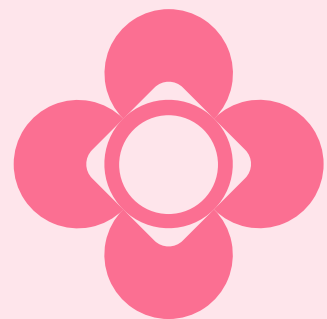
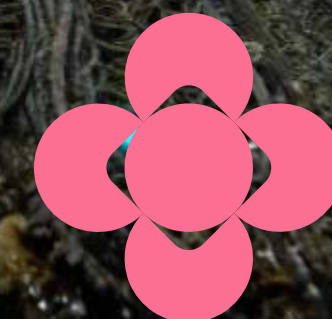




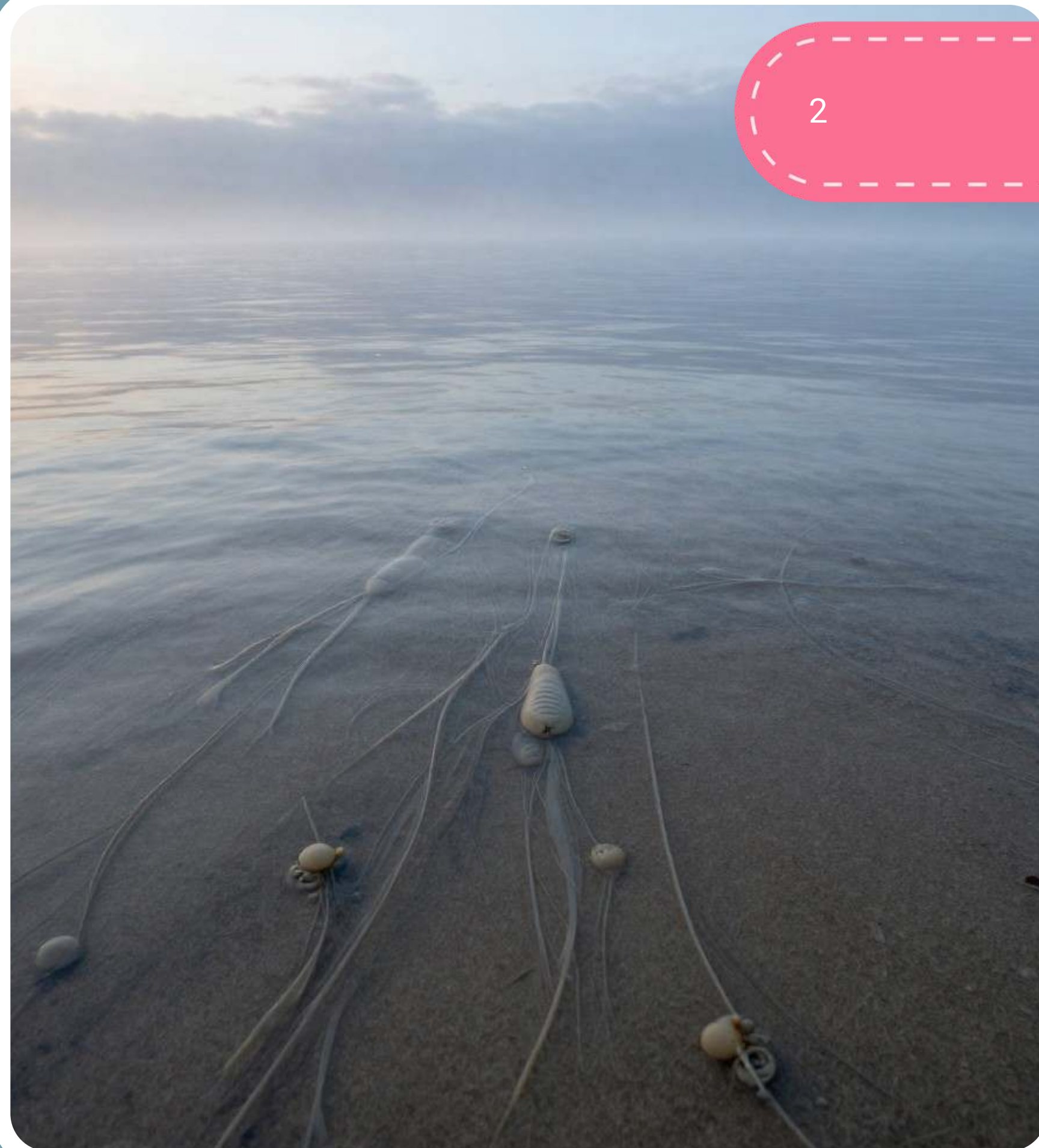
Как скрытая жизнь изменила Землю

Скрытая жизнь перестроила
планету и подготовила
её к усложнению.



