

The background of the slide features a photograph of a hand holding a magnifying glass over a shallow stream with rocks and moss. Overlaid on this is a large circular diagram with a yellow grid of concentric circles and radial lines. Four small dark blue circles are positioned at the intersections of the grid. The central area of the diagram is a solid dark blue circle containing the title and subtitle text.

Микро- и макроэволюция: единый процесс на разных уровнях

Как малые изменения популяций создают
биологическое разнообразие?

Зачем биологу понимать микро- и макроэволюцию

Эволюция объясняет происхождение живых организмов и их разнообразие. Микроэволюция наблюдается сегодня, а макроэволюция раскрывает историю крупных групп, включая человека. Эти идеи связывают генетику, экологию, палеонтологию и дарвиновское учение об отборе.



Микроэволюция как изменение генофонда популяции

Уровень популяции

Микроэволюция не затрагивает отдельную особь напрямую: изменения накапливаются в популяции. Меняется не внешний облик одного организма, а соотношение наследственных вариантов, передаваемых потомству.

Источник новизны

Мутации и рекомбинации создают новые сочетания аллелей, а миграции вносят генетический материал извне. Именно эти процессы формируют исходное разнообразие, на котором затем действует отбор.

Роль отбора

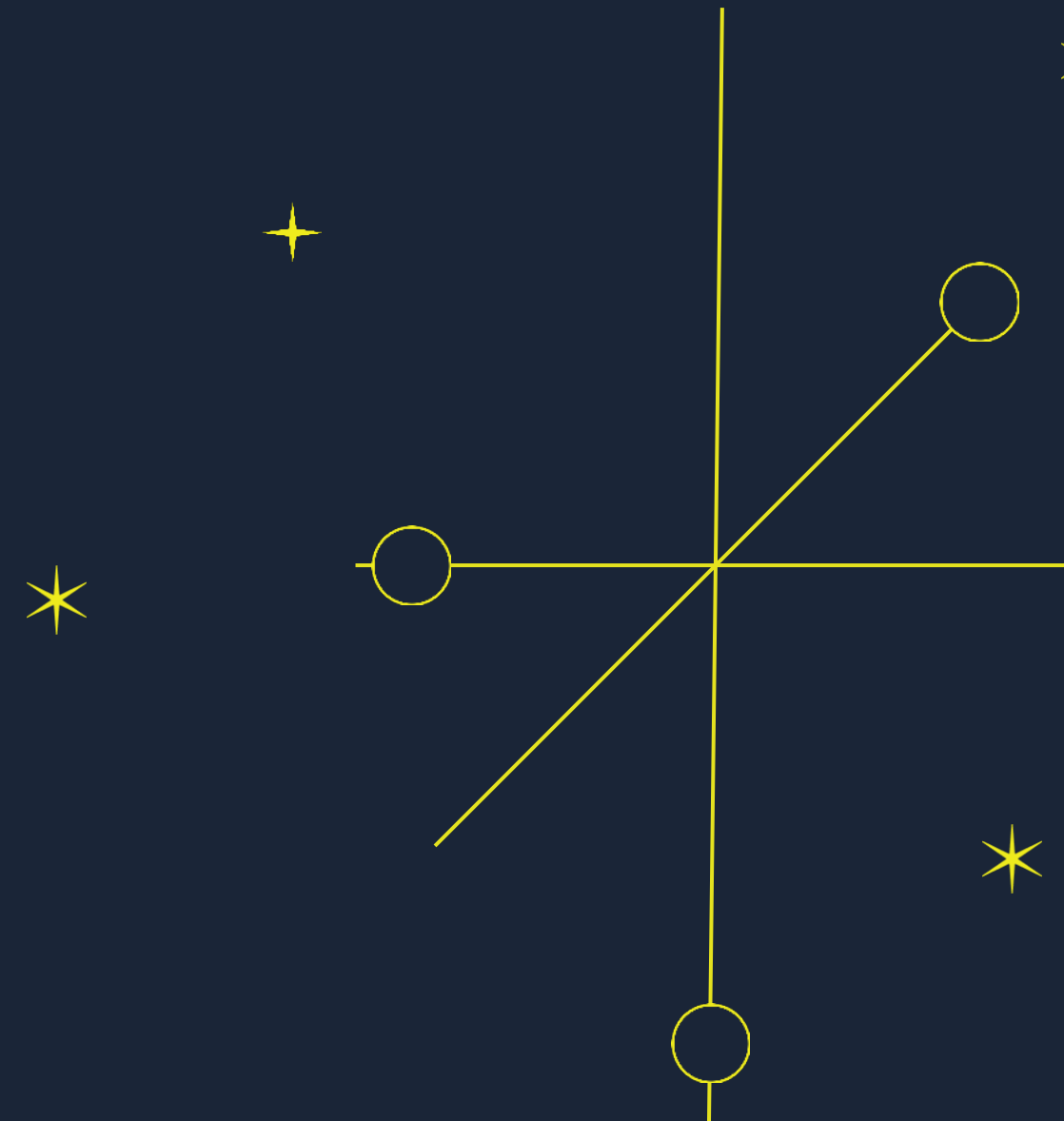
Естественный отбор закрепляет признаки, которые повышают выживание и размножение в конкретной среде. Благодаря этому полезные аллели становятся более частыми, а неблагоприятные постепенно исчезают.

