

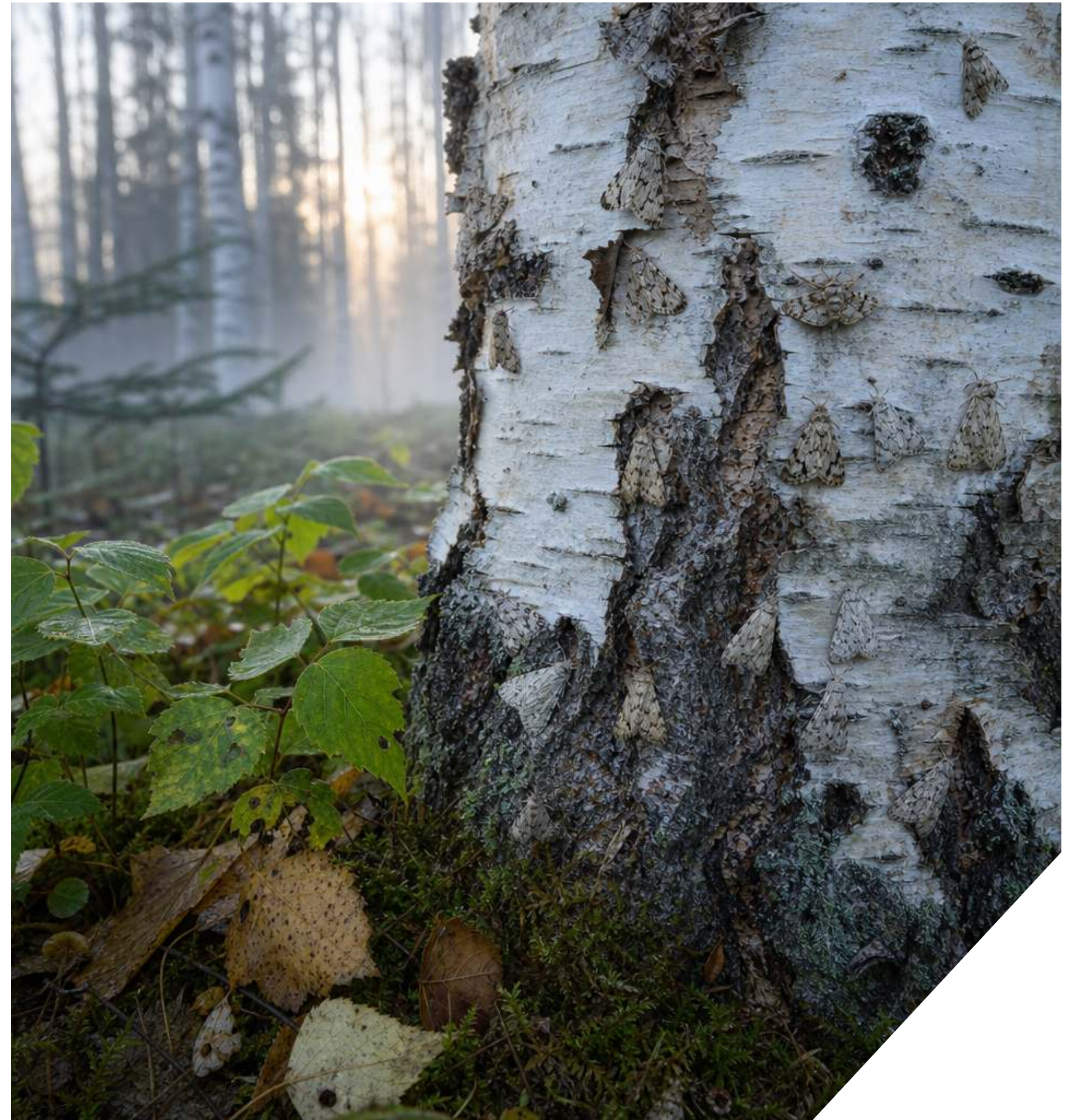
Микроэволюция и факторы эволюции

Как популяции изменяются,
приспосабливаются и расходятся
во времени.