Древняя Земля: время скрытой жизни

Докембрий — это почти вся ранняя история Земли, а криптозой — её самая «скрытая» часть. Именно тогда жизнь была микроскопической, но уже определяла дальнейший ход эволюции.



3

крупных этапа обычно выделяют
в составе криптозоя

Криптозой охватывает первые этапы биосферы, когда жизнь ещё почти не оставляла заметных следов, но уже создавала основу для будущего биологического разнообразия.

Общепринятая геохронологическая схема докембрия

Ранняя жизнь: микробы и хемосинтез

4



Простейшая организация

Первые клетки были прокариотами: у них не было ядра и сложных органоидов, зато они быстро приспосабливались к нестабильной ранней Земле и дефициту кислорода.



Среды обитания

Такие организмы заселяли горячие источники, океаническое дно и микробные маты, формируя устойчивые сообщества в самых разных условиях древней планеты.



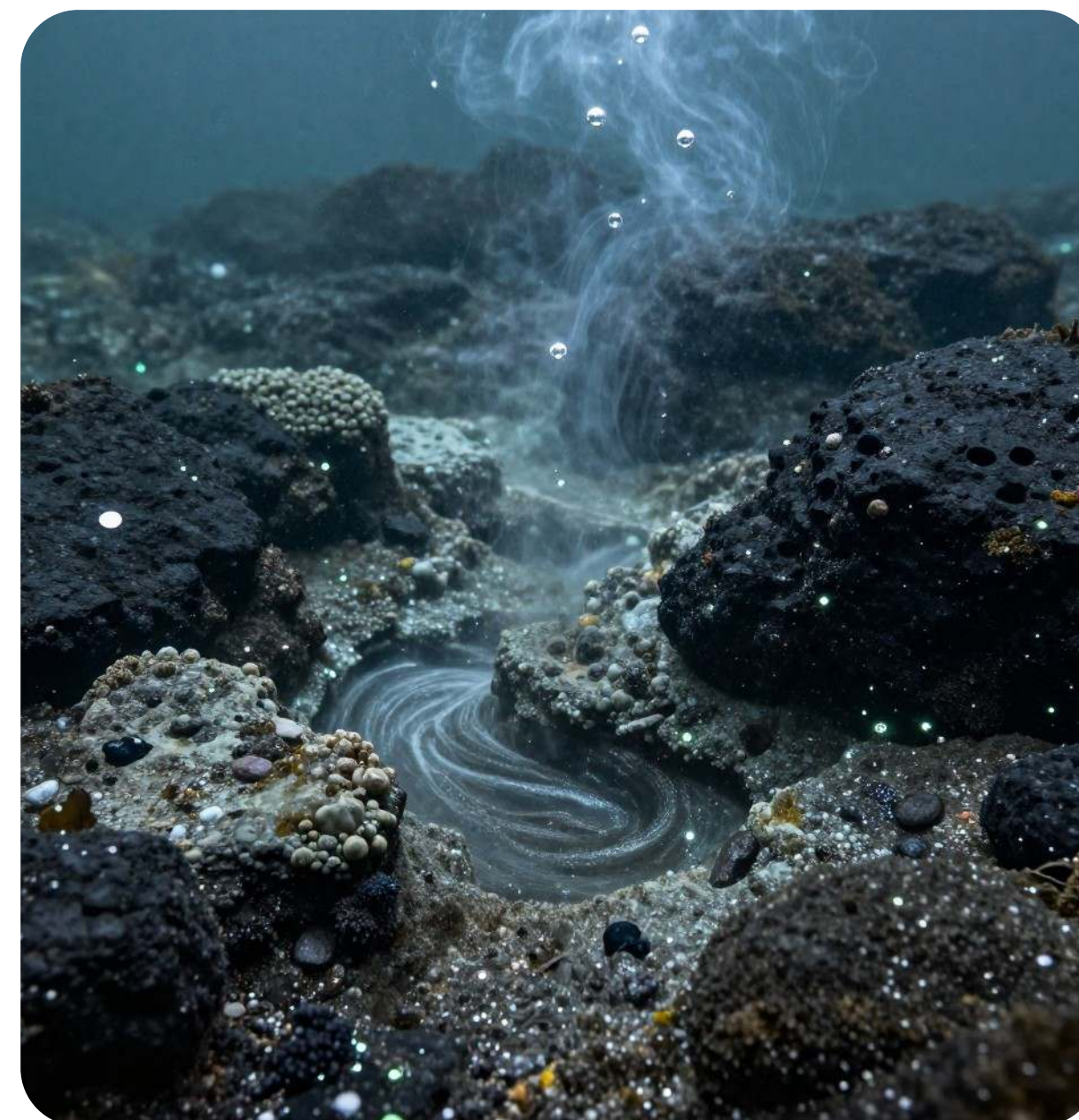
Альтернативные источники энергии

Энергия добывалась без фотосинтеза — через хемосинтез и анаэробные реакции, что позволяло жить там, где свет ещё не был главным источником энергии.



Первая биосфера

Именно микробные сообщества стали первыми экосистемами Земли: они не только выживали, но и постепенно меняли состав воды, осадков и атмосферы.



Рост кислорода и Великое кислородное событие

5

Фотосинтез цианобактерий изменил не только воздух, но и ход отбора: одни линии жизни получили новое преимущество, другие оказались вытеснены.



Рост кислорода был постепенным, но его последствия оказались резкими: усилилось аэробное дыхание и сократились ниши для анаэробов.

