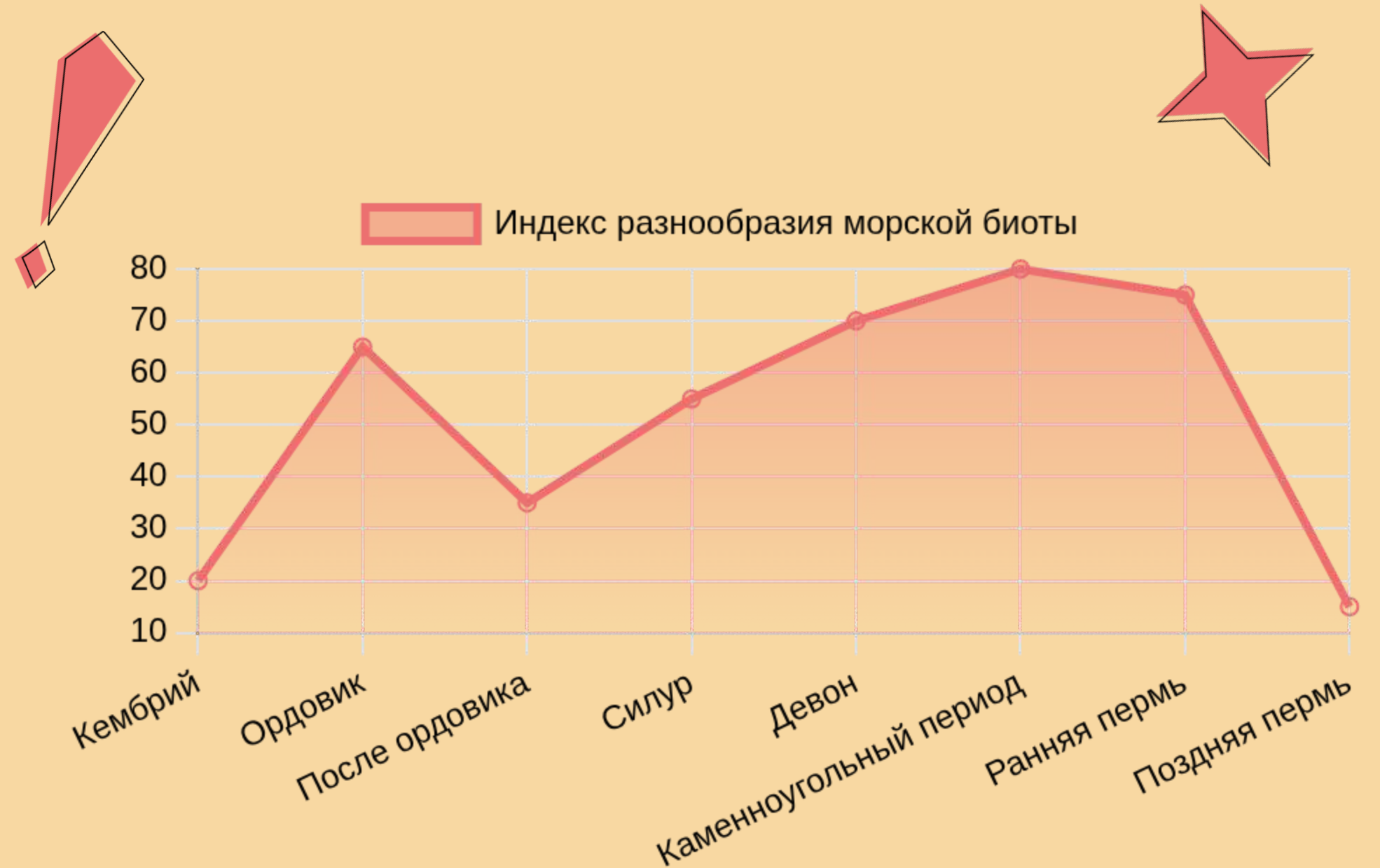
Кембрийский взрыв заложил основу дальнейшего развития животных. Именно тогда были обозначены многие направления эволюции, которые позднее раскрылись в ордовике, девоне и перми.



# Изменение разнообразия морской жизни по периодам палеозоя

Показана общая, а не точная количественная реконструкция: важно увидеть направленность изменений и моменты резких биотических кризисов.

Морская жизнь палеозоя росла ступенчато, но каждый кризис быстро перестраивал экосистемы и открывал новые эволюционные ниши.



Схематическая реконструкция по палеонтологическим обобщениям; шкала условная.

# Морское царство палеозоя



## Трилобиты на дне моря

Трилобиты были одними из самых заметных обитателей палеозойских морей. Они ползали по дну, собирая частицы пищи, и образовывали многочисленные группы, по которым палеонтологи сегодня хорошо восстанавливают древние морские сообщества.



## Коралловые рифы и фильтраторы

Брахиподы, мшанки и табулятные кораллы создавали плотные сообщества, похожие на многоярусный подводный город. Одни животные фильтровали воду, другие прикреплялись к субстрату, а рифы становились центрами разнообразия.



## Хищники древних океанов

Головоногие моллюски заняли место ведущих морских хищников. Их активное плавание и развитые щупальца позволили им контролировать пищевые цепи, а в ископаемых слоях они часто встречаются как важные индикаторы палеозойских морей.

# Ордовикский период: расцвет морских экосистем

## 1. Быстрый рост разнообразия

В ордовике морская жизнь стала намного разнообразнее, чем в кембрии. Увеличилось число видов, а пищевые связи между ними усложнились, что сделало экосистемы более устойчивыми и специализированными.

