

Микроэволюция и макроэволюция

От популяционных изменений —
к происхождению новых форм жизни.

Как популяции создают разнообразие жизни

Эволюция видна не только в далёком прошлом: её механизмы работают в каждой популяции, изменяя наследственные признаки, а затем, со временем, формируют новое разнообразие видов.



Два масштаба эволюции

1 Изменения внутри популяций

Микроэволюция происходит внутри популяций и меняет частоты аллелей от поколения к поколению. Эти сдвиги могут быть небольшими, но именно они накапливаются и становятся основой дальнейших изменений.

2 Результаты на больших масштабах

Макроэволюция охватывает более крупные результаты: образование новых видов, появление новых адаптивных линий и долгие исторические тенденции, которые прослеживаются в летописи Земли.

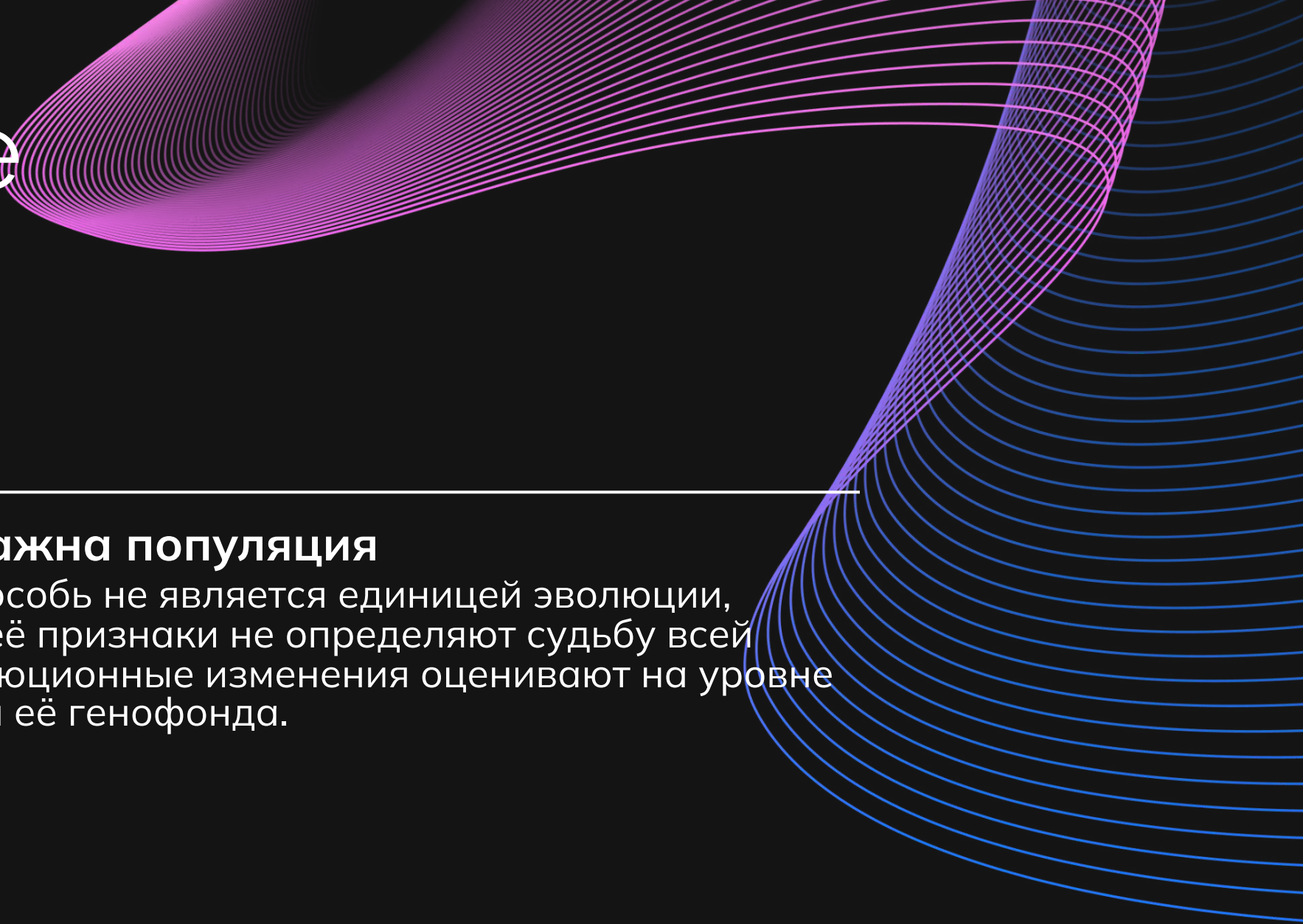
3 Один процесс — два масштаба

Оба уровня описывают один процесс, но с разной «масштабной линейкой». То, что в малом масштабе выглядит как изменение частот, в большом становится эволюционной перестройкой.