Обобщение по данным геохимических реконструкций Великого кислородного события; Holland, 2006; Lyons et al., 2014

Микробные маты как древнейшее свидетельство жизни

6



Что такое строматолиты

Строматолиты — это слоистые структуры, создаваемые микробными сообществами. Их форма сохраняет следы древней биологической активности и показывает, как рано жизнь научилась строить устойчивые сообщества.



Древнейшие следы

Такие образования известны по породам возрастом более трёх миллиардов лет, поэтому они считаются одним из самых надёжных свидетельств древней биосферы.



Слои и взаимодействие

Микробные маты объединяли разные группы организмов в тонкие слои, где каждый слой использовал свои условия освещения, химии и доступности веществ. Это повышало выживаемость всей системы.



Почему они важны

Для исследователей эти структуры особенно ценны: они редко сохраняются, но помогают отличить следы жизни от обычных геологических процессов и понять роль фотосинтеза в древности.

Климатические кризисы: оледенения и их последствия

7



От прокариот к эукариотам: главное различие

8



Простая клетка

Прокариотическая клетка устроена проще: генетический материал не отделён ядром, а деление происходит быстро и относительно прямо, что удобно для жизни в меняющейся среде.



Генетическая регуляция

Линейные хромосомы и развитая регуляция генов сделали возможными более сложные программы развития. Именно здесь появляется потенциал для тканей и специализированных клеток.