## 2. Первые крупные рифы

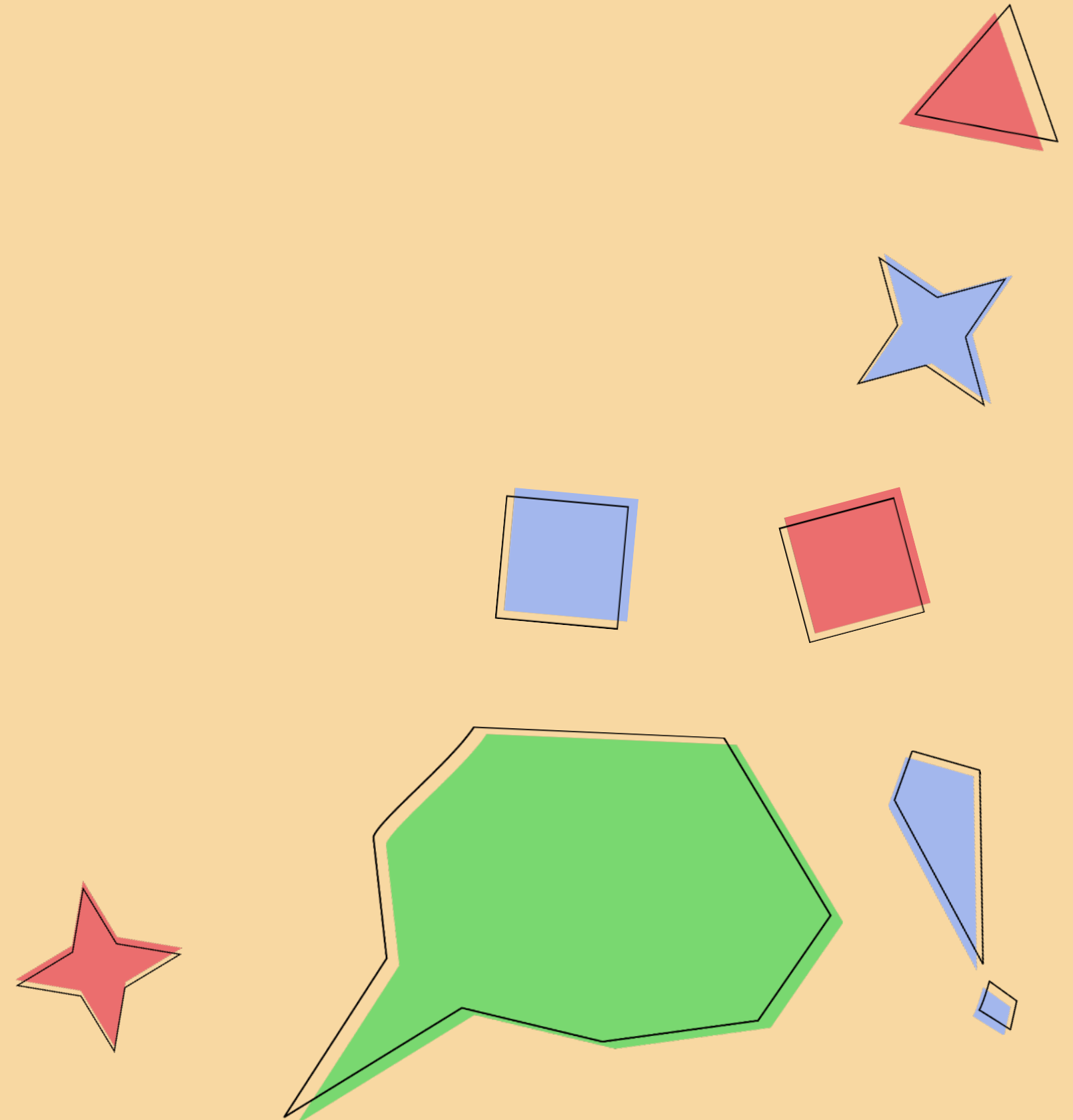
Именно в этот период появились крупные рифовые системы, где жили многочисленные прикреплённые организмы. Рифы превратились в важные центры биоразнообразия и укрытия для морских животных.

## 3. Ранние позвоночные

В морях ордовика возникли первые бесчелюстные позвоночные. Хотя они были ещё простыми по строению, их появление стало важным этапом в истории позвоночных животных.