> Почему микроэволюция важна

Эта тема показывает, как эволюция происходит прямо сейчас: в бактериях, насекомых и природных популяциях. Она связывает генетику, экологию и эволюционное учение в единую картину изменений живой природы.



01

Определение популяции

Популяция — это группа особей одного вида, длительно живущих на общей территории и свободно скрещивающихся между собой. Именно такой уровень организации позволяет проследить наследственные изменения во времени.

02

Генофонд популяции

Каждая популяция имеет собственный генофонд — совокупность всех аллелей, присутствующих у ее особей. Изменения эволюции затрагивают не отдельный организм, а именно частоты аллелей в этом генофонде.

03

Основа дальнейших изменений

На уровне популяции накапливаются наследственные различия, которые затем становятся материалом для отбора, адаптаций и, при длительном накоплении, для расхождения популяций и возможного видообразования.

Популяция как единица эволюции

> Наследственная изменчивость — материал для эволюции

Генные мутации

Генные мутации изменяют последовательность ДНК и могут менять свойства белков. Они возникают случайно и создают новые варианты наследственной информации, из которых затем может происходить отбор

Хромосомные перестройки

Изменения структуры хромосом затрагивают крупные участки генетического материала. Такие перестройки способны нарушать или, реже, изменять работу генов, формируя новые наследственные сочетания признаков.

Кроссинговер

Во время мейоза гомологичные хромосомы обмениваются участками, и это увеличивает число возможных комбинаций аллелей. Благодаря кроссинговеру потомство получает больше наследственного разнообразия.

Случайное сочетание гамет

При оплодотворении объединяются генетически разные гаметы, поэтому генотип каждого потомка оказывается уникальным. Именно это разнообразие делает действие естественного отбора возможным в каждом поколении.