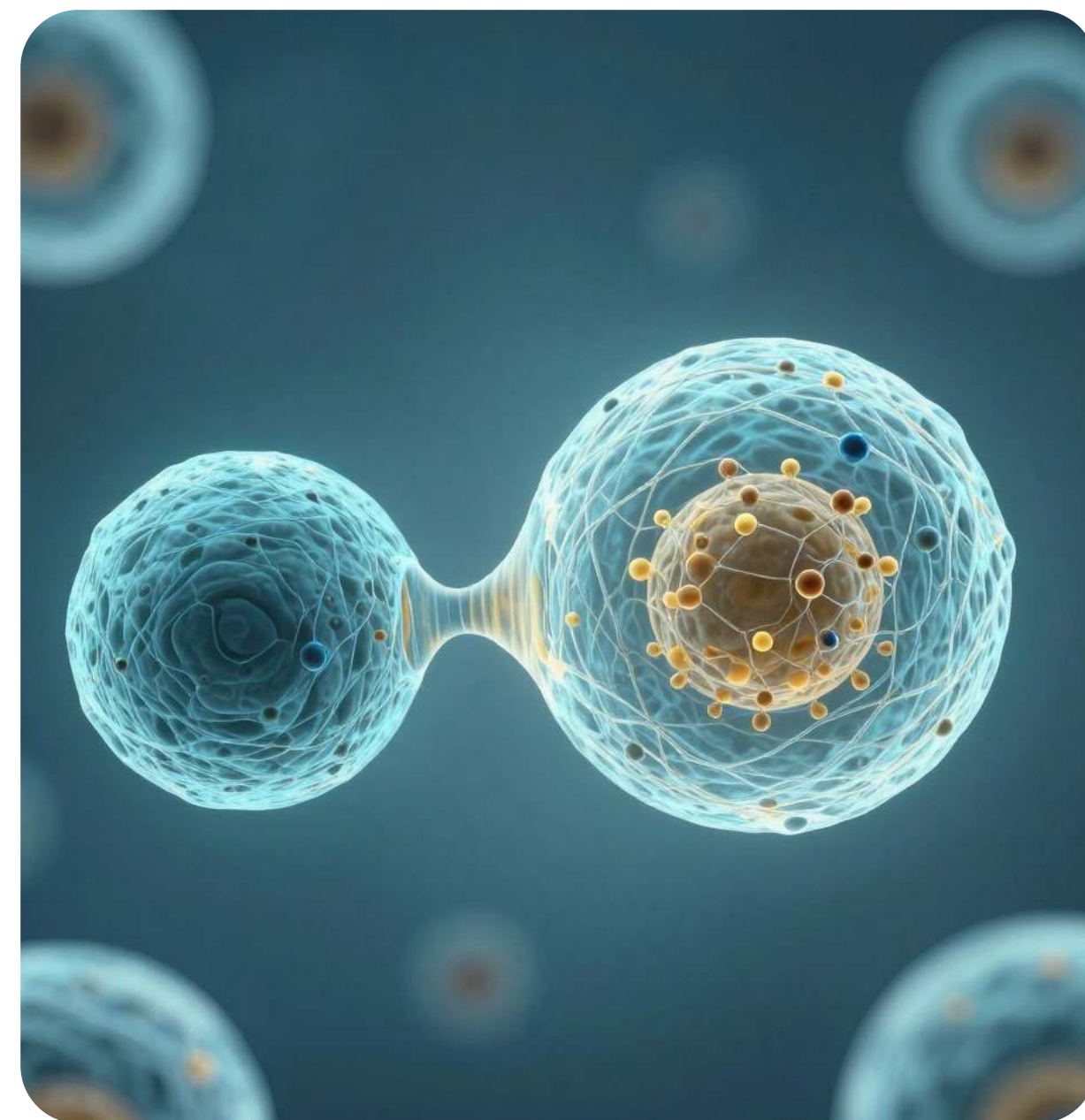
Внутренняя организация

Эукариоты добавили внутренние «отсеки» — ядро, мембранные структуры и цитоскелет. Это позволило точнее управлять процессами внутри клетки и разделять функции.



Эволюционный эффект

Отличие двух типов клеток не сводится к размеру: эукариотическая организация дала эволюции новый уровень сложности и открыла путь к многоклеточности.



Почему эукариоты стали важным рубежом

9

01

Ядро как центр управления

Появление ядра отделило хранение наследственной информации от основной работы клетки. Это снизило хаос в регуляции и позволило точнее управлять активностью генов.

02

Энергия для роста

Митохондрии резко увеличили энергетические возможности клетки. Благодаря им стало легче поддерживать более крупный объём, сложные структуры и активный обмен веществ.

03

Происхождение митохондрий

Эндосимбиоз объясняет происхождение митохондрий: когда-то это были свободноживущие бактерии, ставшие частью другой клетки и постепенно утратившие самостоятельность.

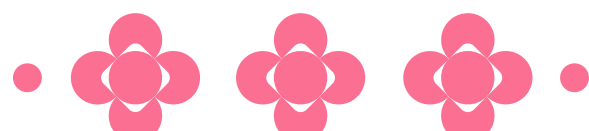
04

Путь к многоклеточности

Сочетание всех этих признаков сделало эукариоты основой будущей многоклеточности, где клетки могли делиться обязанностями и формировать более сложные организмы.