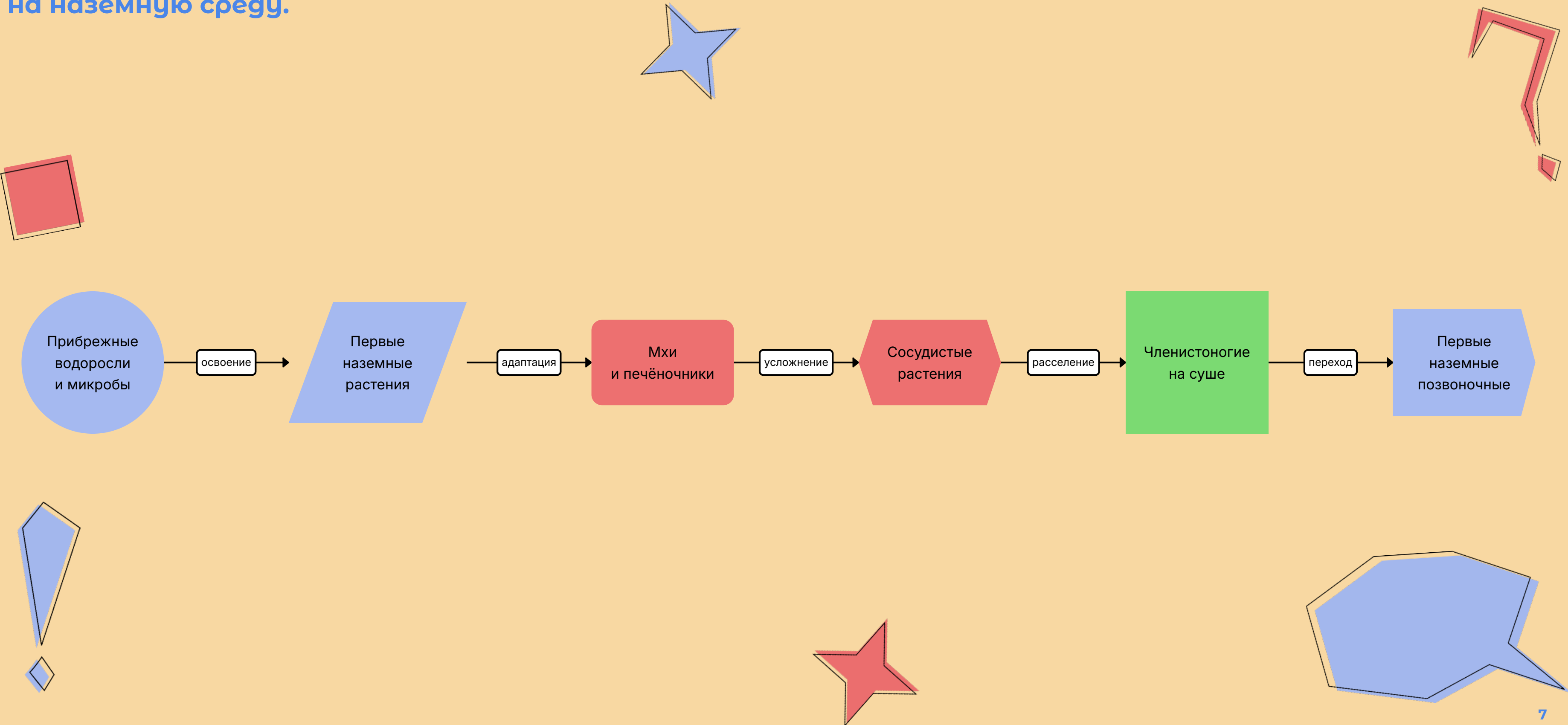
## 4. Кризис в конце периода

Ордовик завершился вымиранием, связанным с похолоданием и падением уровня моря. Эти изменения нарушили морские сообщества и резко сократили число обитателей рифовых и прибрежных зон.



# Как жизнь осваивала сушу

Последовательность этапов основана на общих палеонтологических данных о выходе организмов на наземную среду.



# Силур: первые устойчивые наземные экосистемы

## Первые сосудистые растения

В силуре на суше появились растения с проводящими тканями, способные подниматься выше мхов. Они образовывали первые устойчивые участки растительного покрова, хотя ещё были невысокими и зависели от влажных местообитаний.

## Влажные берега как убежище

Суша оставалась суровой средой, поэтому ранние наземные организмы держались побережий и болот. Здесь сохранялась влага, а растения и животные могли существовать без постоянного риска высыхания.

## Ранние членистоногие

На берегах обитали многоножки, скорпионы и примитивные насекомые. Они стали одними из первых животных, уверенно использовавших наземную среду, и подготовили почву для дальнейшего заселения суши.



