

ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ ЭВОЛЮЦИИ И ГЕНОФОНД ПОПУЛЯЦИИ



Как меняется наследственность
популяций во времени?



ПОЧЕМУ ЭВОЛЮЦИЯ НАЧИНАЕТСЯ В ПОПУЛЯЦИИ

Эволюция не затрагивает отдельную особь напрямую: изменения накапливаются в группе организмов, имеющих общий генофонд. Именно поэтому популяция становится основной единицей, где можно проследить наследственные сдвиги из поколения в поколение.



ИСТОЧНИКИ НАСЛЕДСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

МУТАЦИИ СОЗДАЮТ НОВИЗНУ

Мутации возникают спонтанно или под влиянием мутагенов и формируют новые аллели. Они бывают генными, хромосомными и геномными, поэтому по-разному меняют признаки и наследственные свойства организма.

01

РЕКОМБИНАЦИЯ УСИЛИВАЕТ РАЗНООБРАЗИЕ

Комбинативная изменчивость появляется при кроссинговере, независимом расхождении хромосом и случайном сочетании гамет. Благодаря ей потомство наследует новые комбинации уже существующих аллелей.

02

НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ СОХРАНЯЕТ ИЗМЕНЕНИЯ

Чтобы новый вариант признака стал материалом эволюции, он должен передаваться потомкам. Поэтому только наследственная изменчивость влияет на частоты аллелей и состав генофонда популяции.

03

РАЗНООБРАЗИЕ — ОСНОВА ОТБОРА

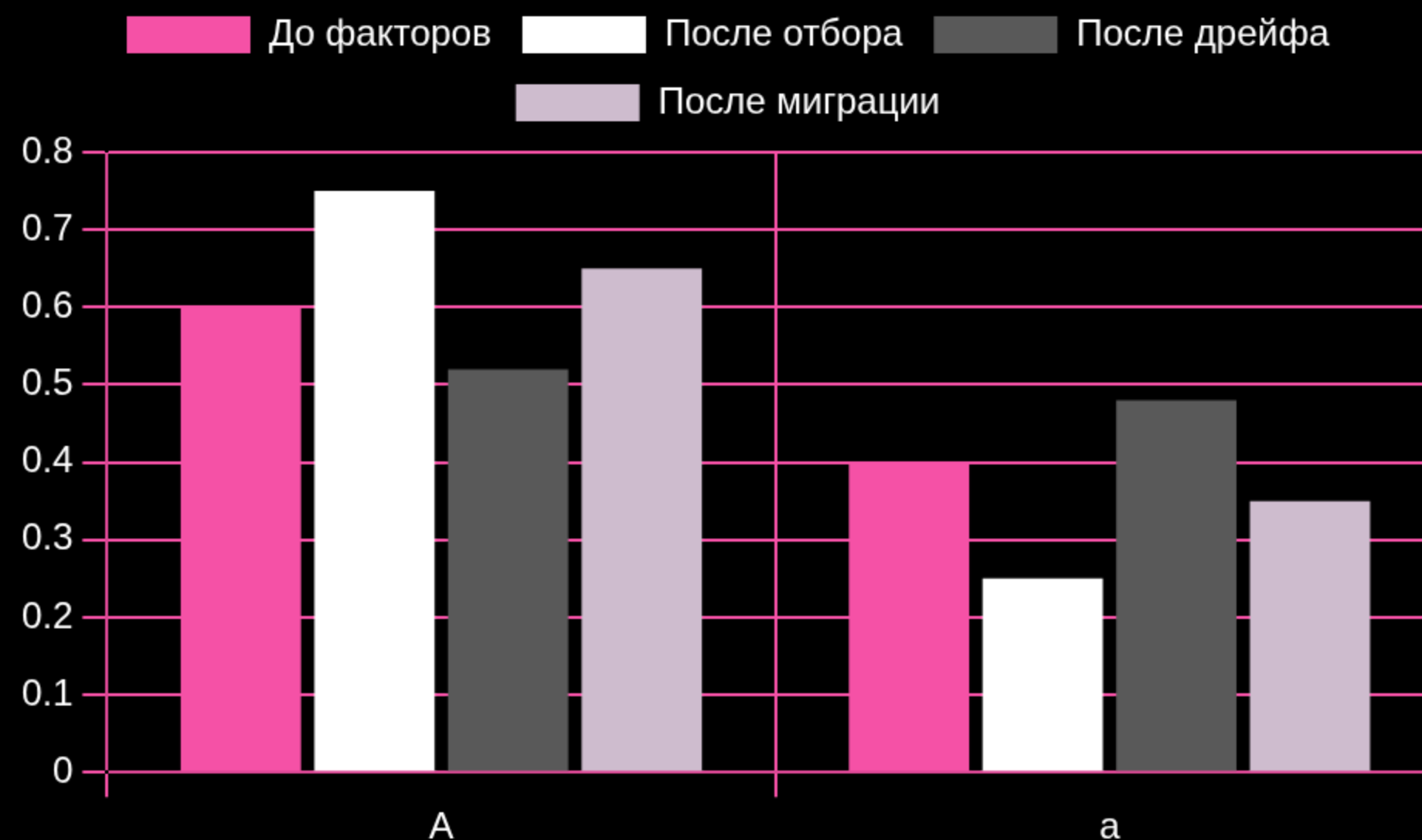
Чем больше вариантов генов и генотипов в популяции, тем выше вероятность появления приспособительных сочетаний. Без изменчивости естественный отбор не может «выбирать» более успешные формы.