**2**

копии каждой хромосомы
содержит диплоидная клетка



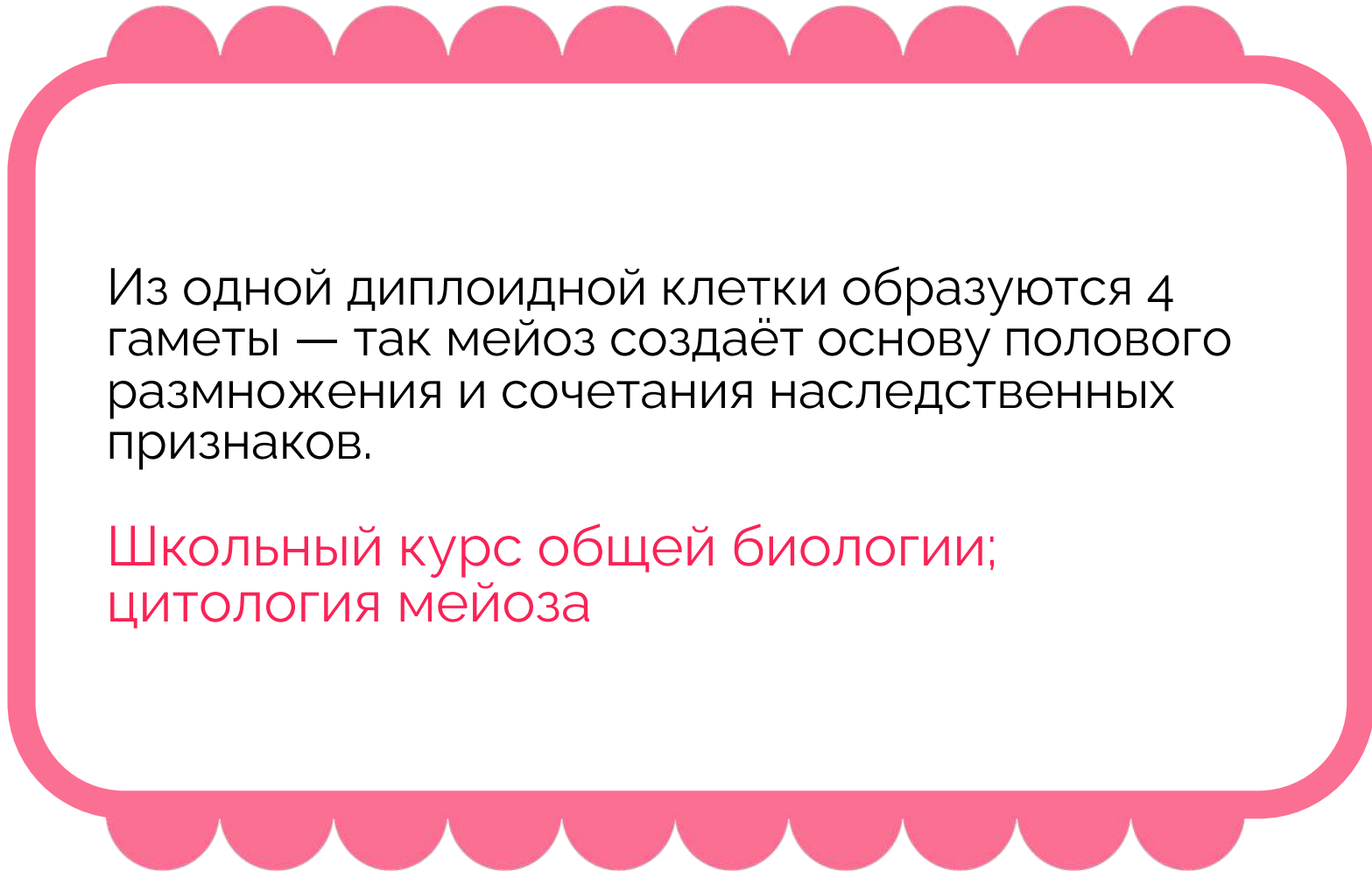
У диплоидной клетки две копии каждой хромосомы, поэтому мейоз уменьшает набор перед образованием гамет.

Общая цитология; школьный курс биологии



4

гаплоидные гаметы возникают
после мейоза.



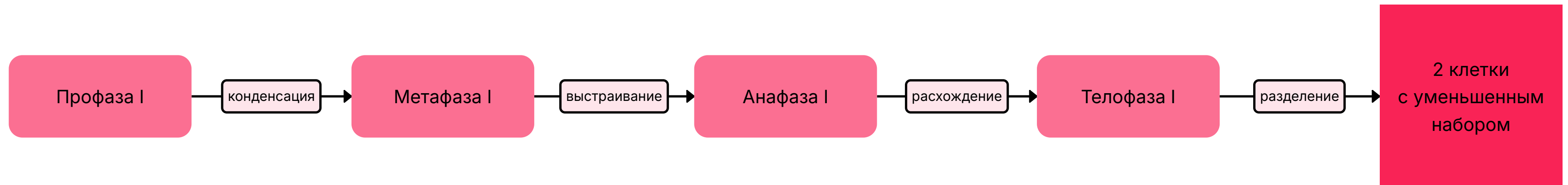
Из одной диплоидной клетки образуются 4
гаметы — так мейоз создаёт основу полового
размножения и сочетания наследственных
признаков.