# Эволюция позвоночных в палеозое

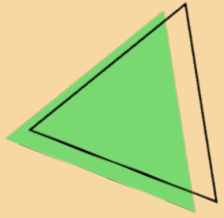
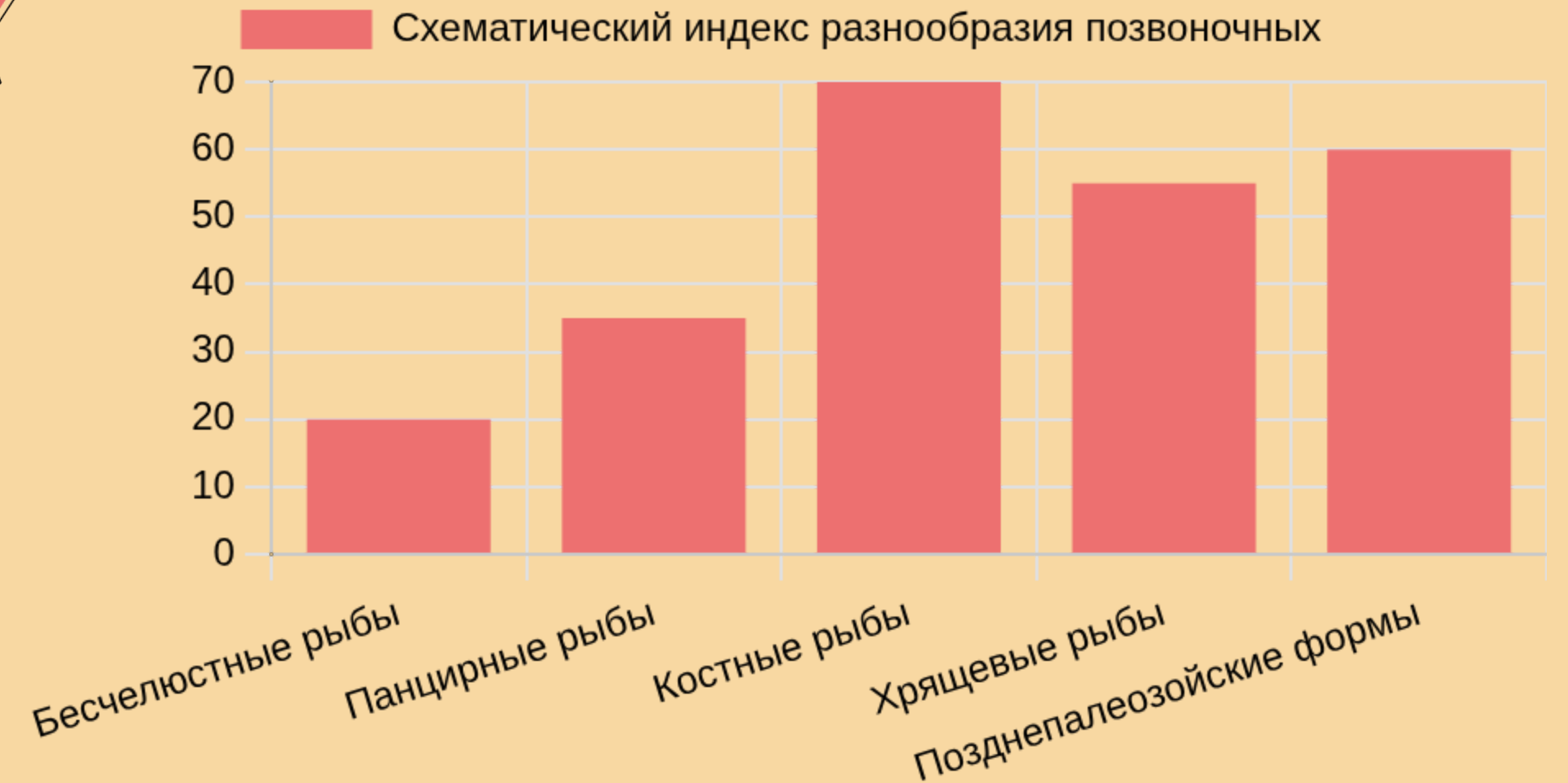
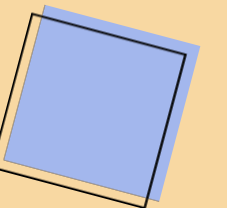
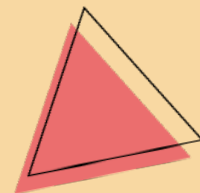
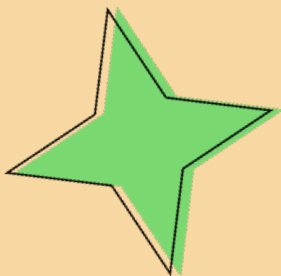


Диаграмма показывает не отдельные находки, а крупные эволюционные сдвиги: усложнение строения, рост подвижности и расширение экологических ниш.

Палеозой стал временем, когда позвоночные обрели челюсти, активное плавание и крупные размеры, открыв путь к наземной эволюции.



Схематическое обобщение по палеонтологическим данным; значения условные.



# Девонский период: век рыб и первых лесов

## Age of fishes

The rise of diverse armored and cartilaginous bony fish.  
Total environmental

### Расцвет рыб

В девоне резко увеличилось разнообразие панцирных, хрящевых и костных рыб. В морях и пресных водоёмах появились крупные хищные формы, а конкуренция между ними стала заметно выше.

### Близость к тетраподам

Особое значение имели рыбы с лопастными плавниками. Их строение стало важным шагом на пути к первым наземным позвоночным, поскольку они лучше опирались на дно и мелководье.

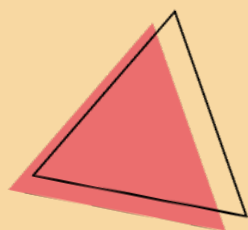
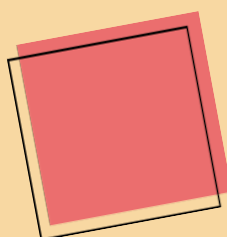
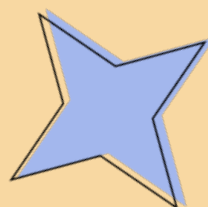
### Первые леса

На суше сформировались леса из древовидных плаунов, хвощей и папоротников. Растительный покров уже не был разрозненным: появились целые сообщества, изменившие облик континентов.

### Почвы и круговорот веществ

Развитые корни укрепляли почву, ускоряли выветривание пород и усиливали накопление органического вещества. Так растения начали активно влиять не только на ландшафт, но и на химические процессы биосферы.

# Растения палеозоя: от влажных берегов к лесам

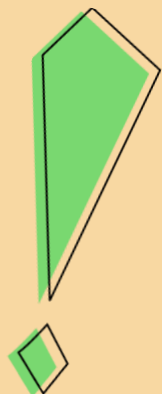
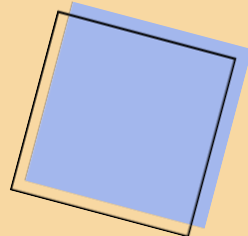
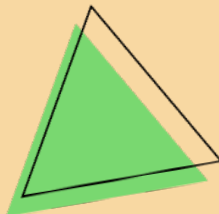


| Группа                     | Появление        | Значение               |
|----------------------------|------------------|------------------------|
| Мхи и печёночники          | ранний палеозой  | заселение влажных мест |
| Плауны, хвощи, папоротники | силур–девон      | первые заросли суши    |
| Семенные растения          | поздний палеозой | меньше зависят от воды |
| Итог эпохи                 | палеозой         | почвы и леса           |

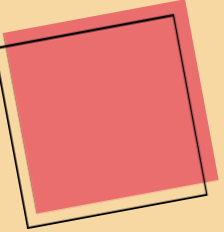
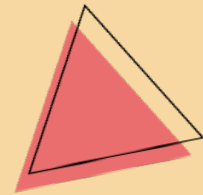
Эволюция растений в палеозое шла от простых наземных форм к сосудистым и семенным растениям, которые изменили сушу и создали основу для почв и лесных экосистем.