4 Преемственность доказательств

Связь между ними подтверждают палеонтология, биогеография и сравнительная анатомия: крупные изменения не возникают из ничего, а складываются из популяционных сдвигов во времени.

Популяция и вид: ключевые термины



Что такое популяция

Популяция объединяет особей одного вида, которые живут на общей территории и скрещиваются между собой. Именно в таком объединении наследственные изменения становятся заметны и измеримы.

Почему важна популяция

Отдельная особь не является единицей эволюции, потому что её признаки не определяют судьбу всей линии. Эволюционные изменения оценивают на уровне популяции и её генофонда.

Что такое вид

Вид включает все популяции, чьи особи могут давать плодородное потомство. Поэтому вид — это не просто внешнее сходство, а единая система размножения.

От расхождения к новому виду

Если между популяциями уменьшается обмен генами, они начинают расходиться сильнее. Именно так со временем могут возникать различия, достаточные для образования новых видов.

Что такое микроэволюция

1 Сдвиг аллелей

Микроэволюция начинается с того, что в популяции меняются доли разных аллелей. Эти сдвиги могут быть незаметны в одном поколении, но хорошо видны при сравнении нескольких поколений.

2 Короткий масштаб времени

Изменения происходят в сравнительно короткие сроки — от нескольких поколений до тысяч лет. Поэтому микроэволюцию можно изучать не только по ископаемым, но и в современных популяциях.

3 Локальная адаптация

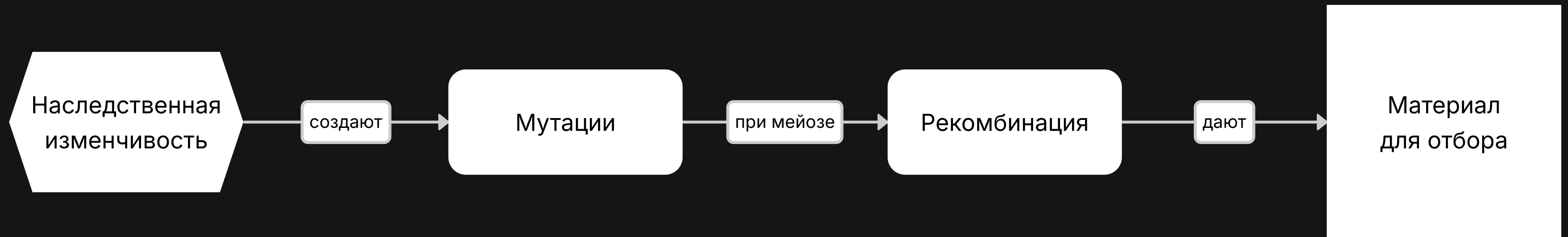
Итогом становятся локальные приспособления к среде: лучшее выживание, успешное размножение и рост устойчивости к конкретным условиям. На этом уровне различия ещё не означают новый вид.

4 Накопление различий

Со временем микроэволюционные сдвиги могут накопиться в разных популяциях одного вида. Тогда между ними усиливаются различия, а путь к видообразованию становится более вероятным.

Источник разнообразия: мутации и рекомбинация

Новые варианты возникают, а затем перераспределяются в поколениях популяции.



Генофонд и аллели: популяционный взгляд

Генофонд как целое

Генофонд — это совокупность всех аллелей популяции. Эволюцию оценивают не по одной особи, а по тому, как меняется весь набор наследственных вариантов.

Разные варианты признака

Один и тот же признак может иметь несколько генетических основ. Поэтому внешнее сходство не всегда означает одинаковый генотип, а различия в аллелях могут скрываться долгое время.

Что измеряют

Частоты аллелей показывают, какие варианты становятся более или менее распространёнными. Именно такие изменения позволяют судить о направлении эволюционных процессов в популяции.

Почему это важно

Если в поколениях накапливаются одни варианты и уменьшаются другие, это отражает действие отбора, дрейфа, миграции или изоляции. Все эти факторы работают на уровне популяции.