Случайные изменения

Дрейф генов способен заметно менять состав популяции без связи с приспособленностью. Особенно сильно он проявляется в малочисленных группах, где случайность влияет на судьбу аллелей сильнее.

Эволюционный итог

Накапливаясь, наследственные различия ведут к приспособлению популяций к среде. Если расхождение усиливается, возникают условия для репродуктивной изоляции и последующего видообразования.



Движущие силы микроэволюции



Диаграмма показывает, что факторы микроэволюции действуют совместно: одни создают разнообразие, другие закрепляют или разделяют его в популяциях.

Естественный отбор и мутации задают направление изменения, а дрейф, миграции и изоляция определяют скорость и масштаб расхождения.

Схематическая учебная модель; условное распределение факторов для наглядности.

Естественный отбор в действии: история березовой пяденицы

Темная окраска как защита

Во времена сильного загрязнения воздуха стволы деревьев в промышленных районах темнели от копоти. На таком фоне темная форма березовой пяденицы была менее заметна для птиц и чаще оставляла потомство. Так менялась частота окраски в популяции.



Возврат светлой формы

Когда экологическая обстановка улучшилась и кора деревьев снова посветлела, преимущество получили светлые бабочки. Их маскировка стала эффективнее, а темная форма постепенно утратила прежний успех. Этот пример наглядно показывает, что отбор зависит от среды и способен менять направление.



Типы естественного отбора

Сравнение показывает, как разные условия среды по-разному меняют распределение признаков в популяции.

Тип отбора определяется средой:
при изменениях сдвигается норма,
при стабильности сохраняется оптимум,
при неоднородности усиливается расхождение вариантов.

Тип	Условия	Итог
Движущий	Среда меняется	Сдвиг признака
Стабилизирующий	Среда постоянна	Сохранение среднего
Разрывающий	Среда неоднородна	Сохранение крайних

Генетический дрейф и случайные изменения в малых популяциях

① Случайность численности

В небольшой популяции даже случайное событие может резко изменить долю аллелей. Поэтому дрейф генов иногда ослабляет приспособленность, хотя не связан с действием отбора.

② Бутылочное горлышко

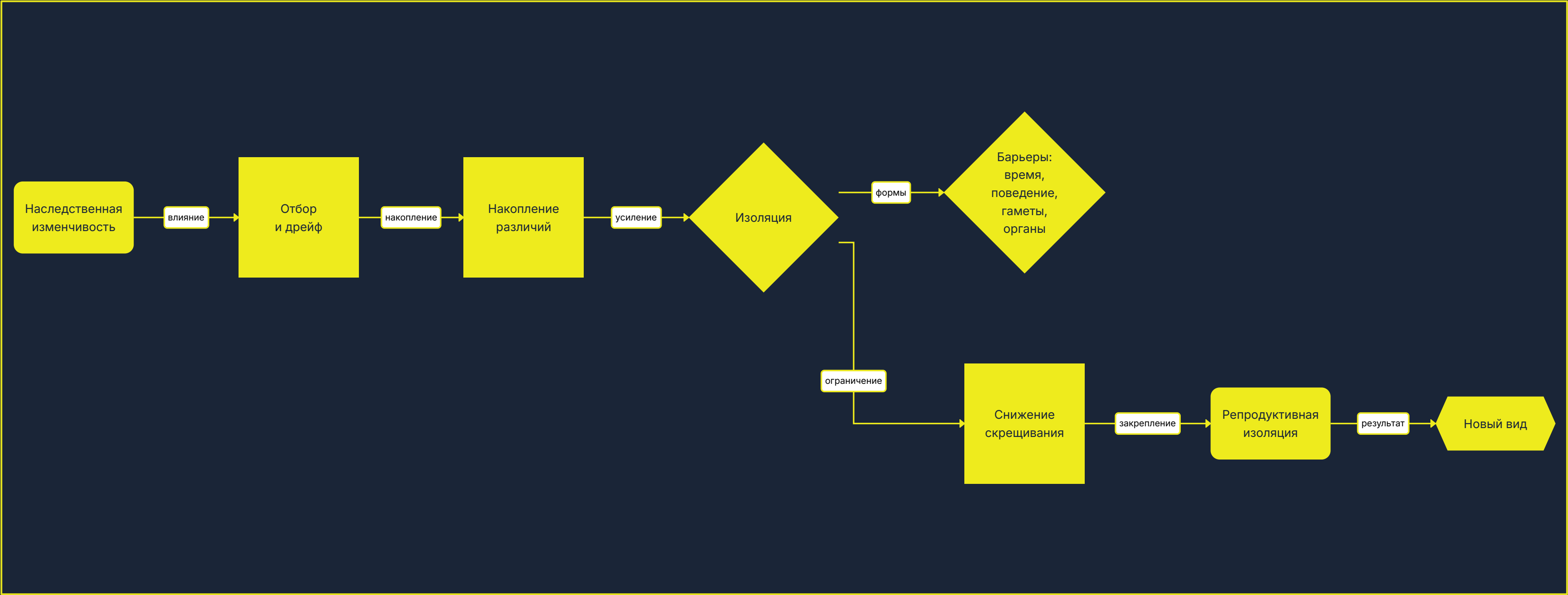
После пожара, эпидемии или чрезмерной охоты численность может упасть до нескольких выживших. Новое поколение наследует лишь часть прежнего разнообразия, и генетический состав обедняется.