Главный переход связан с появлением сосудистой системы и семенного размножения: именно эти признаки позволили растениям широко распространиться на суше и резко изменить наземную среду.

Обобщение данных палеоботаники по силуру, девону, карбону и перми.



# Как позвоночные начали осваивать сушу



## Поздний девон

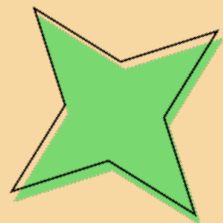
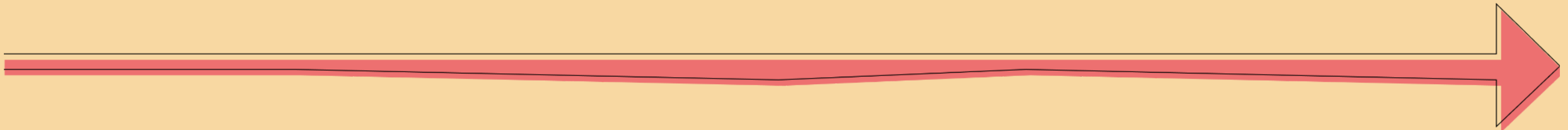
Рыбы с лопастными плавниками стали исходной группой для первых тетрапод. У них уже были зачатки конечностей, которые помогали удерживаться на мелководье и опираться на дно.

## Переходные формы

Появились более прочный позвоночник, пояса конечностей и лёгкие. Эти признаки сделали возможными короткие выходы на сушу, но связь с водой ещё сохранялась.

## Первые наземные позвоночные

Тетраподы дали начало земноводным, а затем амниотам. Именно этот шаг открыл путь к полноценной жизни на суше и дальнейшему разнообразию рептилий.



# Каменноугольные болота и их след в породах

## Лес, который не успевал сгнить

В тёплых влажных болотах карбона росли древовидные плауны, хвощи и папоротники. Опавшая растительность накапливалась быстрее, чем разлагалась, поэтому в толще осадков постепенно возникали мощные углеродистые пласты.

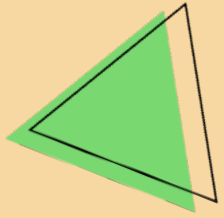


## Пейзаж, из которого вырос уголь

Заболоченные леса карбона выглядели густыми и тяжёлыми: высокие стволы, плотный подлесок, застойная вода и почти непрерывная сырость. Именно такие условия способствовали накоплению органики, из которой позже сформировались угольные залежи.

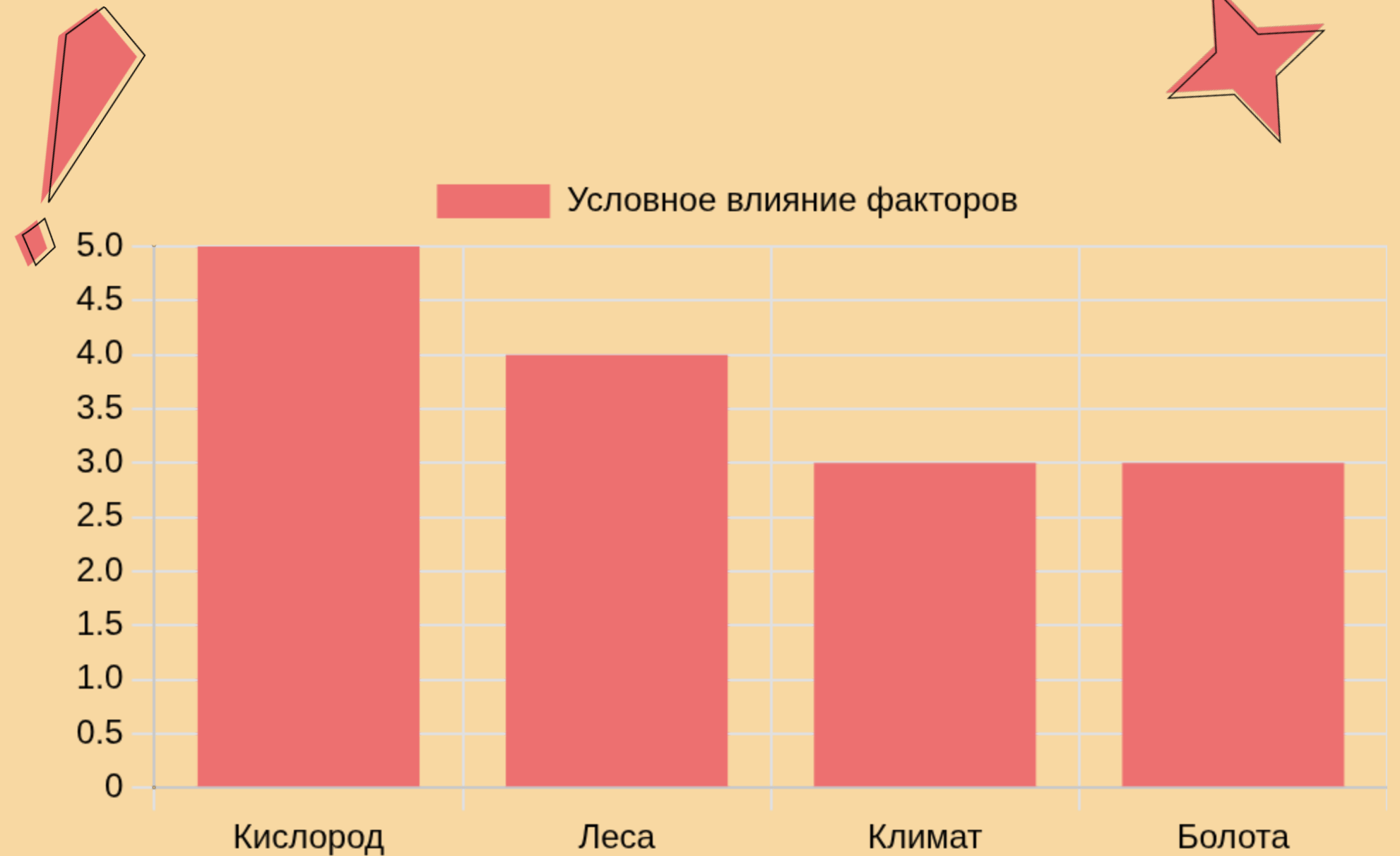
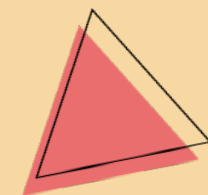
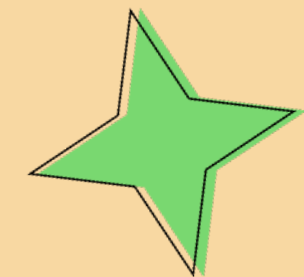