Естественный отбор как направляющая сила

Что делает отбор

Естественный отбор не создаёт признак «с нуля», а сохраняет уже существующие наследственные варианты, которые помогают особям выживать и оставлять потомство в конкретной среде.

Почему одни варианты растут

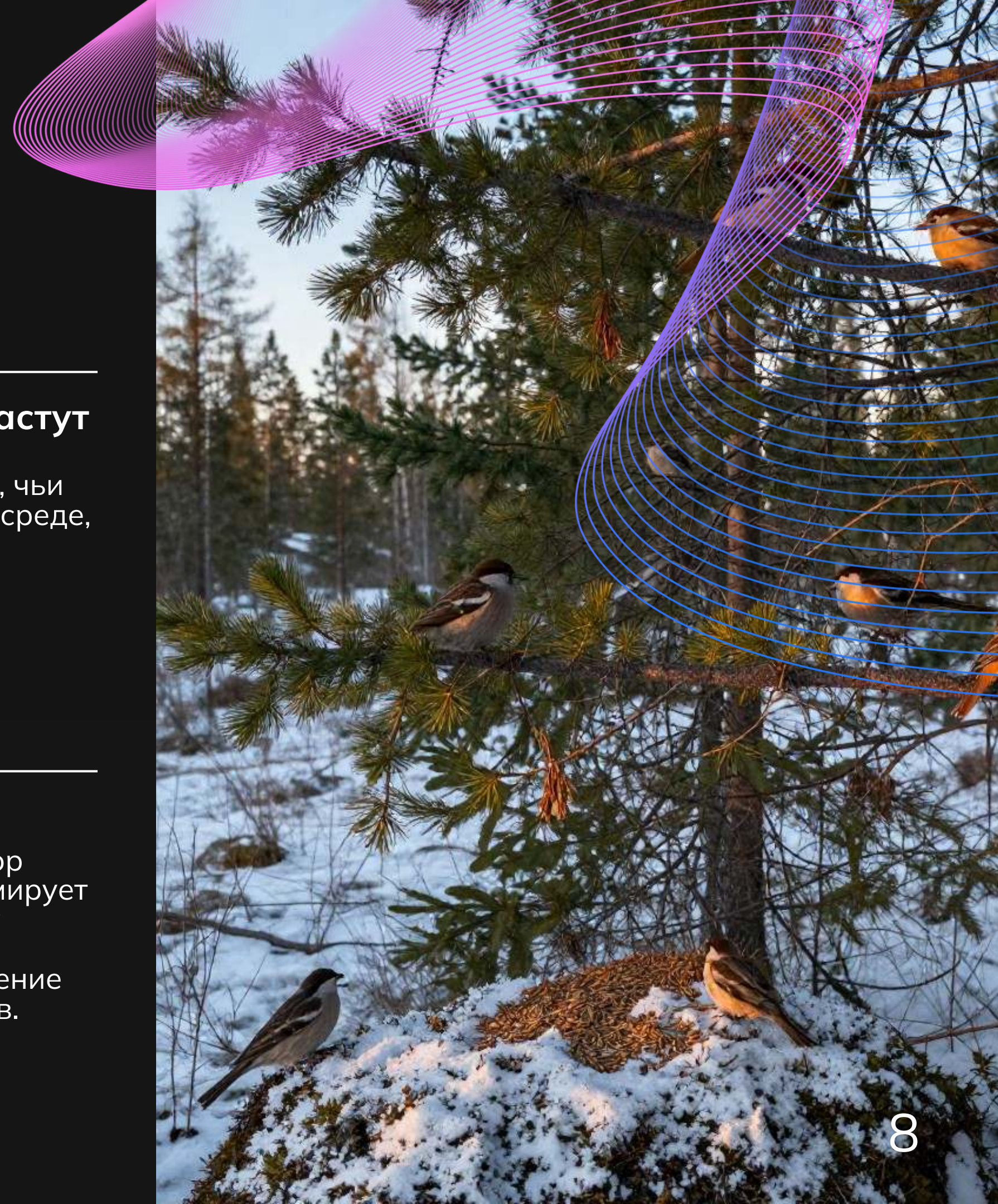
В популяции отбор действует на различия между особями. Те, чьи признаки лучше соответствуют среде, чаще передают свои аллели следующему поколению.

Зависимость от среды

Полезность признака всегда зависит от условий. Маскировка, переносимость холода или способность использовать новый корм становятся преимуществом только там, где они действительно повышают успех.