③ Эффект основателя

Если небольшая группа особей заселяет новую территорию, она переносит ограниченный набор аллелей. В изоляции эта особенность может быстро усилить различия между популяциями и ускорить расхождение.

От популяционных изменений к новому виду

Схема показывает, как наследственная изменчивость и изоляция приводят к видообразованию.



Аллопатрическое и симпатрическое видообразование

Аллопатрия

При аллопатрическом видообразовании популяции оказываются разделены пространственным барьером: горным хребтом, рекой, островом или ледником. Поток генов прекращается, и группы начинают эволюционировать самостоятельно.

Симпатрия

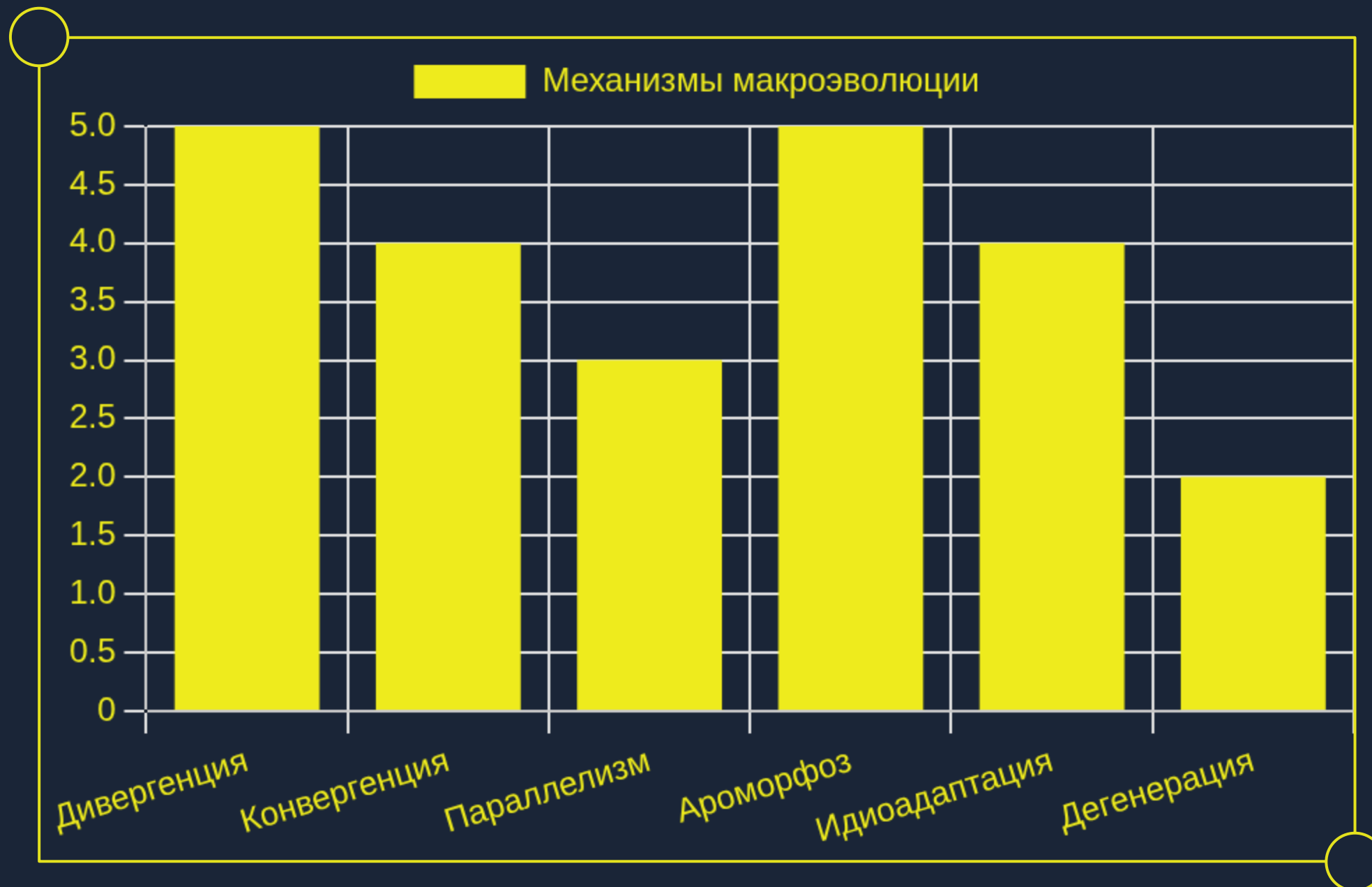
Симпатрическое видообразование происходит без географического разрыва. У растений оно особенно часто связано с полиплоидией, когда изменение числа наборов хромосом сразу создаёт репродуктивную изоляцию.