# Почему в каменноугольном периоде возникали крупные насекомые

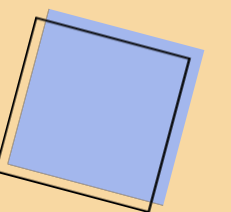


Трахейное дыхание членистоногих особенно чувствительно к составу атмосферы, поэтому высокий уровень кислорода был важнейшим ограничивающим фактором для их размеров.

Чем лучше снабжение тканей кислородом, тем крупнее могли быть тела насекомых и многоножек; влажные леса и болота поддерживали эту необычную для современности биоту.



Учебные обобщения по палеоатмосфере и палеоэнтомологии; сравнительная, условная шкала влияния факторов.



# Как амниоты открыли путь к рептилиям

1.

## От водной зависимости к суше

Амниоты появились в позднем карбоне как линия позвоночных, способная размножаться вне постоянной привязки к воде. Это стало важнейшим эволюционным преимуществом в более сухих и изменчивых условиях.

2.

## Амниотическое яйцо

Главное новшество — яйцо с защитными оболочками и запасом питательных веществ. Оно обеспечивало эмбриону влагу и питание, снижая риск высыхания и делая размножение более надёжным на суше.

3.

## Шире ареал, меньше ограничений

Освобождение от обязательного водоёма для размножения позволило амниотам заселять более удалённые и сухие территории. Так они получили преимущество перед земноводными во многих наземных средах.

4.