Результат отбора

Со временем именно такой отбор меняет частоты аллелей и формирует локальные адаптации. Поэтому эволюция выглядит как последовательное закрепление удачных комбинаций признаков.

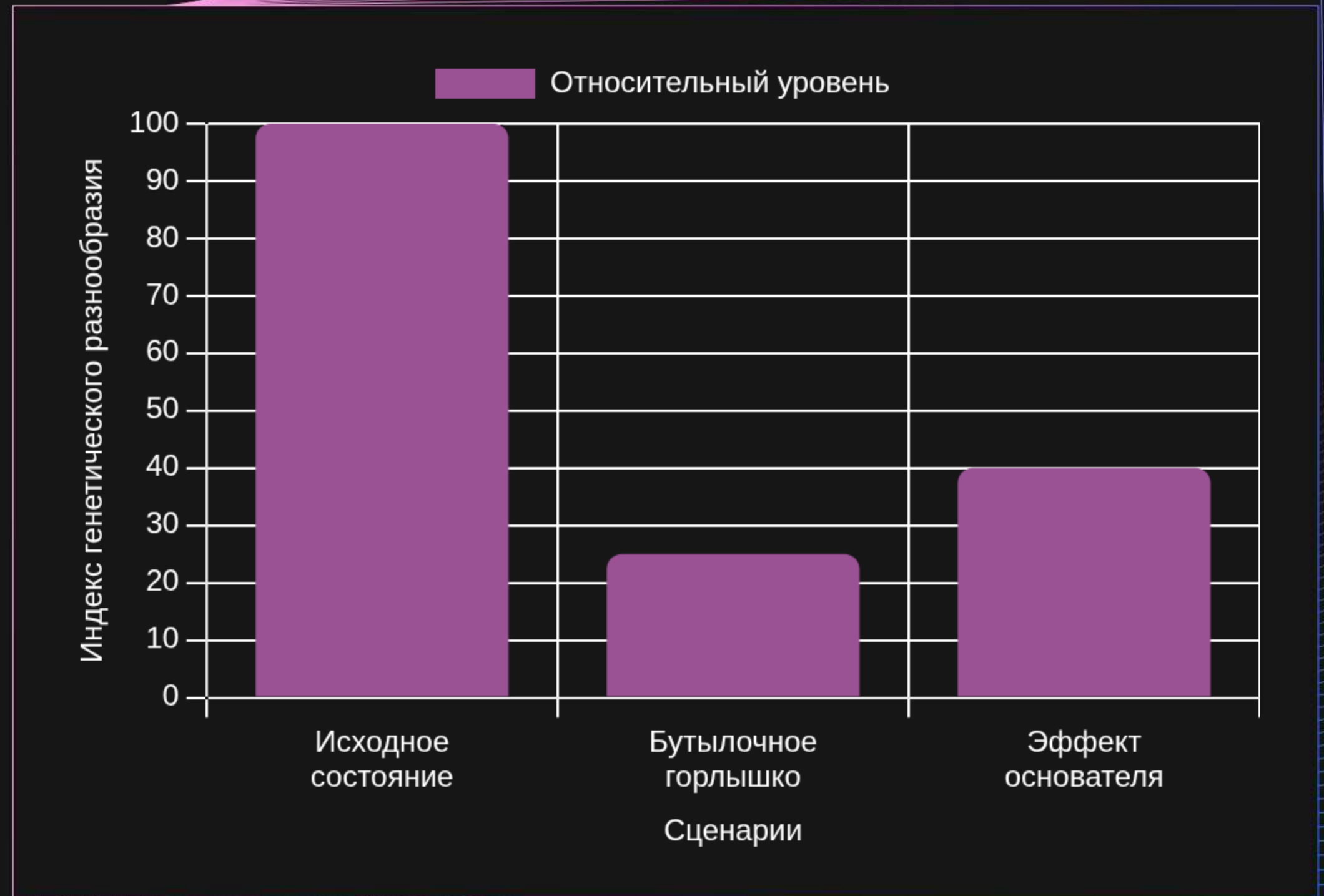


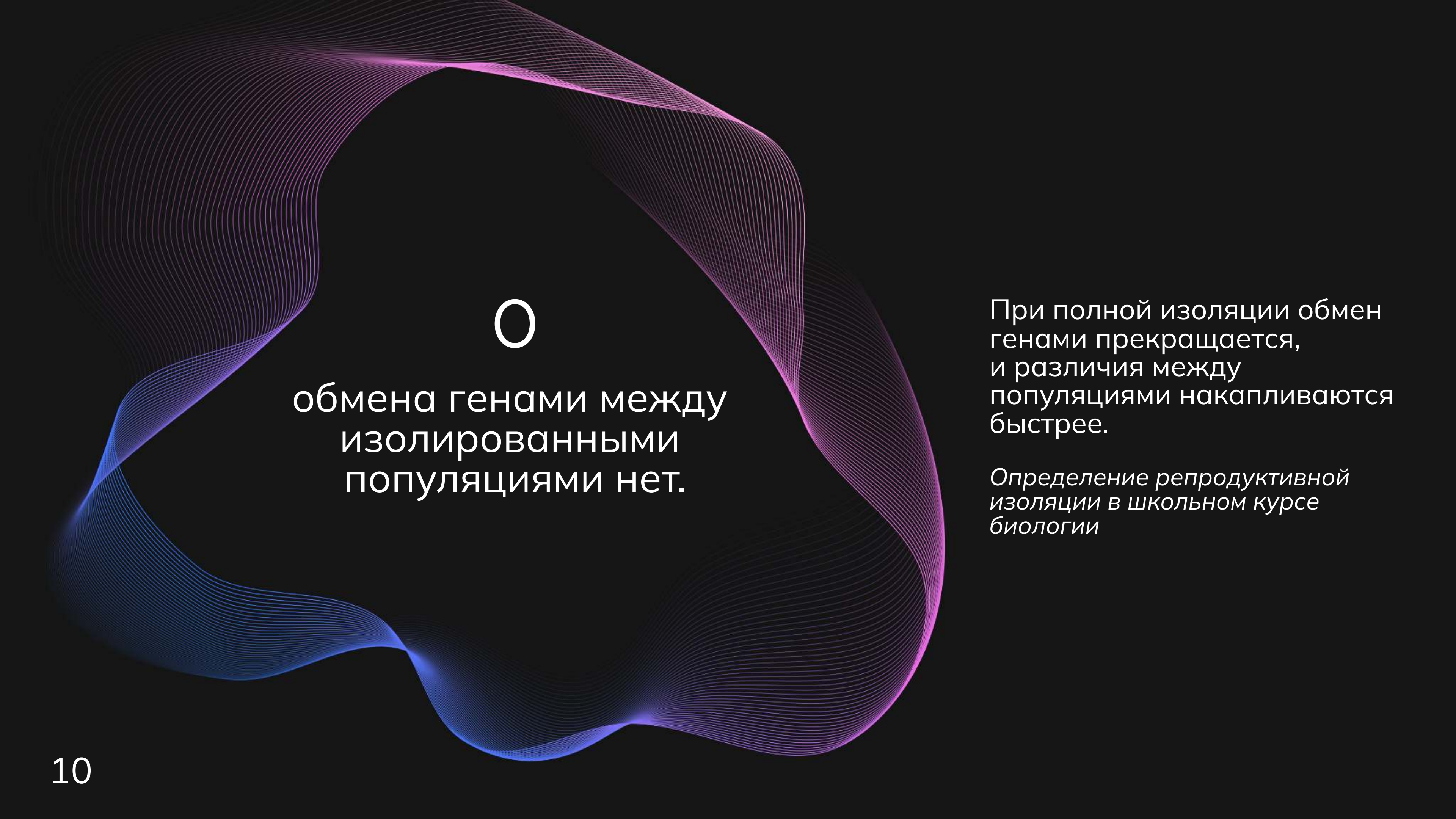
Случайность в эволюции: дрейф и два эффекта

В малых популяциях случайные события способны заметно изменить генетический состав даже без прямого действия отбора.

Оба эффекта уменьшают разнообразие, но по разным причинам: катастрофа сокращает численность, а новая колония стартует с малого набора аллелей.

Схематическая иллюстрация на основе понятий генетического дрейфа





О
обмена генами между
изолированными
популяциями нет.

При полной изоляции обмен генами прекращается, и различия между популяциями накапливаются быстрее.

Определение репродуктивной изоляции в школьном курсе биологии

Показатели микроэволюции в популяции

Что сравнивают	Что показывает
Частоты аллелей	Рост или спад вариантов
Признаки особей	Сдвиг фенотипов
Среду обитания	Фактор отбора
Поколения	Динамику изменений

— Сравнение признаков и генетических вариантов в нескольких поколениях позволяет увидеть, как меняется популяция под действием среды.