Общее условие

В обоих случаях решающим становится прекращение свободного обмена генами. Именно поэтому расхождение популяций может завершиться появлением нового вида даже при очень похожих исходных условиях.



Основные механизмы макроэволюции



Механизмы макроэволюции различаются по масштабу: одни расхождают родственные формы, другие создают сходство у неродственных организмов.

Эти процессы не конкурируют, а дополняют друг друга: через них возникают и новые приспособления, и крупные изменения уровня организации.

Схематическая учебная классификация механизмов макроэволюции; условная визуализация для сравнения.

Ключевые признаки ароморфозов

Появление фотосинтеза

Фотосинтез резко расширил энергетическую базу жизни: организмы научились использовать солнечный свет как источник органических веществ. Это изменило состав атмосферы и создало условия для дальнейшего усложнения биосферы.

Многоклеточность

Переход к многоклеточности позволил клеткам специализироваться и выполнять разные функции. Благодаря этому возникли ткани, органы и системы органов, а организмы получили больше возможностей для роста и активного поведения.

Дыхание и жизнь на суше

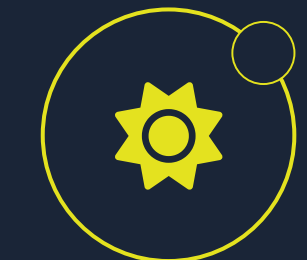
Появление легочного дыхания и амниотического яйца стало важным шагом к освоению суши. Эти изменения снизили зависимость от водной среды и помогли позвоночным расселиться в новых местообитаниях.

Новые формы у растений

Цветок и семя у покрытосеменных повысили эффективность размножения и расселения. Такие ароморфозы обеспечили быстрое распространение растений и их успех в самых разных климатических условиях.

Теплокровность

Теплокровность позволила поддерживать относительно постоянную температуру тела независимо от внешней среды. Это расширило активность организмов, помогло переживать холод и сделало возможным освоение разнообразных природных зон.



Микро- и макроэволюция в сравнении

Обобщение по синтетической теории эволюции и школьному курсу биологии

Признак	Микроэволюция	Макроэволюция
Уровень	популяции	виды и таксоны
Время	короткое	очень длительное
Результат	адаптации, виды	новые группы

Сопоставление показывает: различаются масштаб и результат изменений, но механизмы эволюции остаются общими.

Микроэволюция и макроэволюция не противопоставлены друг другу: макроэволюционные изменения возникают как накопленный итог популяционных процессов.

Как палеонтология показывает ход эволюции

Геологические слои

В более древних слоях находятся более ранние формы организмов, а в молодых — более поздние. Такая последовательность позволяет восстанавливать смену биоты во времени и сравнивать этапы развития разных групп.

Переходные формы

Археоптерикс и тиктаалик сочетают признаки разных крупных групп, показывая, что эволюционные изменения происходили постепенно. Эти находки особенно важны, потому что связывают крупные таксоны общими чертами строения.

Вымерли и изменились

Массовые вымирания сокращали число видов, после чего освобождались экологические ниши. Это создавало условия для адаптивной радиации и появления новых линий, которые позже становились доминирующими в биосфере.



Гомология и аналогия в сравнении

1

Гомологичные органы

Они имеют общий план строения и общее происхождение, хотя могут выполнять разные функции. Рука человека, крыло летучей мыши, лапа кита и передняя конечность крота — примеры единого эволюционного плана.