Школьный курс общей биологии;
цитология мейоза

Мейоз I: первое деление

12

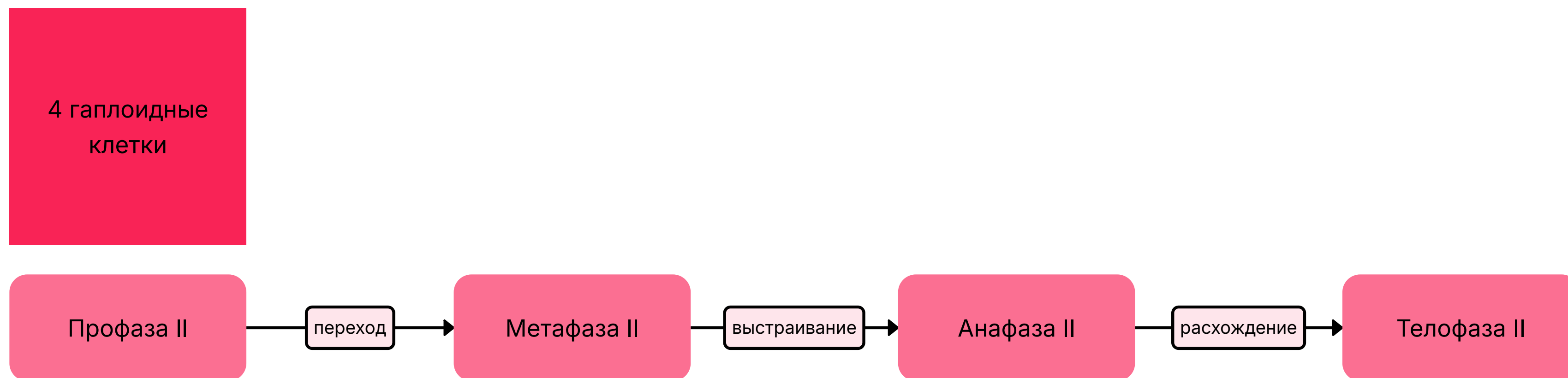
Последовательность стадий первого деления мейоза по материалам школьной цитологии.



Мейоз II: второе деление

13

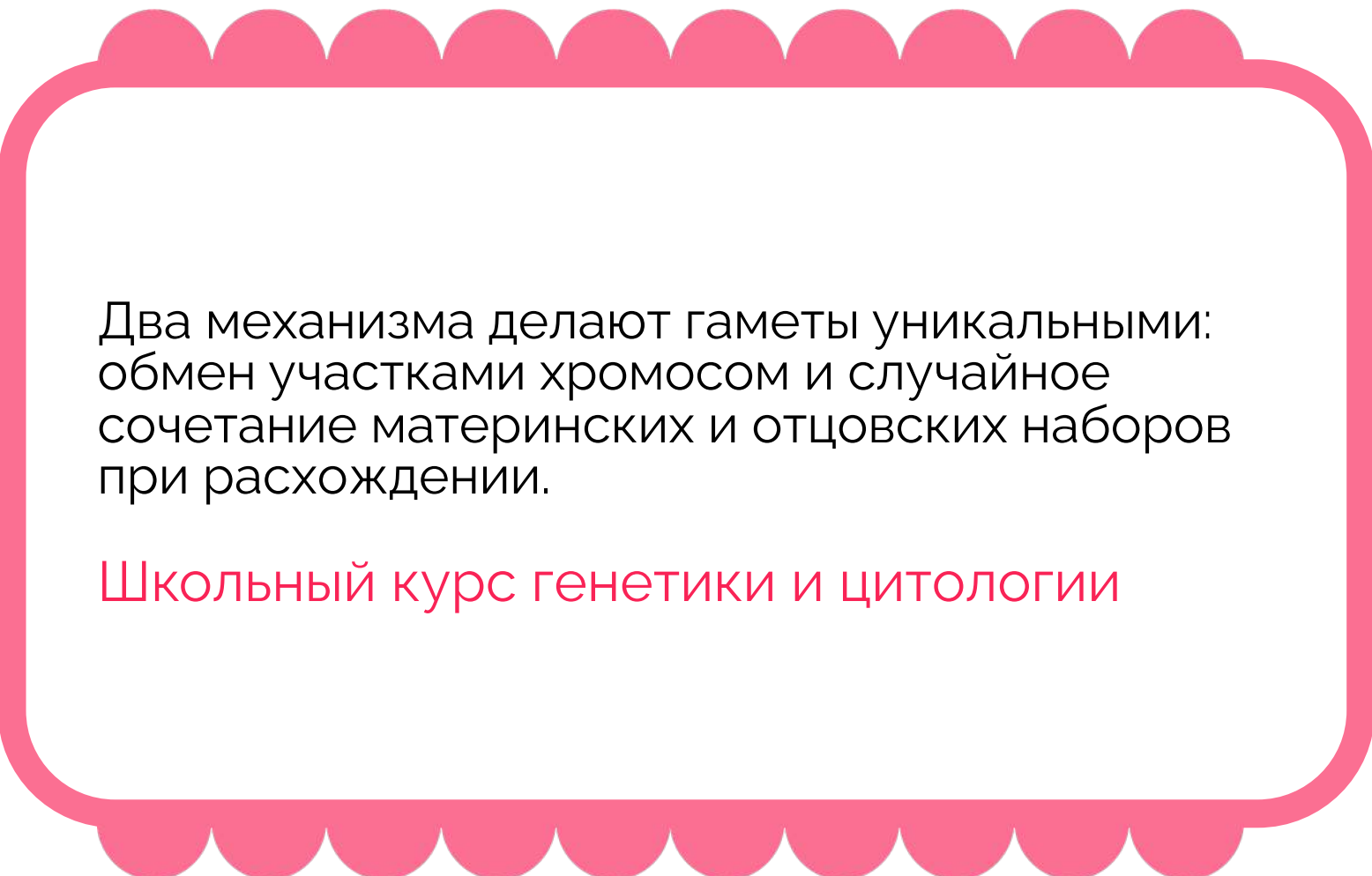
Последовательность стадий второго деления мейоза по материалам школьной цитологии.