> Факторы эволюции и их роль в изменении генофонда

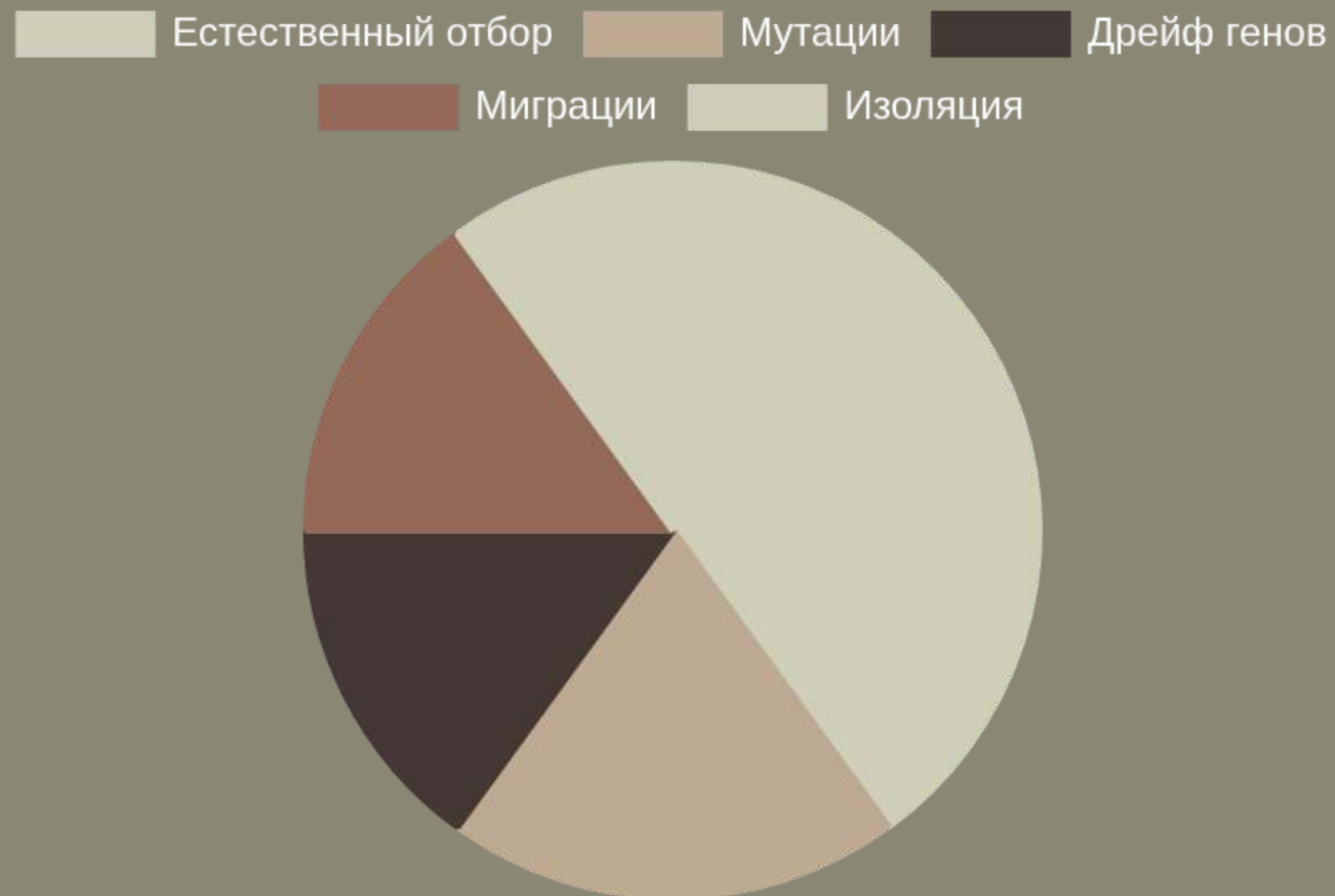


Диаграмма показывает, что разные факторы действуют по-разному: одни создают наследственные варианты, другие меняют их распространенность или ограничивают обмен генами.

Естественный отбор занимает ведущую направляющую роль, а остальные факторы обеспечивают источник, случайность и разобшение эволюционных изменений.

Схематическое распределение по материалам школьного курса общей биологии

> Естественный отбор как направляющий фактор эволюции

01 Сохранение полезных признаков

Естественный отбор повышает частоту наследственных признаков, которые помогают особям выживать и оставлять

04 **Пример березовой пяденицы**
потомство в конкретной среде. Его действие всегда зависит от условий. Индустриальный меланизм у березовой пяденицы показывает, как загрязнение среды меняет успех разных форм. На потемневших стволах темные бабочки

02 Стабилизирующий отбор

При устойчивых условиях среды преимущество получают особи со средним значением признака. Крайние варианты отбраковываются, поэтому популяция сохраняет относительное постоянство и не теряет удачное сочетание свойств.

03 Движущий и разрывающий отбор

Если среда меняется, распределение признака смещается в одну сторону; если условия неоднородны, сохраняются крайние варианты. В обоих случаях отбор изменяет структуру популяции, а не создает новые аллели.

> Мутации как источник новых аллелей

Случайное возникновение

Мутации появляются спонтанно при ошибках копирования ДНК или под действием мутагенов. К ним относят радиацию, некоторые химические вещества и вирусные воздействия, способные нарушать генетический материал.

Новые наследственные варианты

Мутации создают новые аллели, которых прежде не было в популяции. Поэтому они не только изменяют отдельные признаки, но и расширяют общий запас наследственной изменчивости.

Разные последствия

Большинство мутаций нейтральны или вредны для организма, потому что изменяют уже отлаженные биологические процессы. Однако именно редкие полезные изменения дают материал для дальнейшего отбора.

Устойчивость бактерий

Школьный пример — появление у бактерий мутаций, повышающих устойчивость к антибиотикам. Такие клетки выживают лучше, быстро размножаются и могут стать преобладающими в популяции.

> **Формы естественного отбора и их результаты**

Форма	Условия	Результат	Пример
Стабилизирующий	Постоянные	Средний фенотип	Норма развития
Движущий	Изменение среды	Сдвиг признака	Потемнение окраски
Разрывающий	Неоднородные	Крайние варианты	Разные местообитания

Сравнение показывает, как отбор действует в разных условиях среды и к каким изменениям признака приводит.

Отбор не создает новые аллели, а меняет их частоту. Его результат зависит от условий среды и формы действия.

01

Случайные изменения

Дрейф генов — это непредсказуемое изменение частот аллелей, не связанное с их полезностью или вредностью. Он особенно заметен там, где численность популяции невелика.