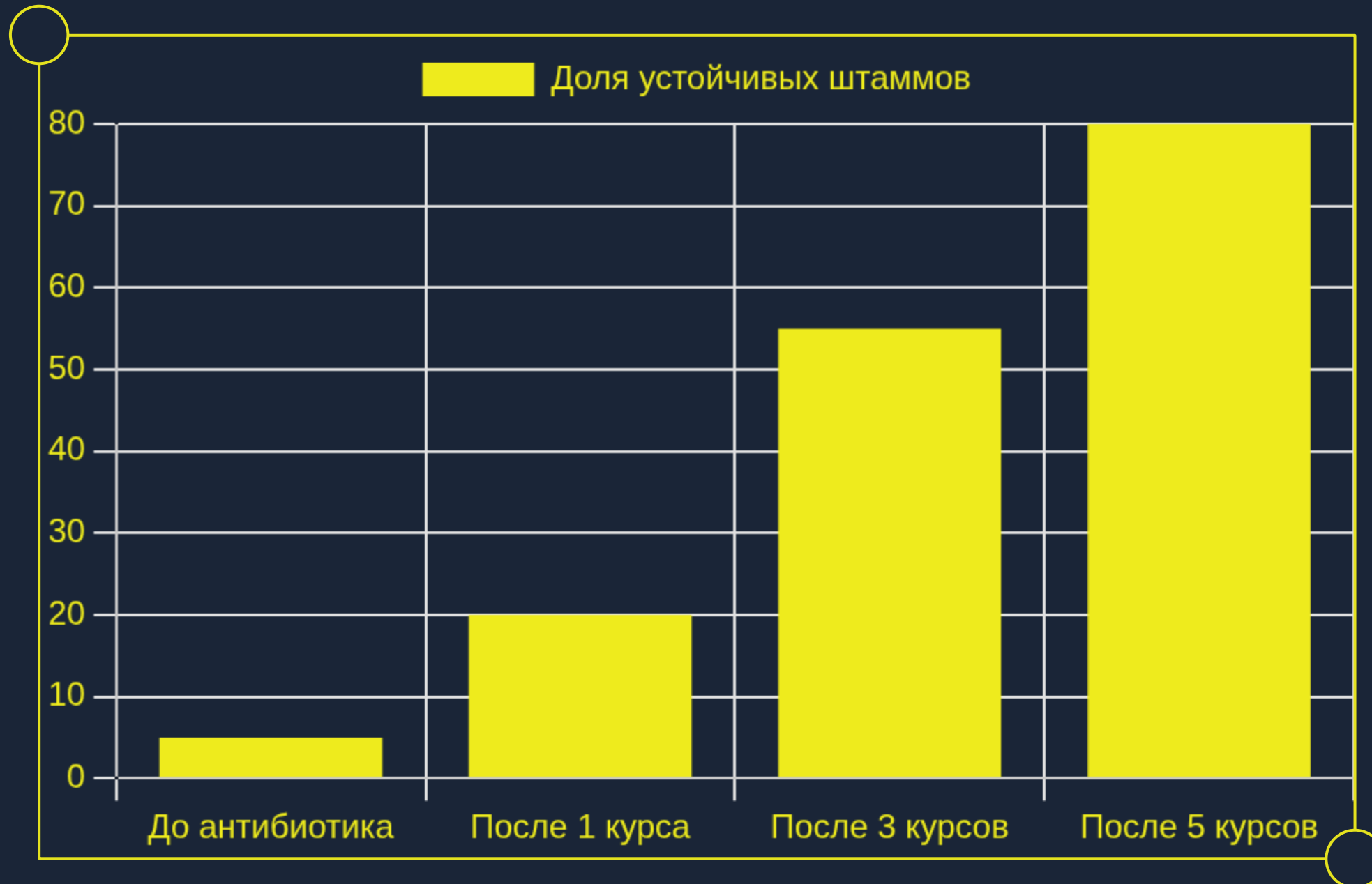
2

Аналогичные органы

Они похожи по функции, но возникли независимо и имеют разное происхождение. Крыло птицы и крыло насекомого внешне решают одну задачу, однако сформировались в разных эволюционных линиях.