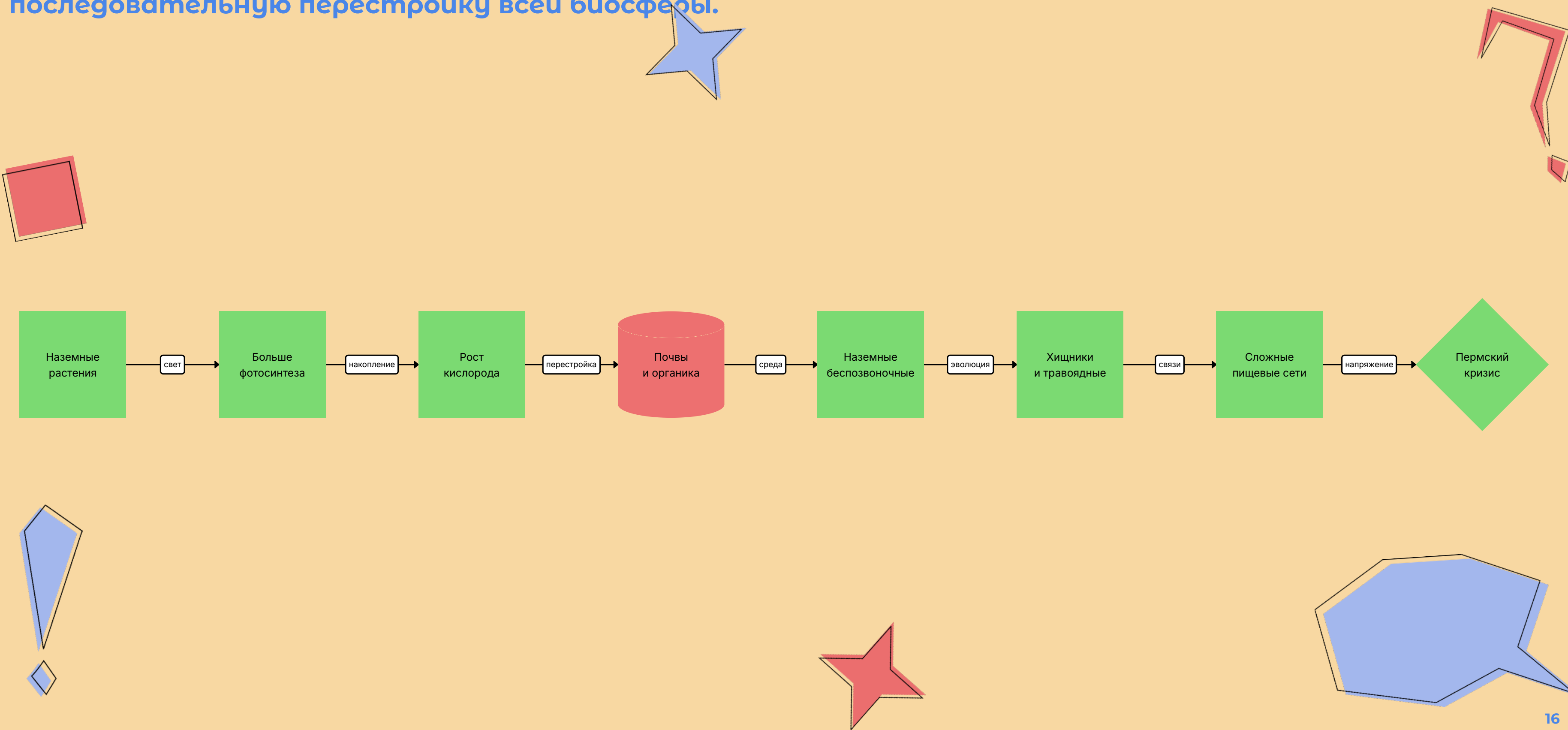
## Новая ветвь позвоночных

Рептилии стали первым крупным успехом амниот на суше. Их строение оказалось лучше приспособлено к наземной жизни, а затем от этой линии произошли птицы и млекопитающие.



# Как изменения палеозоя перестраивали экосистемы

Схема показывает, как изменения в растительном покрове, атмосфере и почвах запускали последовательную перестройку всей биосферы.



# Пермь: сухой климат и перестройка жизни

## Пангея меняет климат

Сложение материков в Пангею усилило континентальность климата. Внутренние районы стали суше, а сезонные колебания температуры — заметнее, чем в более ранние эпохи.

## Преимущество семенных растений

В таких условиях лучше чувствовали себя голосеменные: их размножение меньше зависело от воды, а устойчивые ткани позволяли переносить недостаток влаги и более открытые пространства.

## Новые наземные хищники и травоядные

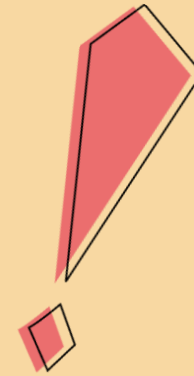
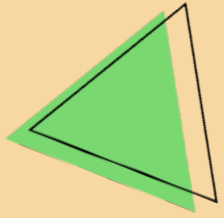
Среди животных всё заметнее становились пресмыкающиеся и терапсиды. Они были лучше приспособлены к жизни на суше и занимали разные экологические ниши в изменяющихся сообществах.

## Ослабление морских экосистем

Морское разнообразие в перми постепенно снижалось. На фоне климатических изменений и нестабильности среды многие старые группы уступали место более выносливым формам.



# Крупнейшие массовые вымирания палеозоя



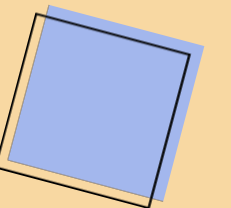
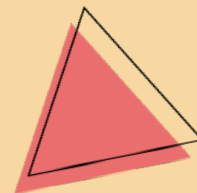
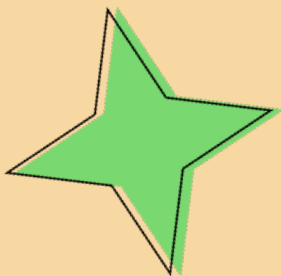
Три кризиса не только сокращали число видов, но и поразному перестраивали сообщества: от морских экосистем ордовика до наземно-морского кризиса на рубеже перми.

Пермское вымирание выделяется как крупнейшее; именно оно сильнее всего обнулило прежние экосистемы и подготовило место для новых линий жизни.

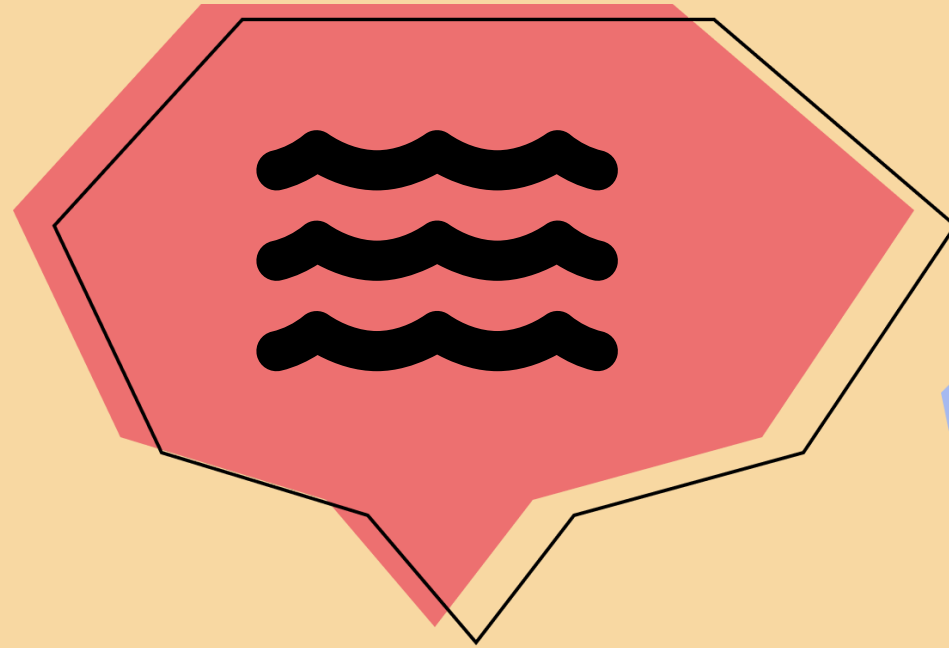
Ордовикское Позднедевонское Пермское



Учебные обобщения по истории биосферы; относительная шкала для сравнения трёх палеозойских кризисов.