Бутылочное горлышко

При резком сокращении численности выживает только часть особей, и уцелевшие аллели могут быть случайными. После восстановления численности

02

Сила в малых группах

В малочисленной популяции даже случайное выживание или размножение нескольких особей заметно меняет генофонд. Поэтому последствия дрейфа там проявляются намного сильнее, чем в крупных популяциях.

03

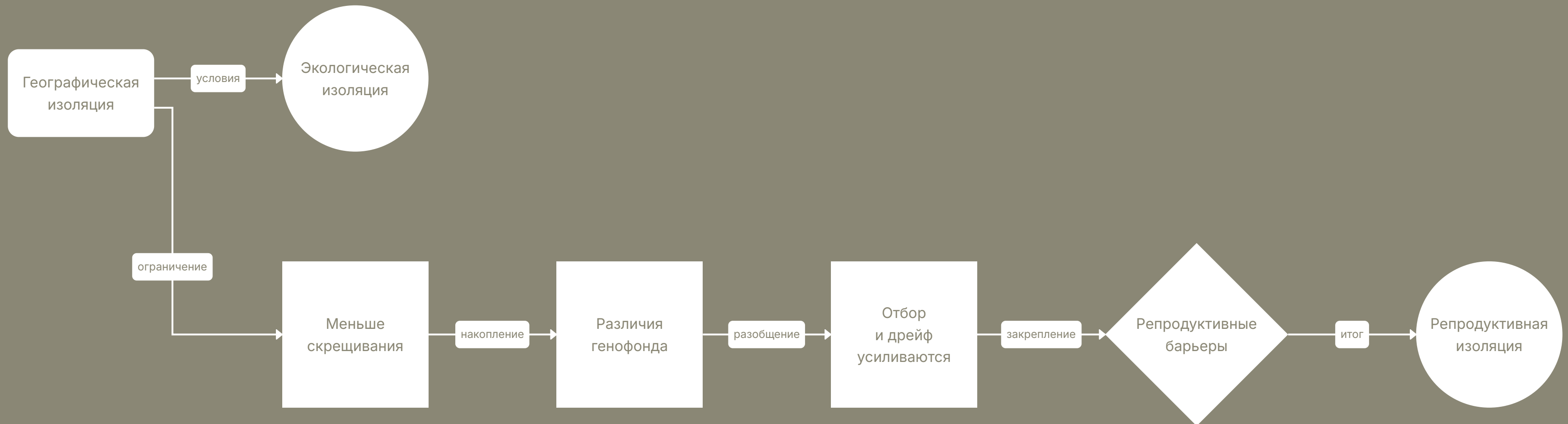
Эффект основателя

Если новая территория заселяется небольшой группой особей, их генофонд не отражает всего разнообразия исходной популяции. Так формируется эффект основателя, уменьшающий генетическую вариативность.

Дрейф генов и роль случайности в малых популяциях

> Изоляция и расхождение популяций

Схема отражает последовательность изменений, ведущих к накоплению различий и формированию репродуктивных барьеров.



> Миграции и поток генов между популяциями

Обмен аллелями

Когда особи или их гаметы переходят из одной популяции в другую, происходит поток генов. Он изменяет частоты аллелей и может быстро вносить в генофонд новые наследственные варианты.

Сближение популяций

Интенсивный обмен генами препятствует накоплению различий между популяциями одного вида. Поэтому миграции нередко замедляют расхождение групп и уменьшают вероятность быстрого видообразования.

Рост разнообразия

При умеренной миграции популяция получает дополнительное генетическое разнообразие, а это повышает ее приспособительные возможности.

Особенно заметен эффект, если в исходной группе было мало наследственной изменчивости.