Рост устойчивости после отбора

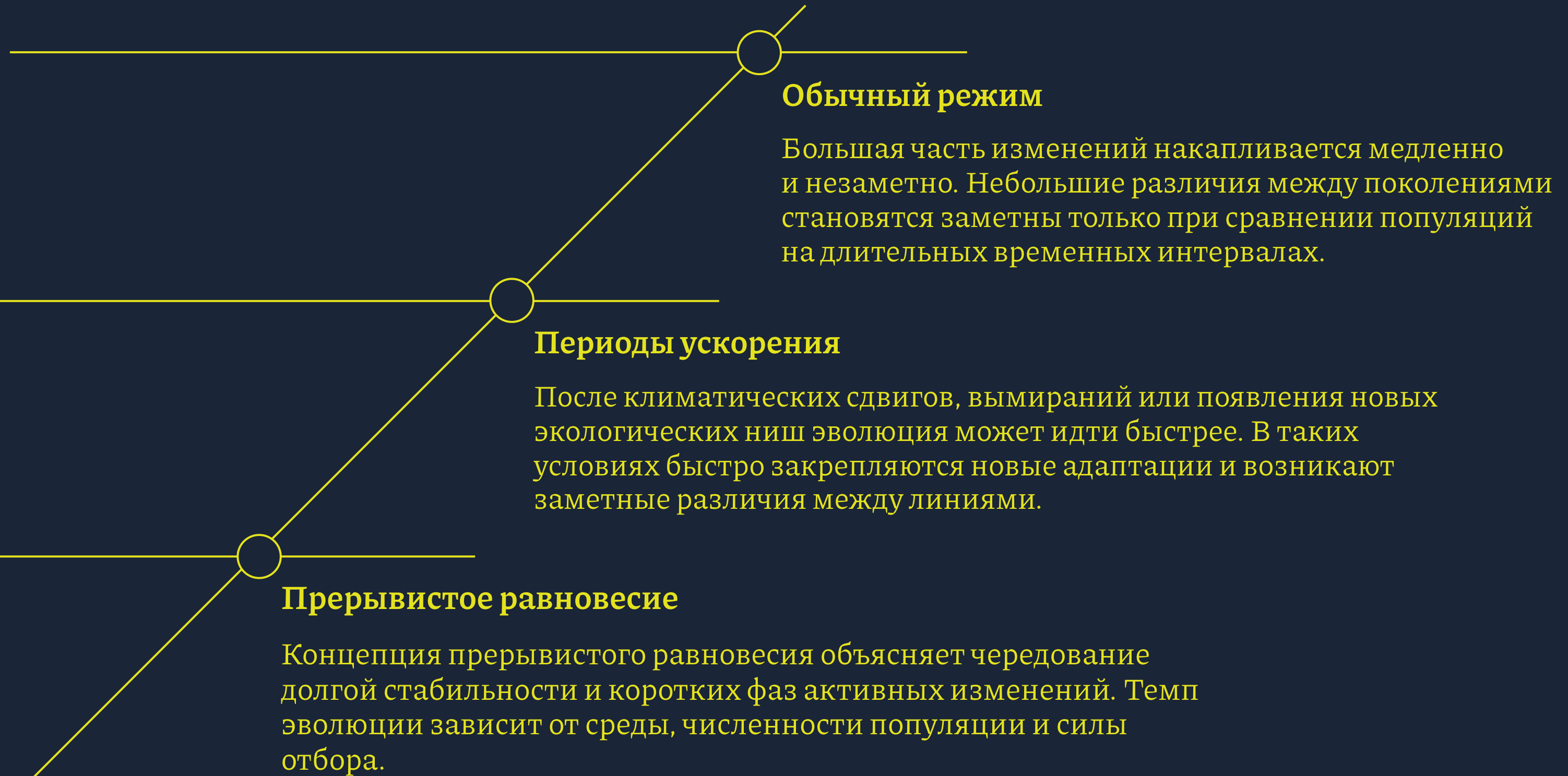


Антибиотик не создаёт устойчивость, а отбирает уже имеющиеся варианты. Поэтому при повторном применении препарата чувствительные бактерии исчезают быстрее, чем успевают восстановиться.

Чем сильнее и чаще действует антибиотик, тем быстрее возрастает доля устойчивых штаммов в популяции.

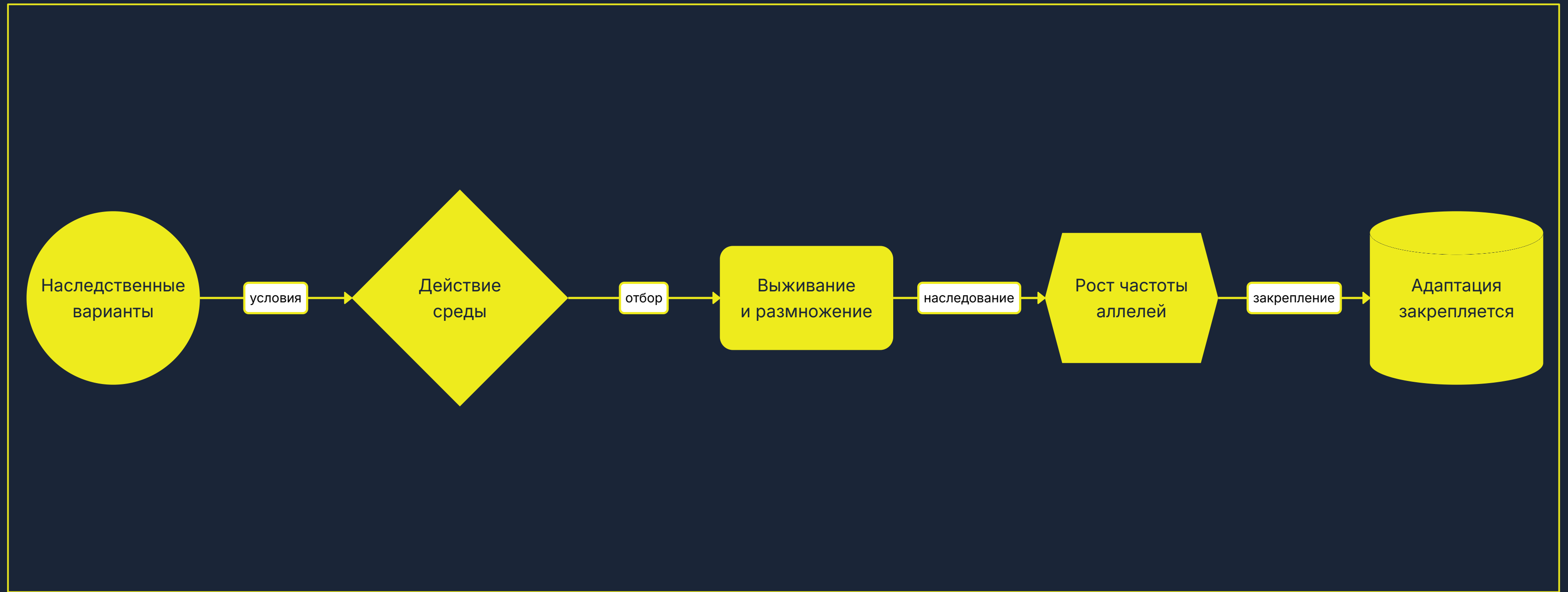
Схематические данные по принципу естественного отбора в бактериальных популяциях; учебный пример

Темпы эволюции: от постепенности к скачкам



Последовательность формирования адаптации

Схема показывает, как наследственные различия проходят отбор и закрепляются в популяции.