2

главных механизма генетического разнообразия работают в мейозе.



Два механизма делают гаметы уникальными: обмен участками хромосом и случайное сочетание материнских и отцовских наборов при расхождении.

Школьный курс генетики и цитологии

1

главное преимущество — более
быстрый отклик на изменения
среды.

Половой процесс особенно полезен
в нестабильной среде: он быстрее создаёт
разные сочетания признаков, из которых
отбор сохраняет наиболее удачные.

Обобщение по эволюционной биологии
и школьному курсу генетики

**1**

древний набор генов
подтверждает общий
эволюционный источник мейоза.



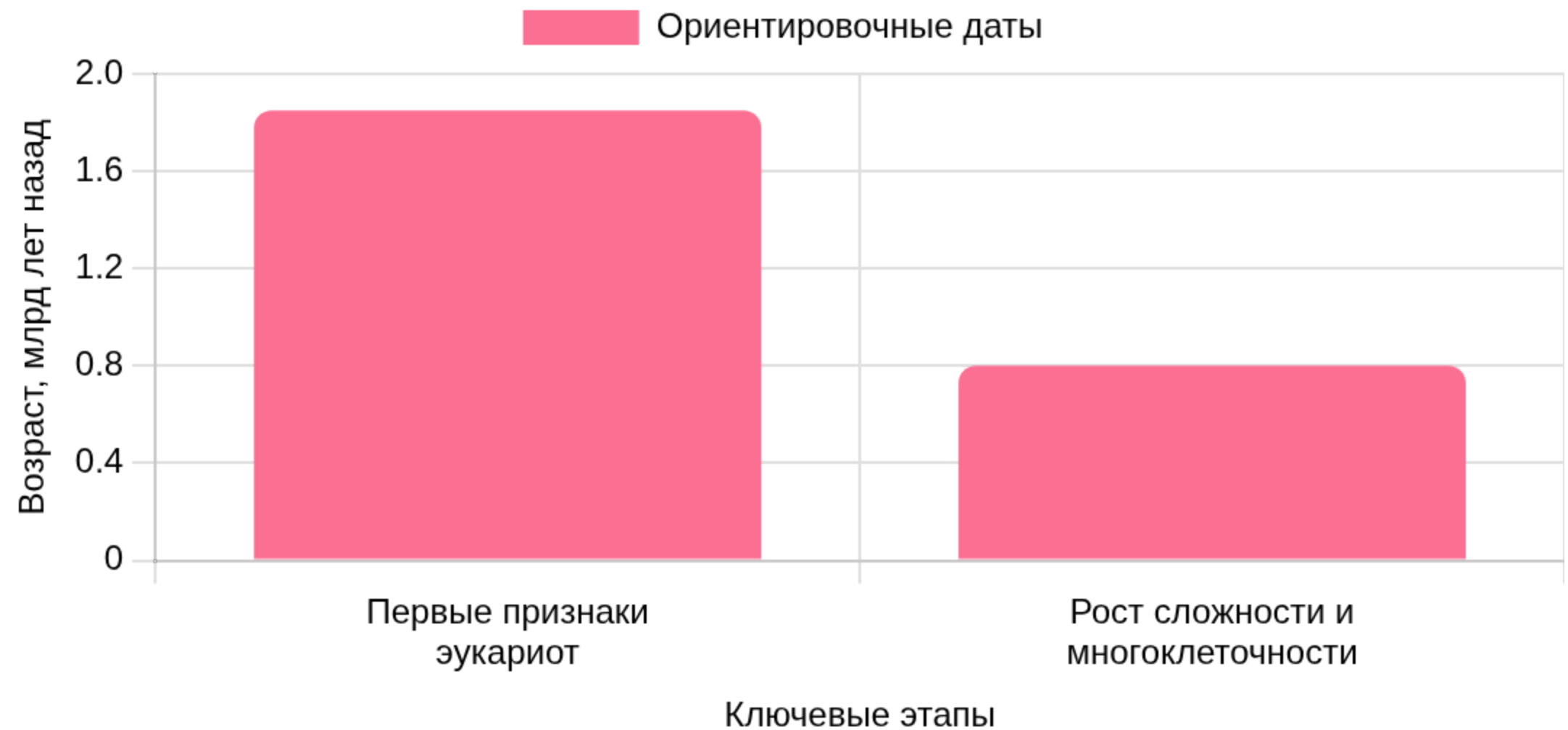
У многих эукариот сохраняются общие гены мейоза, что указывает на очень древнее происхождение этого механизма и его раннее закрепление.