Если один и тот же вариант становится заметно чаще или реже, это фиксирует микроэволюцию как измеримый процесс, а не как абстрактную теорию.

Обобщение данных популяционной генетики и наблюдений за изменением признаков в поколениях

Как возникает устойчивость

1 Скрытая вариация

В любой популяции бактерий уже могут присутствовать редкие мутации, снижающие чувствительность к препарату. До лечения они почти незаметны и не дают явного преимущества.

2 Действие отбора

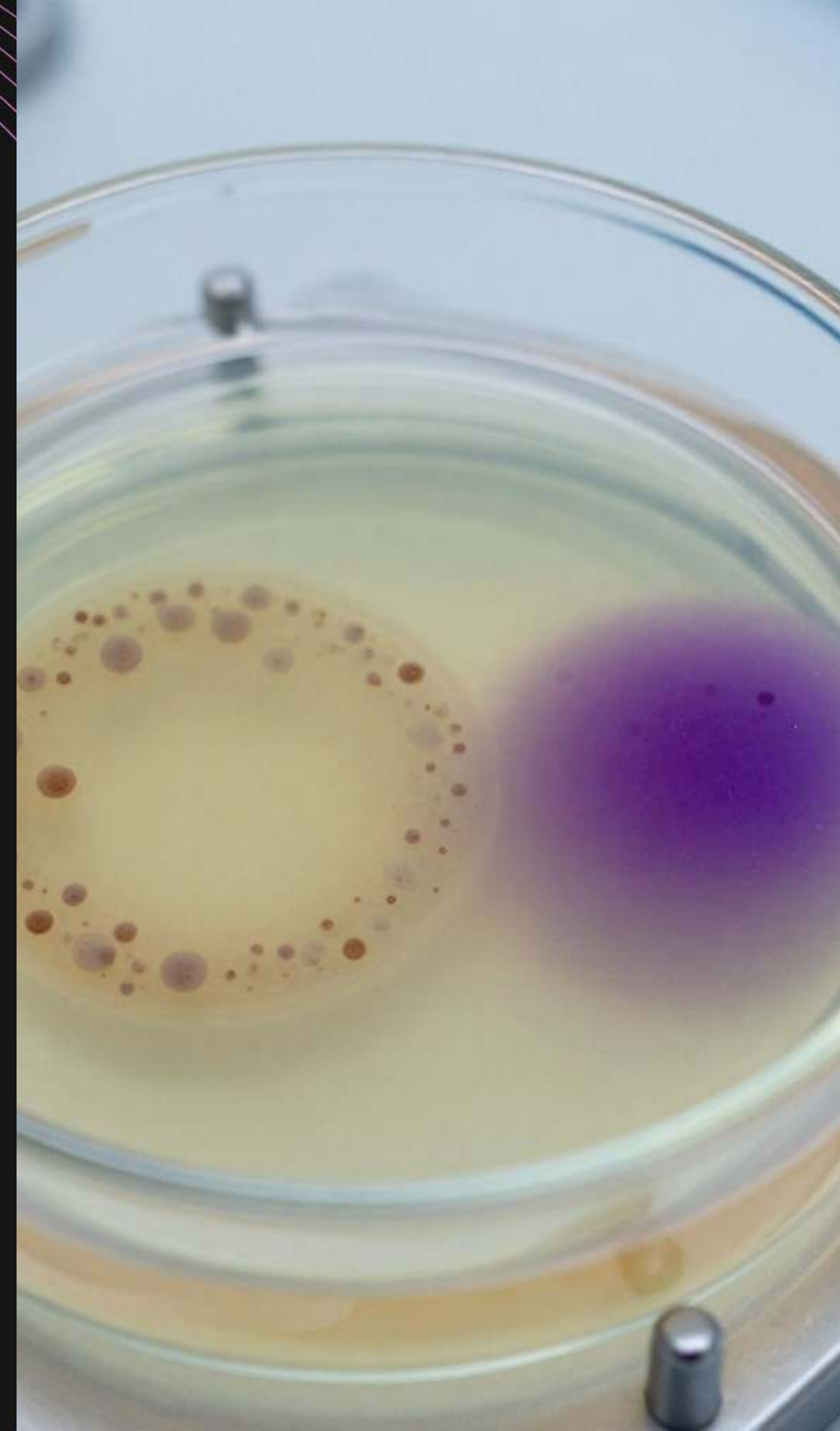
Антибиотик резко уменьшает число чувствительных клеток, но устойчивые выживают. Это не создание новой устойчивости, а отбор тех вариантов, которые уже были в популяции.