Что в эволюции понимают неверно

Нет заданной цели

Эволюция не движется к заранее определённому результату и не обязана вести к усложнению. Направление изменений зависит от условий среды, а не от некой общей «лестницы прогресса».

Особь не эволюционирует

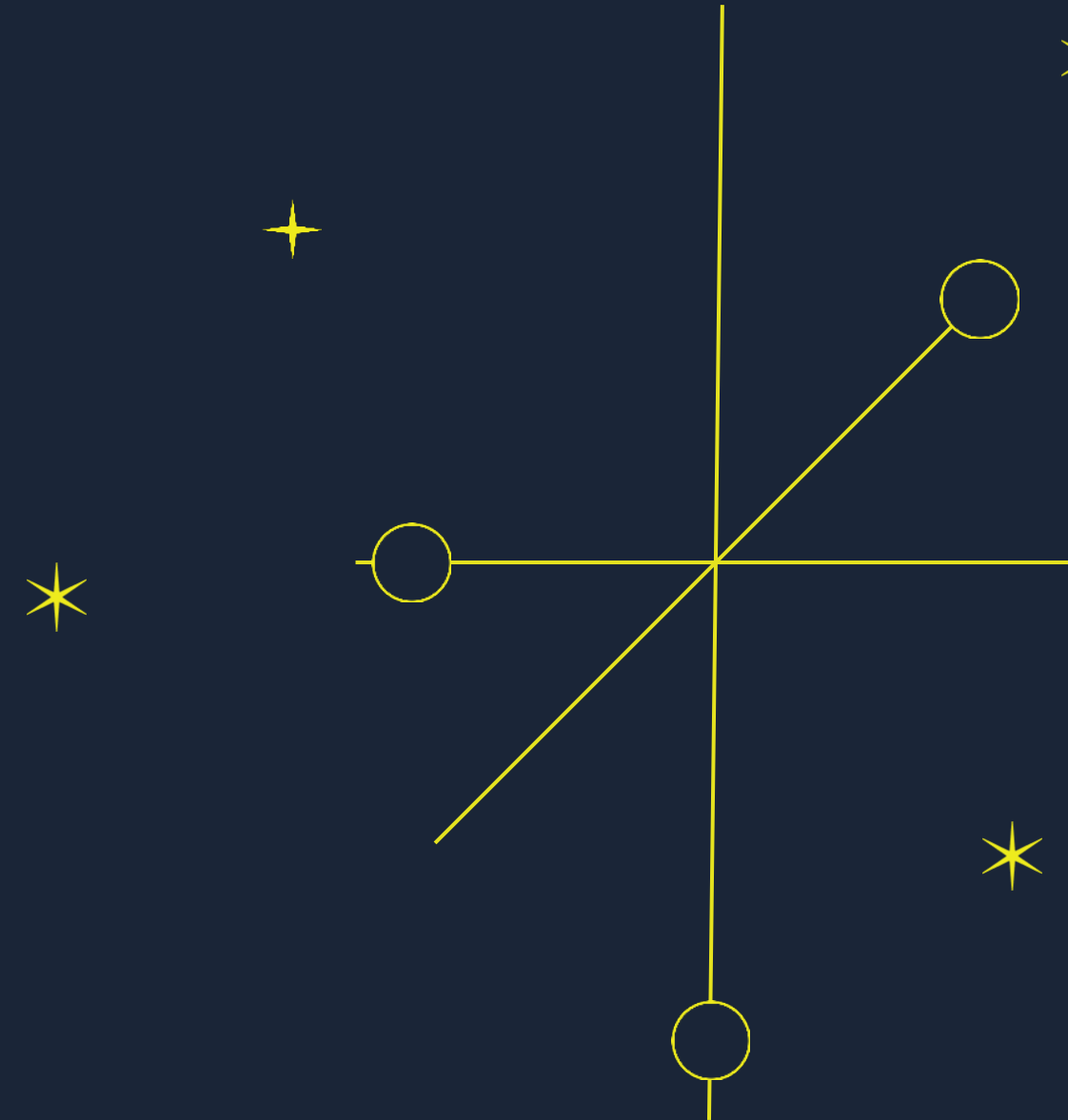
Изменения закрепляются не у отдельного организма, а в популяции. Поэтому жизнь одной особи может измениться, но эволюционный результат возникает только через наследование и размножение.

Микроэволюция продолжается сейчас

Современные популяции по-прежнему изменяются под действием отбора, дрейфа генов и изоляции. Это видно по появлению устойчивых форм, изменению частот признаков и расхождению групп.