> Комбинативная изменчивость и разнообразие потомства

01 Расхождение хромосом

В мейозе гомологичные хромосомы расходятся в гаметы независимо друг от друга. Благодаря этому каждая половая клетка получает собственное

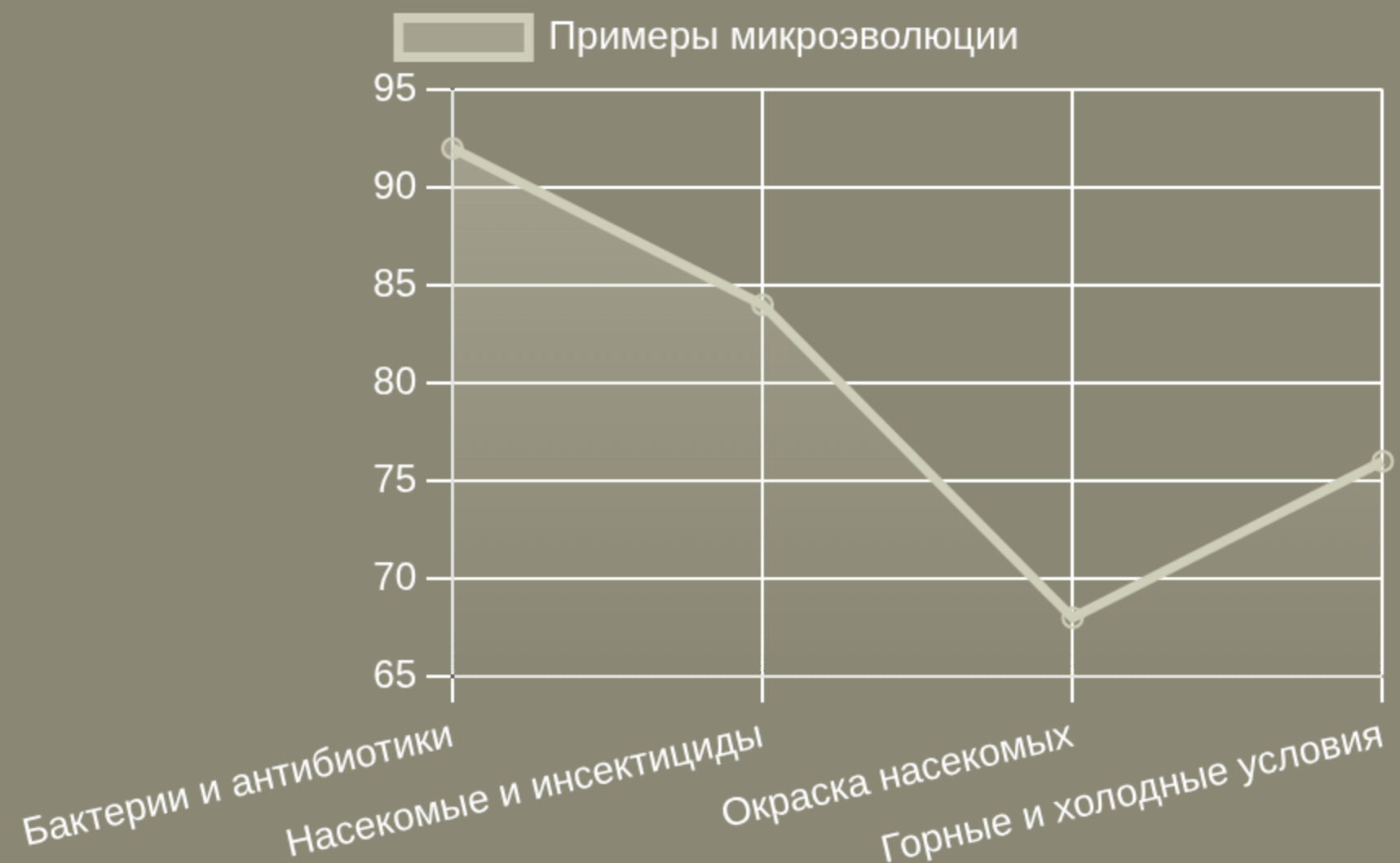
02 Кроссинговер

Во время мейоза участки гомологичных хромосом могут обмениваться фрагментами. Кроссинговер создает новые сочетания аллелей и значительно увеличивает число

03 Случайное оплодотворение

При слиянии гамет генотип потомка формируется случайно, поэтому даже у одних родителей появляются разные наследственные комбинации. Комбинативная изменчивость

> Примеры микроэволюции в природе и жизни человека



На графике показаны разные ситуации, где среда по-разному отбирает наследственные варианты. Во всех случаях изменения происходят в современных популяциях, а не только в далеком прошлом.