3 Быстрое размножение

После снижения конкуренции выжившие клетки быстро делятся, и доля устойчивых потомков растет. За короткое время меняется генетический состав всей бактериальной популяции.

4 Практический вывод

Именно поэтому неправильное или чрезмерное применение антибиотиков ускоряет распространение устойчивых штаммов. На уровне популяции это наглядный пример микроэволюции в реальном времени.



Эволюция на островах

Разные ресурсы

На разных островах Галапагосского архипелага вьюрки использовали разные источники пищи, и отбор поддерживал клювы, лучше подходящие к семенам, насекомым или кактусам.

Функция клюва

Форма клюва связана не только с внешним видом, но и с тем, как птица добывает пищу. Небольшие различия давали ощутимое преимущество в конкретной нише.

Разобщённые популяции

Островная изоляция ограничивала скрещивание между группами. Поэтому различия, появившиеся под действием отбора, накапливались в отдельных популяциях и не смешивались сразу.

Шаг к видообразованию

Этот пример показывает, как локальное приспособление может стать первым шагом к расхождению линий. Позднее такие различия способны привести к появлению новых видов.



Как из популяции возникают виды

Переход от микроэволюционных различий к репродуктивной изоляции и появлению отдельных видов



Что включает макроэволюция

1 Большой временной масштаб

Макроэволюция описывает изменения, которые видны не в пределах нескольких поколений, а в длинной истории жизни. Речь идет о сотнях тысяч и миллионах лет.

2 Уровни над видом

Ее результатом становятся новые виды, роды и более крупные группы. Такие события меняют структуру биоразнообразия и перестраивают эволюционные ветви.

3 Эволюционные новшества

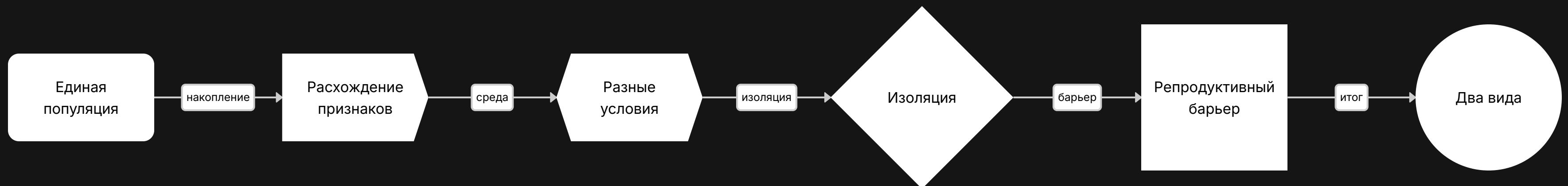
К макроэволюции относят и крупные новшества: новые способы питания, движения, защиты или размножения. Они создают возможности для освоения новых сред обитания.

4 Основа в микроизменениях

Хотя масштабы велики, макроэволюция не возникает из ничего. Она складывается из накопления изменений, которые сначала происходят в популяциях и приводят к разделению линий.

Путь к видообразованию

Схема показывает, как дивергенция популяций и появление барьеров прекращают обмен генами



Из чего складываются адаптации



Сумма малых шагов

Небольшие наследственные изменения по отдельности могут быть почти незаметны. Но в сочетании они меняют работу организма и постепенно формируют новый адаптивный комплекс.



Взаимодействие признаков

Изменения в строении, обмене веществ и поведении часто усиливают друг друга. Успешной оказывается не одна черта, а их согласованная комбинация.



Отбор комбинаций

Новые адаптации появляются не по заранее заданному плану. Сохраняются те варианты, которые в конкретной среде дают больше шансов выжить и оставить потомство.