Макроэволюция не отделена

Крупные эволюционные изменения — это не отдельный механизм, а итог длительного накопления микроэволюционных сдвигов. Разница заключается в масштабе времени и уровне организации.



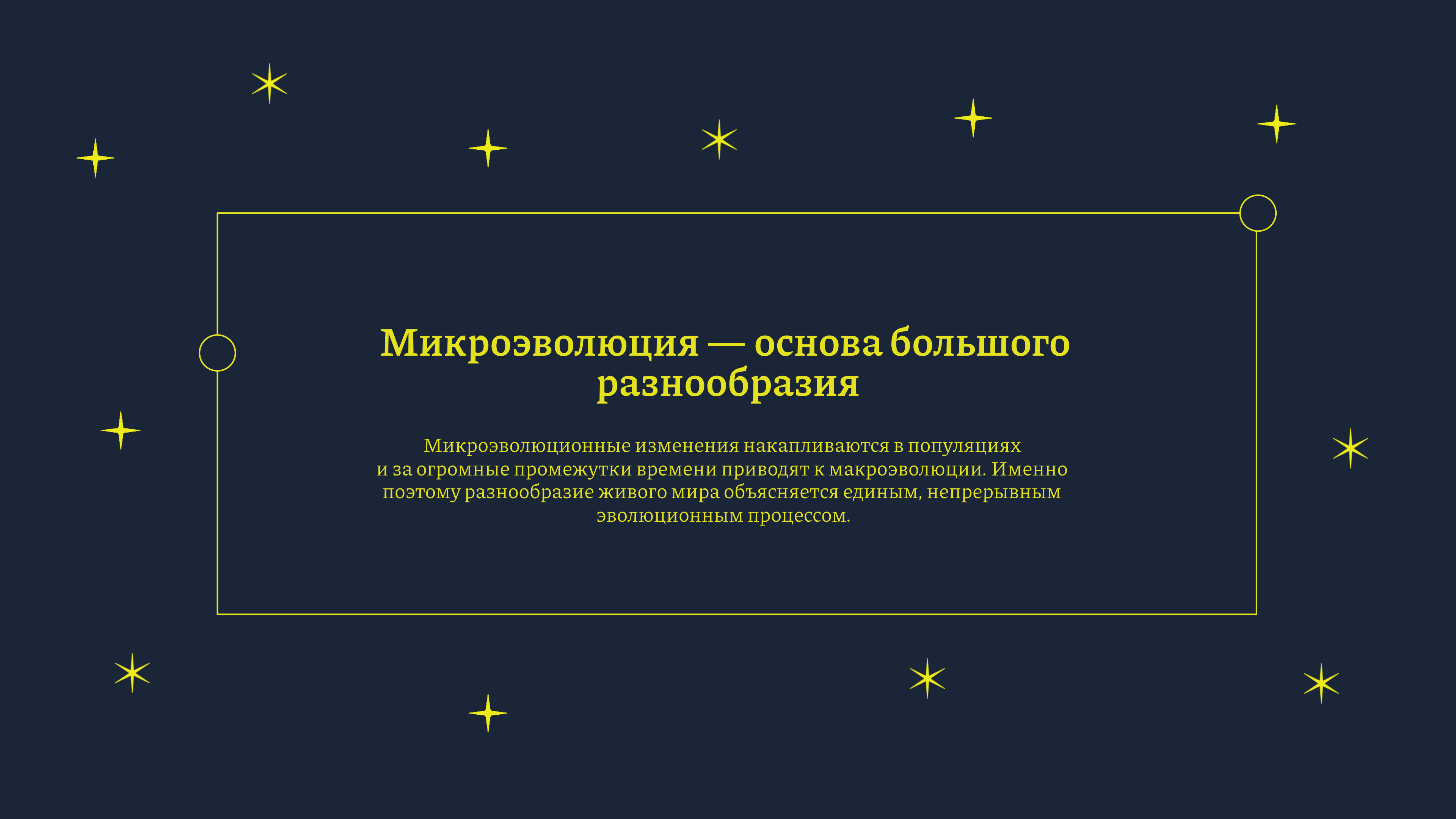
Один механизм — разные масштабы

Примеры из разных групп показывают общий эволюционный принцип: наследственная изменчивость, отбор и изоляция действуют на всех уровнях.

Разные примеры различаются масштабом и скоростью, но логика изменений одинакова: вариации сохраняются или исчезают под действием среды.

Объект	Пример	Процесс	Результат
Бактерии	в клинике	отбор	устойчивость
Насекомые	к пестицидам	мутации	приспособление
Птицы	вьюрки Дарвина	изоляция	виды
Млекопитающие	разнообразие	дивергенция	таксоны

Обобщение примеров из эволюционной биологии и учебного курса



Микроэволюция — основа большого разнообразия

Микроэволюционные изменения накапливаются в популяциях и за огромные промежутки времени приводят к макроэволюции. Именно поэтому разнообразие живого мира объясняется единым, непрерывным эволюционным процессом.