Сравнительная геномика эукариот; обзоры по эволюции мейоза

Появление эукариот и усложнение жизненных циклов

17

Два временных рубежа особенно важны: ранние эукариотические признаки и более позднее расширение многоклеточных форм.



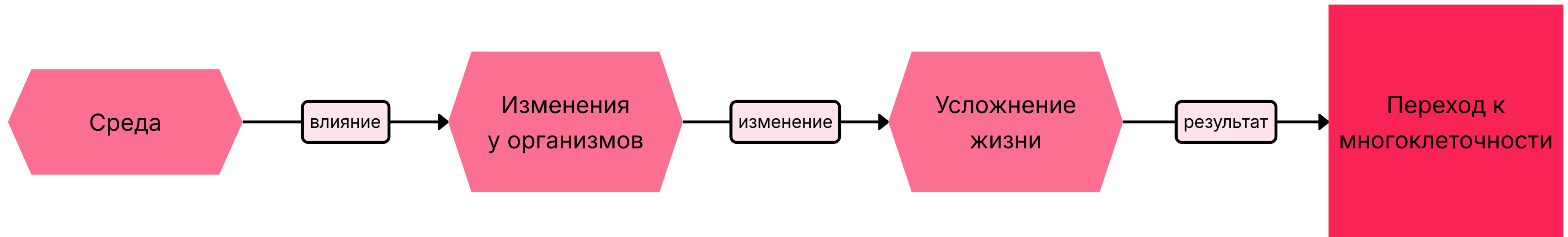
Появление эукариот и усложнение жизненных циклов шли не одновременно, а через длительный промежуток, что отражает поэтапность эволюции.

Обобщение по палеонтологии и молекулярной филогенетике: ~2,1–1,6 и ~1,0–0,6 млрд лет назад

Среда, изменения и эволюционные последствия

18

Схема показывает связь между изменениями среды, клеточными новшествами и эволюционными последствиями.





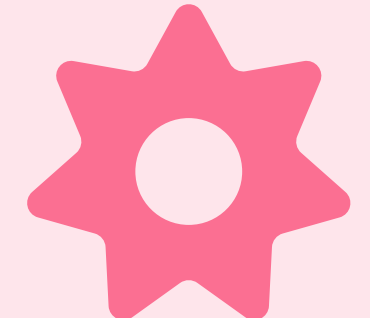
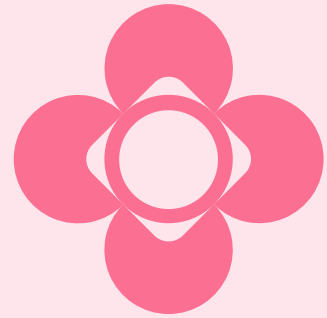
3

ключевые новшества подготовили
почву для многоклеточности.



Три важные черты — крупные клетки,
внутренние мембраны и половой цикл —
помогли жизни перейти к более сложной
организации перед кембрием.

Обобщение по эволюции эукариот
и докембрию



Криптозой: время, когда жизнь стала сложнее

Криптозой показал, что кислород, эукариоты и мейоз действовали вместе: усложнение клеток повышало возможности жизни, а генетическая изменчивость помогала ей выживать.