04

ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТ АЛЛЕЛЕЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ФАКТОРОВ ЭВОЛЮЦИИ

Разные факторы могут действовать одновременно, поэтому итоговая картина часто сочетает направленные и случайные изменения.

Отбор увеличивает долю полезного аллеля, дрейф вносит случайность, а миграция сглаживает различия между популяциями.



Схематические значения для иллюстрации механизмов эволюции.

МУТАЦИИ КАК ПЕРВИЧНЫЙ ИСТОЧНИК НОВИЗНЫ



Точечная замена в ДНК

Одна замена нуклеотида может изменить кодон и, как следствие, белок или регуляцию гена. Иногда эффект почти незаметен, но именно такие мелкие изменения накапливают наследственное разнообразие, с которого начинается эволюционный отбор.



Перестройка хромосомы

Крупные изменения затрагивают участки хромосом: возникают делеции, дупликации, инверсии и транслокации. Они способны резко менять работу генов, поэтому последствия бывают как разрушительными, так и редкими, но полезными для организма в новых условиях.



Когда мутация помогает выжить

Полезные мутации встречаются нечасто, однако именно они закрепляются отбором. Известные примеры – устойчивость бактерий к антибиотикам и серповидноклеточный аллель, который в гетерозиготном состоянии повышает защиту от малярии.

ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР И ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ



СОХРАНЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ПРИЗНАКОВ

Естественный отбор увеличивает шанс оставить потомство у особей, чьи признаки лучше соответствуют среде. В результате адаптивные аллели встречаются чаще, а неблагоприятные варианты постепенно уменьшаются.



СТАБИЛИЗИРУЮЩИЙ ОТБОР

Он сохраняет средние значения признака, если именно они наиболее выгодны в привычных условиях. Крайние отклонения от нормы оказываются менее успешными и реже передаются следующим поколениям.



ДВИЖУЩИЙ ОТБОР

При изменении среды преимущество получает новый вариант признака, смещающий прежнюю норму. Такой отбор особенно заметен, когда условия становятся иными, например при изменении климата или пищевой базы.

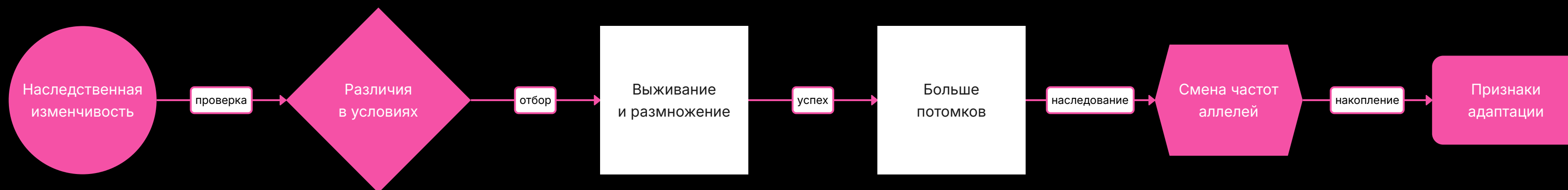


РАЗРЫВАЮЩИЙ ОТБОР

Он благоприятствует сразу двум крайним формам признака и ослабляет промежуточные. Это поддерживает разнообразие внутри популяции и может создавать предпосылки для дальнейшего расхождения групп.

КАК ДЕЙСТВУЕТ ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР

Схема показывает последовательность: от наследственной изменчивости к росту приспособленности популяции.



ДРЕЙФ ГЕНОВ В МАЛЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ

Случайность вместо пользы

Дрейф генов изменяет частоты аллелей не потому, что они полезны или вредны, а из-за случайных событий. Поэтому его результат невозможно заранее предсказать, особенно в маленьких популяциях.