Чем сильнее и стабильнее действие среды, тем быстрее увеличивается доля признаков, повышающих выживание и размножение.

Школьный курс общей биологии; обобщение типичных примеров микроэволюции

> Как формируется адаптация



Отбор вариантов

Адаптация не возникает заранее по плану: среда сохраняет те наследственные варианты, которые уже помогают особям выжить и оставить потомство в конкретных условиях.



Устойчивость к холоду

Холодостойкость связана с физиологическими и биохимическими особенностями организма. Она повышает шансы на выживание в низких температурах, но может быть невыгодна в теплой среде.



Признаки строения

У растений сухих мест формируются мелкие листья, плотная кутикула и другие особенности, уменьшающие потерю воды. Эти признаки полезны только там, где дефицит влаги действительно ограничивает жизнь.



Работа ферментов

Даже незначительные различия в строении белков и ферментов влияют на скорость реакций в клетке. Поэтому один и тот же вид может быть приспособлен к разным условиям обитания.

> Сравнение основных факторов эволюции

Фактор	Действие	Источник	Генофонд
Мутации	Создают аллели	Ошибки ДНК	Обогащают
Отбор	Повышает полезные	Среда	Смещает
Дрейф	Случайные сдвиги	Случайность	Меняет

Таблица показывает, как разные факторы изменяют генофонд популяций и почему их влияние не одинаково по направленности и последствиям.

Мутации дают материал, отбор направляет изменения, а дрейф и миграции меняют частоты аллелей без прямой целевой направленности.

> Популяционные волны и их влияние на генофонд

Колебания численности

Численность популяции может резко снижаться из-за засухи, мороза, эпидемии, нехватки пищи или хищников. Такие колебания нарушают привычное соотношение генотипов в группе.

Обеднение генофонда

Когда численность восстанавливается, новая популяция часто наследует уменьшенное разнообразие. Это снижает ее устойчивость и делает набор аллелей более однообразным или искаженным.

Случайное выживание

После сильного сокращения сохраняются не все аллели, а только те, которые случайно остались у выживших особей. Поэтому генетическая структура популяции меняется независимо от полезности признаков.

Связь с дрейфом

Популяционные волны усиливают дрейф генов, потому что в малочисленной группе случайность влияет сильнее. Именно поэтому такие события имеют заметное эволюционное значение.

> Современные доказательства микроэволюции

Устойчивость в реальном времени

У бактерий, вирусов, сорняков и сельскохозяйственных вредителей изменения частот аллелей наблюдаются очень быстро. Это показывает, что микроэволюция происходит на наших

глазах, а не только в прошлом.