Освоение ниш

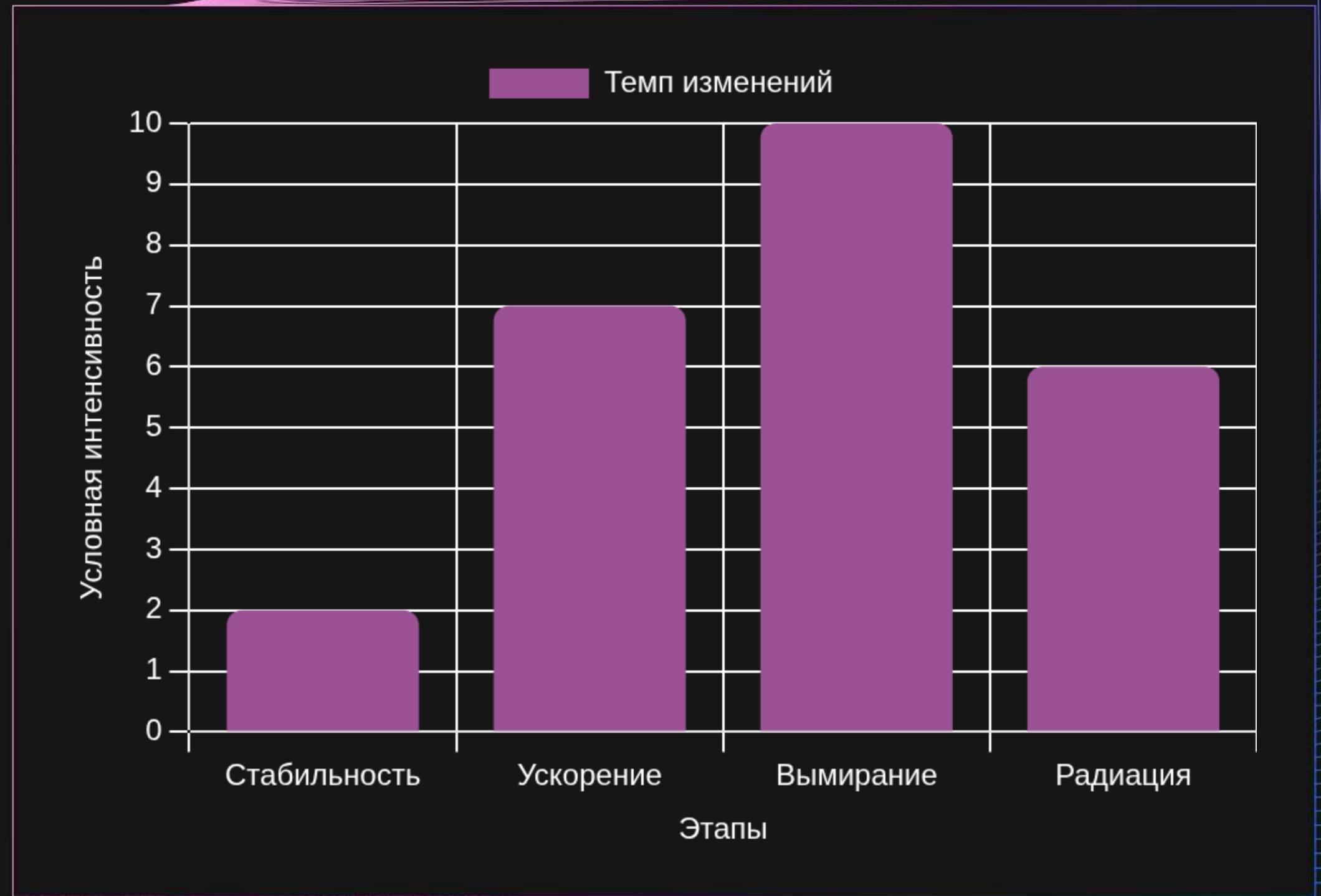
Когда среда меняется, прежний набор признаков может оказаться недостаточным. Тогда преимущества получают новые сочетания, позволяющие освоить другую нишу или ресурс.

Неравномерность макроэволюции

Разные периоды эволюции отличаются по темпу: длительная стабильность может сменяться быстрым обновлением состава видов после крупных экологических перестроек.

Макроэволюция не идет ровно: кризисы резко меняют направление развития, а после них новые линии часто быстро занимают освободившиеся ниши.

Обобщение данных палеонтологии о неравномерности темпов эволюции и массовых вымираний



Основные доказательства макроэволюции

Доказательство	Что показывает
Палеонтология	Смена форм
Биогеография	Изоляция фаун
Сравн. анатомия	Общий план
Эмбриология	Общие стадии

Три группы данных помогают увидеть макроэволюцию в разных аспектах: последовательность во времени, географическое расхождение и общность строения.

Совпадение этих данных поддерживает идею общего происхождения и постепенного расхождения линий, а не независимого появления сходных форм.

Палеонтологические, биогеографические, анатомические и эмбриологические исследования

Один процесс — два масштаба

Микроэволюция и макроэволюция — это не разные процессы, а разные масштабы одной истории. Изменения в популяциях со временем создают новые виды, разнообразие форм и крупные эволюционные линии.