Почему малые группы уязвимы

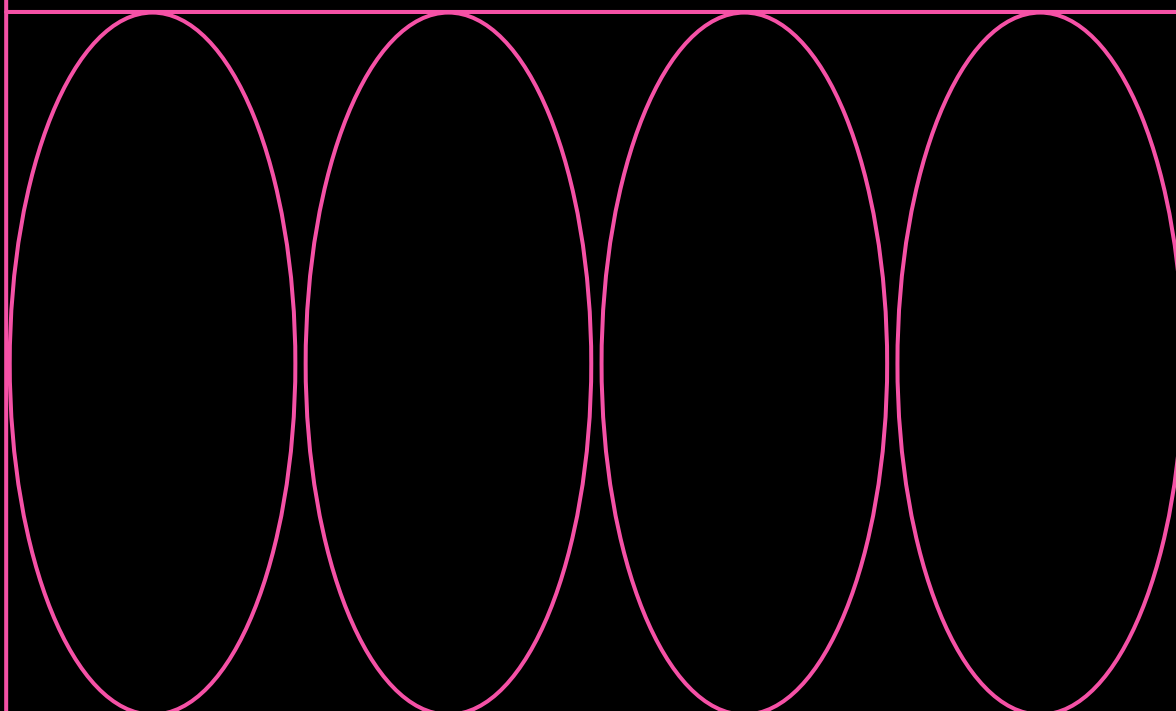
Когда особей немного, даже одно случайное событие может заметно сократить число носителей редкого аллеля. В крупных популяциях такие колебания сглаживаются и происходят медленнее.

Эффект основателя

Если новая популяция возникает из небольшой группы переселенцев, её генофонд оказывается «срезом» исходного разнообразия. Частоты аллелей в ней могут сильно отличаться от материнской популяции.

Бутылочное горлышко

Резкое сокращение численности после катастрофы или эпидемии уменьшает разнообразие случайным образом. Уцелевшие особи определяют будущий генофонд, даже если их аллели были редкими.



СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕНОФОНДА

Фактор	Влияние
Мутации	новые аллели; медленно
Отбор	направленно; по приспособленности
Дрейф	случайно; сильнее в малых
Миграции	смешение; выравнивание
Изоляция	разделение; расхождение

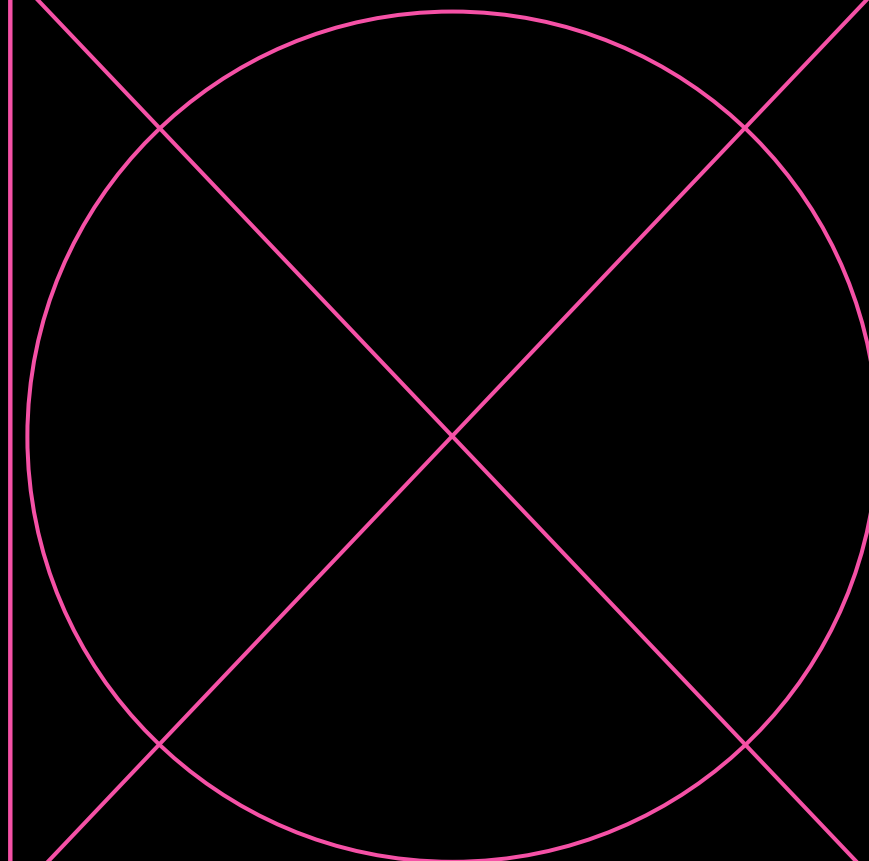
Краткое сопоставление показывает, как каждый фактор изменяет наследственный состав популяции.