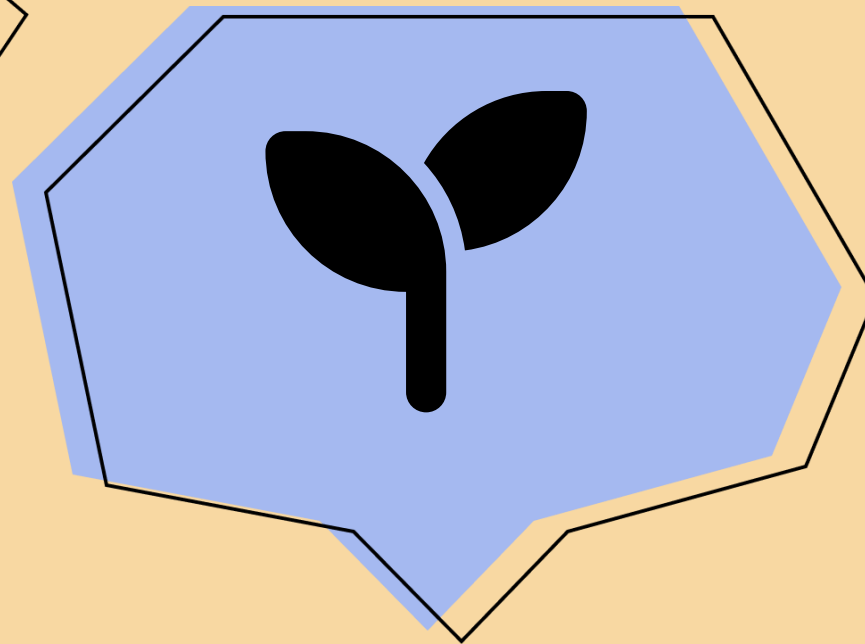
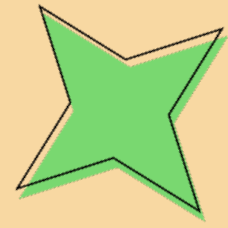


# Что палеозой дал будущей биосфере



## Сложные моря

В палеозое морские сообщества стали многоярусными и специализированными. Появились устойчивые пищевые цепи, крупные хищники и рифовые экосистемы, которые задали образец для дальнейшего развития морской жизни.



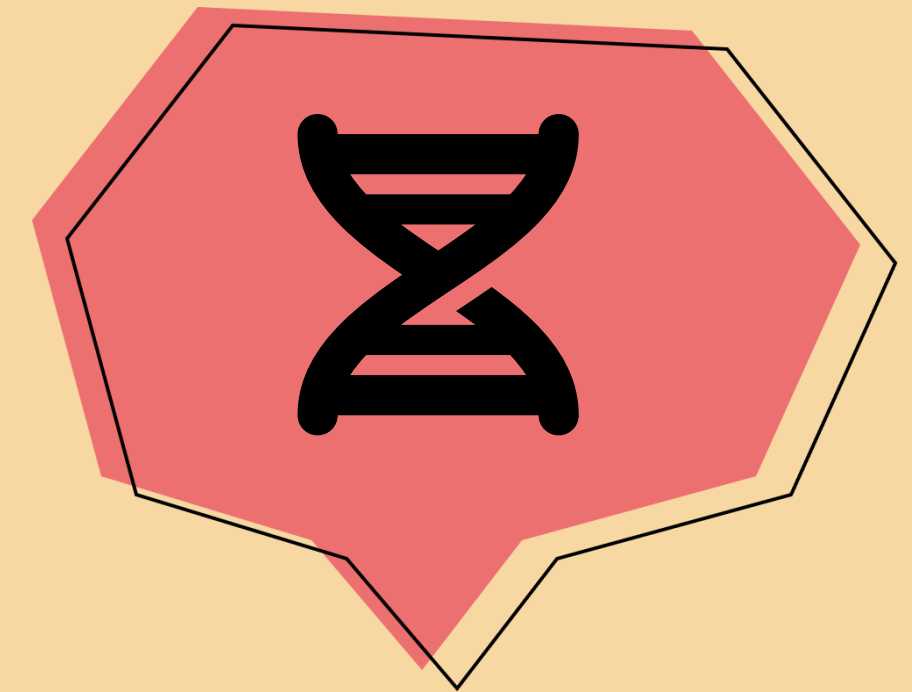
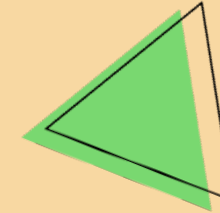
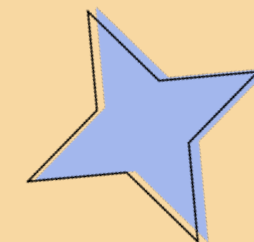
## Освоение суши

Растения первыми изменили поверхность материков, а затем за ними последовали членистоногие и позвоночные. Суша перестала быть пустым пространством и превратилась в разнообразную среду обитания.



## Почвы и леса

Появление сосудистых растений и лесов ускорило почвообразование и накопление органического вещества. Это радикально изменило круговорот веществ и создало условия для новых наземных экосистем.



## Новые линии позвоночных

Именно в палеозое возникли тетраподы, амниоты и первые рептилии. Эти группы стали эволюционной основой для последующей истории наземных позвоночных, включая современных животных.



# Палеозой: эпоха, которая сделала сушу обитаемой

**Палеозой завершил главный переход от морской биоты к сложной жизни на суше: появились леса, почвы, тетраподы и амниоты, а после кризиса открылся путь новым формам жизни.**