Молекулярные данные

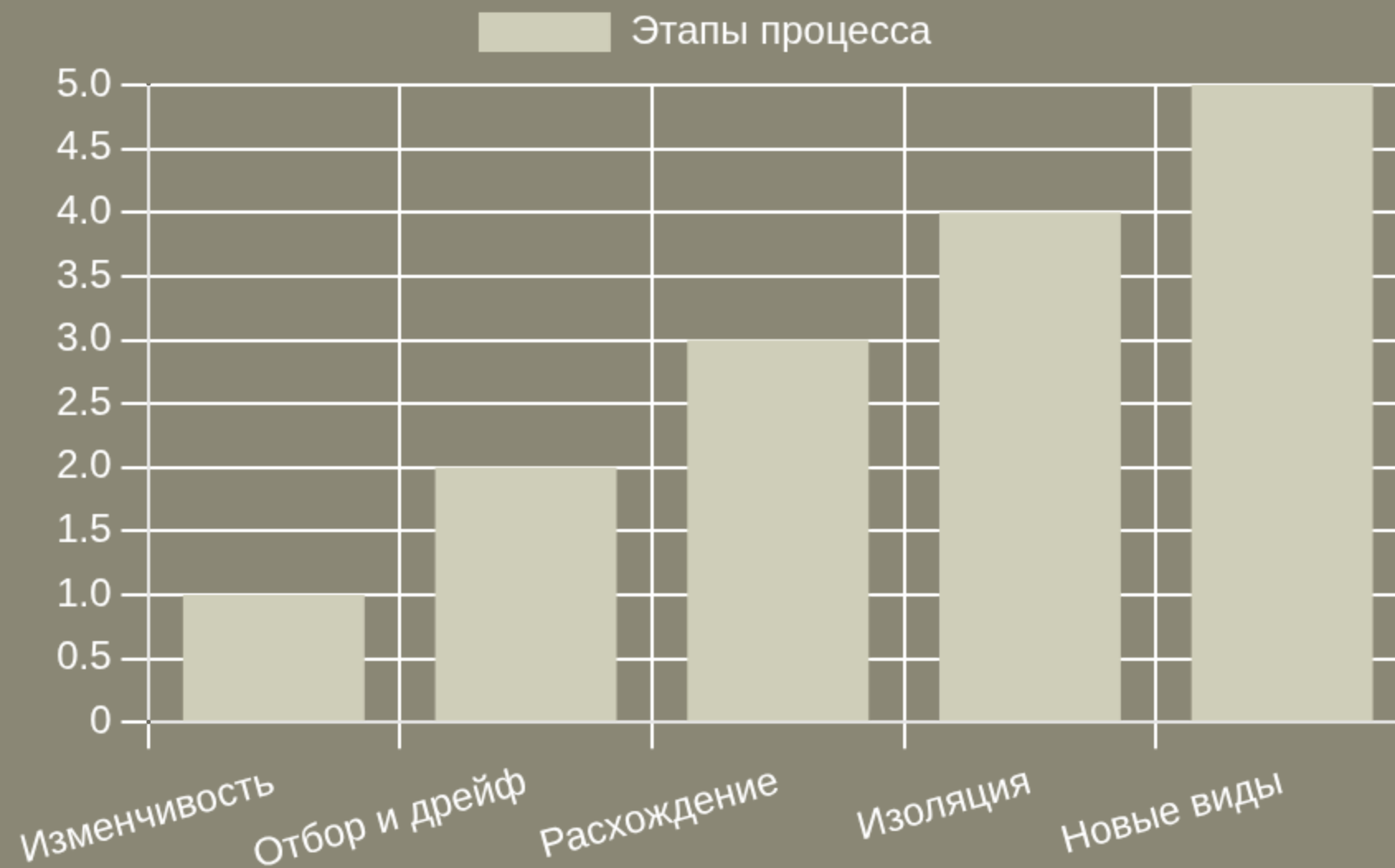
Сравнение ДНК и белков подтверждает накопление наследственных изменений. Современная генетика позволяет фиксировать микроэволюционные сдвиги даже тогда, когда внешние признаки меняются не сразу.

Действие отбора

Широкое применение антибиотиков и пестицидов создает сильное давление отбора. В результате устойчивые формы выживают чаще и постепенно преобладают в популяциях.



> От микроэволюции к видообразованию



На схеме показано, что небольшие изменения внутри популяций накапливаются постепенно. Их значение возрастает, если обмен генами ослабевает и различия закрепляются изоляцией.

Микроэволюция сама по себе не создает новый вид мгновенно, но при длительном накоплении различий становится его основой.

> Зачем знать микроэволюцию



Медицина

Понимание микроэволюции помогает объяснять появление устойчивых штаммов бактерий и вирусов. Это поддерживает осторожное и обоснованное применение лекарств, особенно антибиотиков.



Сельское хозяйство

В агрономии знания о факторах эволюции нужны для селекции сортов и борьбы с вредителями. Иначе устойчивые формы быстро распространяются и снижают эффективность защиты.



Охрана природы

В экологии микроэволюция важна для сохранения редких видов и их генетического разнообразия. Без учета изменений генофонда трудно поддерживать жизнеспособные популяции.



Ответственность человека

Человек сам влияет на отбор, создавая новые условия среды. Поэтому грамотное использование знаний о микроэволюции помогает уменьшать нежелательные последствия вмешательства в природу.

> Микроэволюция: начало больших изменений

Микроэволюция начинается с изменений частот аллелей в популяциях. Постепенно она формирует адаптации, усиливает различия между группами и при накоплении наследственных изменений ведет к видообразованию.