Факторы эволюции различаются по направленности и скорости, но вместе определяют рост, сохранение или потерю генетического разнообразия.

Схематическое обобщение основных положений популяционной генетики.



ПОТОК ГЕНОВ И МИГРАЦИИ



Перемещение особей

Часть особей покидает исходную популяцию и оказывается в новой среде. Вместе с ними переносятся аллели, которые раньше были характерны только для одной группы.

01

Скращивание популяций

При размножении переселенцев с местными особями новые аллели включаются в общий генофонд. Это увеличивает разнообразие внутри популяции и меняет частоты генов.

02

Итог для эволюции

Поток генов уменьшает различия между популяциями, но одновременно расширяет их наследственную базу. Он играет важную роль в расселении видов и в обмене генетическими линиями.

03

ИЗОЛЯЦИЯ КАК ФАКТОР РАСХОЖДЕНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ



ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ

Реки, горные хребты и моря разрывают непрерывный ареал и ограничивают скрещивание особей. Чем реже происходит обмен генами, тем быстрее накапливаются наследственные различия между частями популяции.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗЛИЧИЯ

Даже без физической преграды популяции могут жить в разных биотопах и использовать разные ресурсы. Тогда естественный отбор действует по-разному, а генофонды постепенно расходятся по частотам аллелей.

РЕПРОДУКТИВНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

Несовпадение сроков размножения, поведения или строения половых органов снижает вероятность успешного спаривания. Такой барьер особенно важен у близких видов, которые уже почти не обмениваются наследственным материалом.

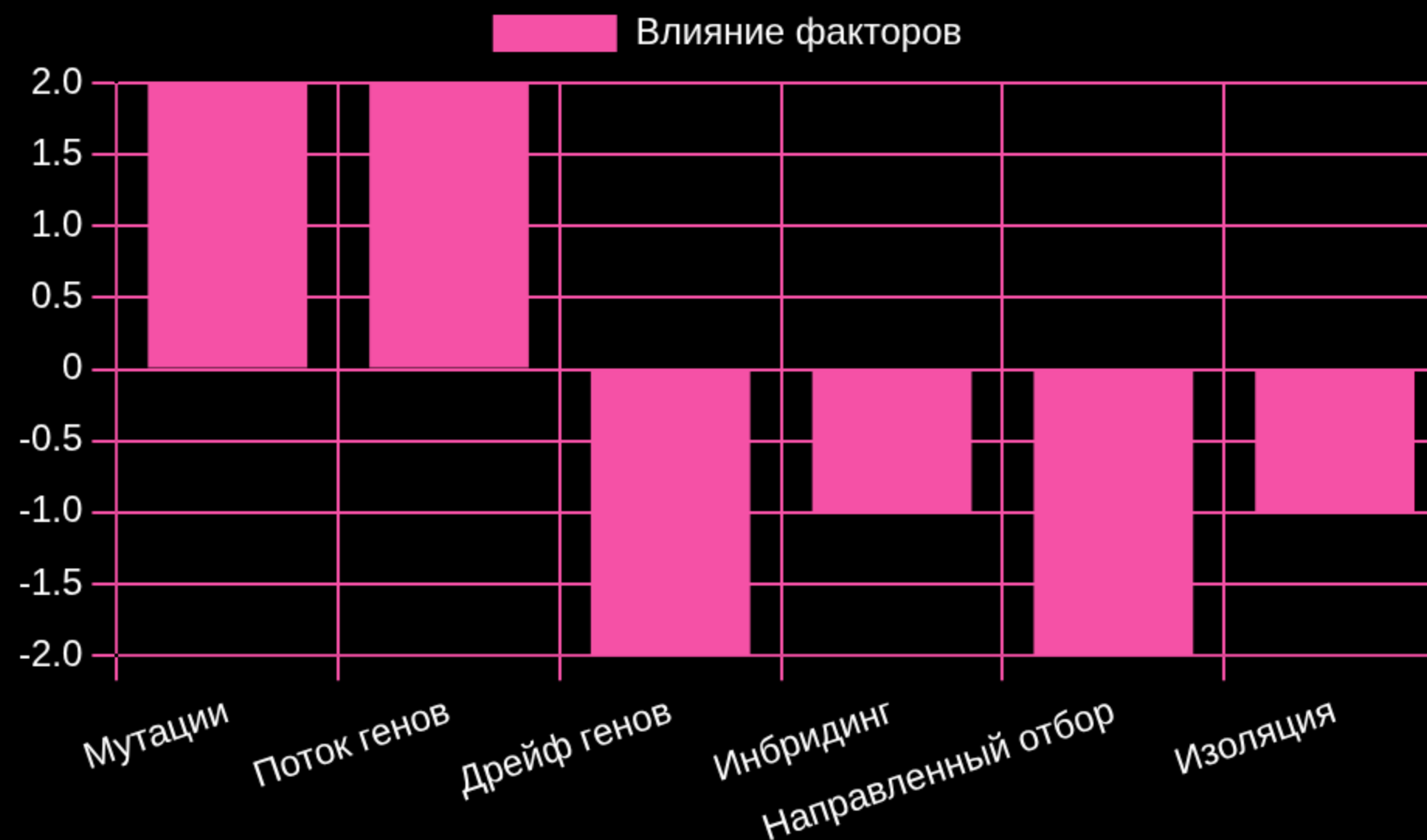
ПУТЬ К ВИДООБРАЗОВАНИЮ

Если изоляция сохраняется долго, накопленные различия становятся устойчивыми и затрагивают не только отдельные признаки, но и весь комплекс свойств. В итоге популяции могут превратиться в самостоятельные виды.

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ НА ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ

Диаграмма отражает общий баланс процессов: одни факторы создают новые варианты, другие сужают наследственную изменчивость, а изоляция меняет её распределение между популяциями.

Разнообразие сохраняется, когда источник новых аллелей успевает компенсировать их потерю под действием дрейфа, отбора и близкородственного скрещивания.



ПРИ СЛУЧАЙНОМ СКРЕЩИВАНИИ И ОТСУТСТВИИ ОТБОРА, МУТАЦИЙ И МИГРАЦИЙ ПОПУЛЯЦИЯ МОЖЕТ СОХРАНЯТЬ ПОСТОЯННЫЕ СООТНОШЕНИЯ ГЕНОТИПОВ ИЗ ПОКОЛЕНИЯ В ПОКОЛЕНИЕ.

3

условия должны соблюдаться
одновременно, чтобы частоты
генотипов оставались стабильными

Закон Харди–Вайнберга

БАЛАНСИРУЮЩИЙ ОТБОР И СОХРАНЕНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА

ПРЕИМУЩЕСТВО ГЕТЕРОЗИГОТ

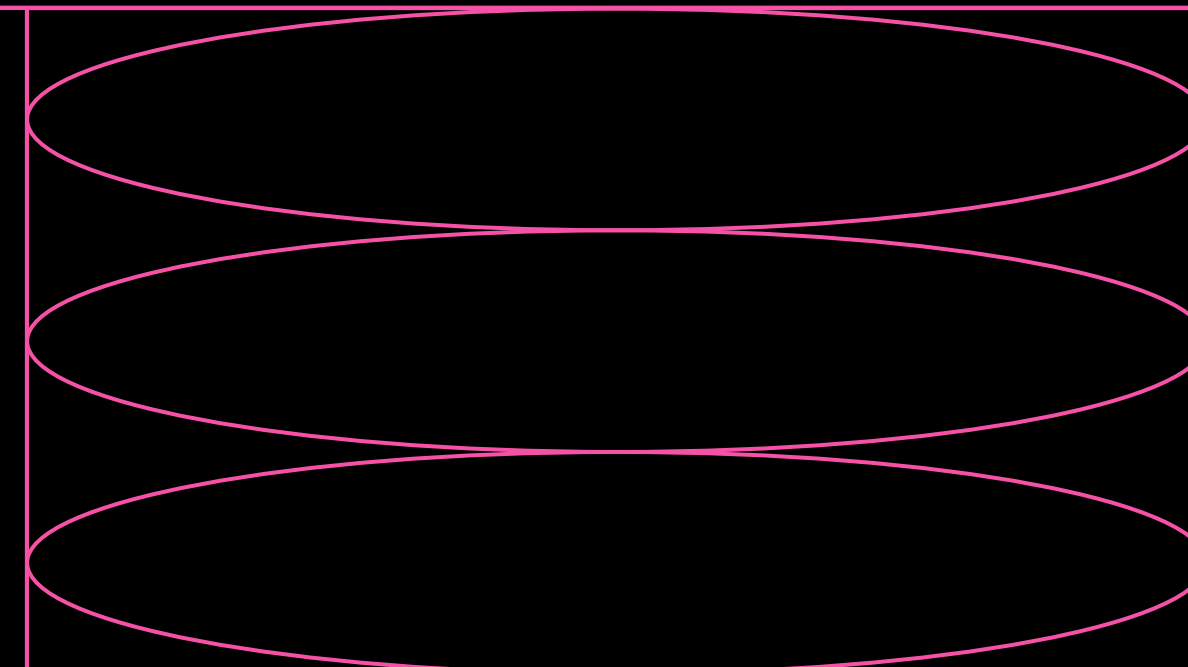
Если особи с двумя разными аллелями выживают или размножаются успешнее, редкие варианты не исчезают. В результате в популяции сохраняются оба аллеля, а наследственная изменчивость остается высокой.

01

ЧАСТОТНО-ЗАВИСИМЫЙ ОТБОР

Преимущество признака может зависеть от его распространённости. Когда редкий вариант становится выгодным именно потому, что он редкий, отбор поддерживает несколько форм одновременно, а не вытесняет их полностью.

02



РАЗНЫЕ УСЛОВИЯ СРЕДЫ

Один и тот же генотип может быть полезен в одном местообитании и менее выгоден в другом, а также по-разному проявляться в разные сезоны. Тогда разнообразие помогает популяции не потерять устойчивость.

03

РЕЗЕРВ ДЛЯ БУДУЩЕГО

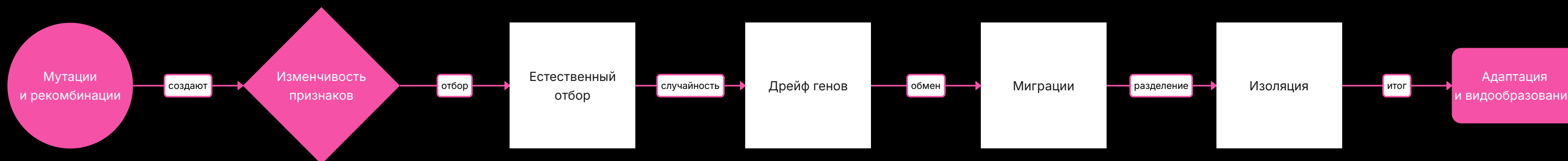
Сохранённый полиморфизм работает как запас наследственных вариантов. Он повышает шансы популяции пережить изменения климата, появление паразитов или новые источники пищи без резкого падения численности.

04



Путь от наследственной изменчивости к адаптации

Схема показывает, как несколько эволюционных факторов последовательно меняют генофонд популяции и ведут к её приспособлению к среде.



ПРИМЕРЫ ДЕЙСТВИЯ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ФАКТОРОВ

Краткие примеры показывают, как разные процессы по-разному меняют генофонд: одни увеличивают разнообразие, другие закрепляют или случайно теряют аллели.

Один и тот же генофонд может меняться как за счёт появления новых вариантов, так и из-за их случайной утраты или обмена между популяциями.

Фактор	Пример	Результат
Мутации	Антибиотикоустойчивость	Новый аллель
Дрейф генов	Эффект основателя	Случайный сдвиг
Поток генов	Перенос пыльцы	Смешение аллелей
Изоляция	Галапагосские вьюрки	Расхождение линий

ЧЕЛОВЕК И ИЗМЕНЕНИЕ ГЕНОФОНДА



МИГРАЦИИ И СМЕШЕНИЕ

История расселения Homo sapiens – это постоянное перемещение групп и обмен наследственным материалом между регионами. Такие контакты выравнивали частоты многих аллелей и увеличивали генетическое разнообразие в смешанных популяциях.



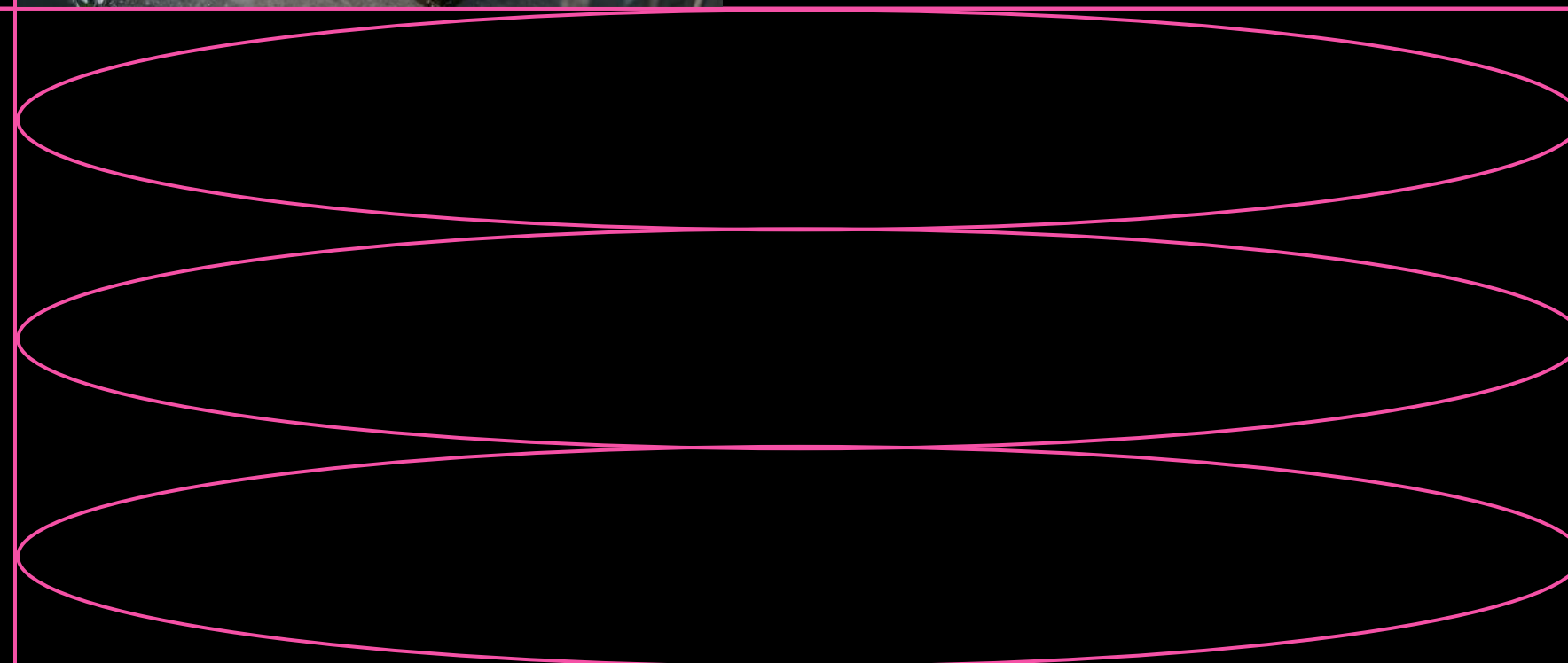
ИЗОЛИРОВАННЫЕ СООБЩЕСТВА

В небольших и замкнутых группах изменения шли иначе: дрейф и браки внутри сообщества дольше сохраняли редкие варианты или, наоборот, быстро их утрачивали. Поэтому локальные особенности наследования могли закрепляться на протяжении многих поколений.



НАСЛЕДСТВЕННЫЕ ПРИЗНАКИ

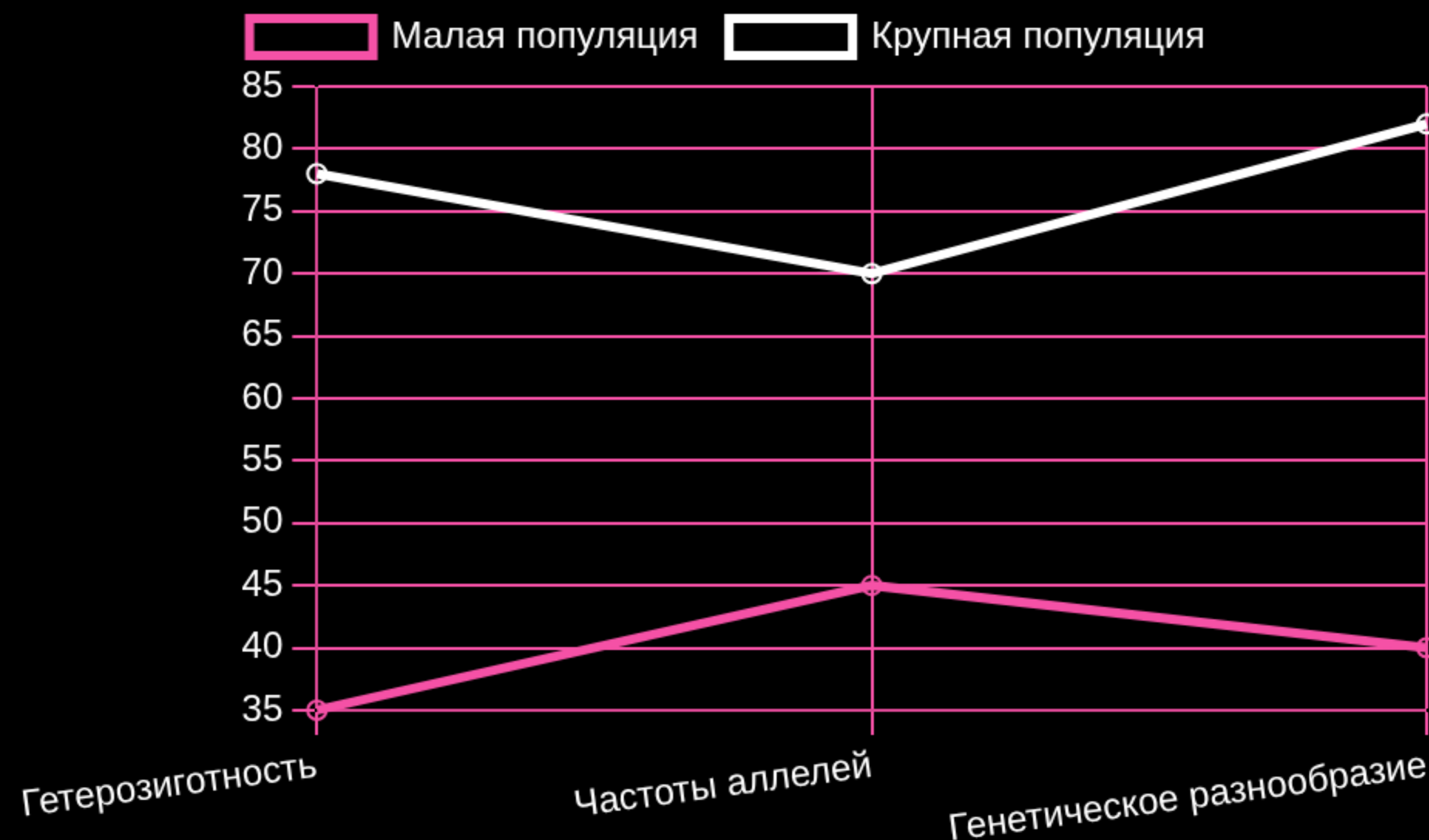
Изучение наследования отдельных признаков у человека показывает, что эволюционные факторы действуют и сегодня. Они не отменяют индивидуальные различия, а формируют популяционные частоты генов, влияющие на здоровье и устойчивость к среде.



ПОЧЕМУ МАЛЫЕ ПОПУЛЯЦИИ УЯЗВИМЫЕ

В малых группах случайные колебания сильнее, а близкородственное скрещивание быстрее сокращает число разных генотипов. Это делает популяцию менее устойчивой к изменениям среды.

Чем больше численность, тем медленнее теряется разнообразие и тем выше вероятность сохранить редкие, но потенциально полезные аллели.



ЭВОЛЮЦИОННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕНОФОНДА



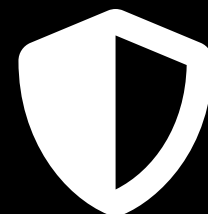
МИКРОЭВОЛЮЦИЯ

Изменение частот аллелей в популяции – это основной механизм микроэволюции. Именно на этом уровне накапливаются наследственные сдвиги, которые затем становятся заметны в признаках организмов.



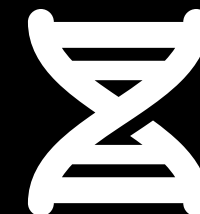
РИСК ПОТЕРИ ВАРИАЦИЙ

Когда аллели исчезают, сужается набор возможных ответов на изменения среды. Тогда даже небольшое ухудшение условий может резко снизить численность и помешать дальнейшему воспроизводству.



УСТОЙЧИВОСТЬ

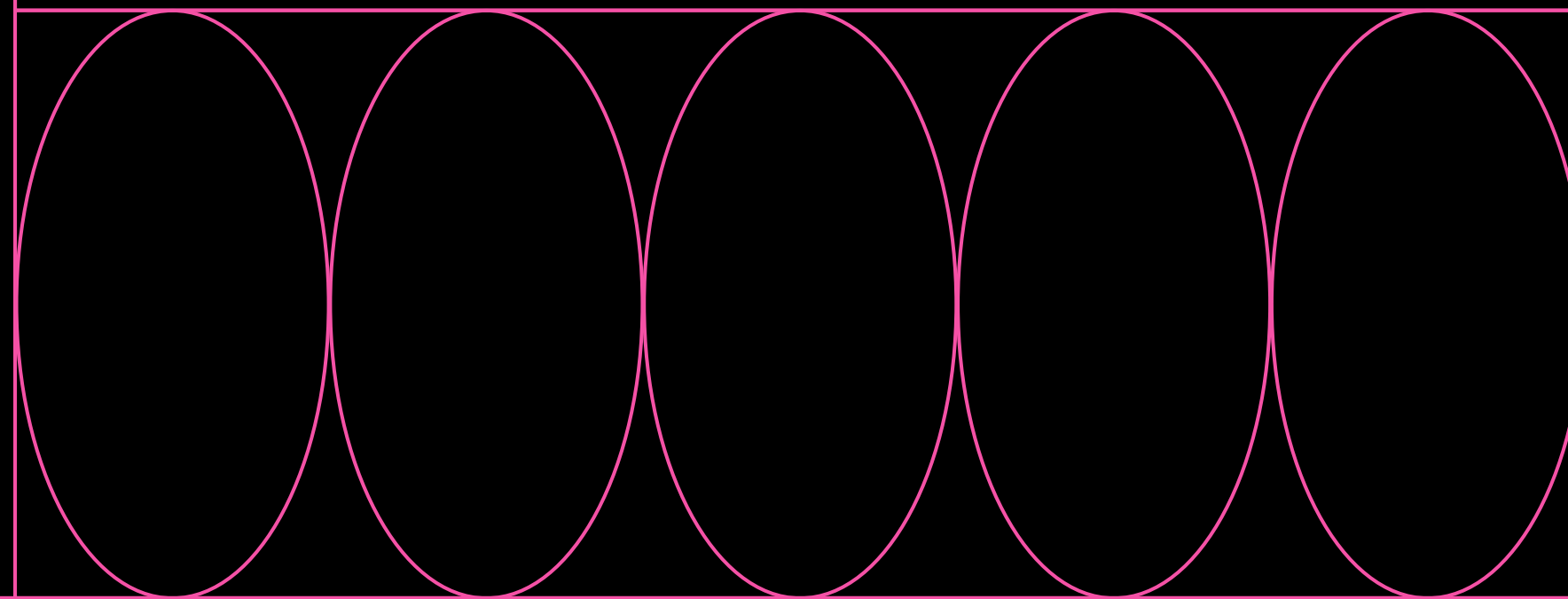
Высокое разнообразие повышает шансы пережить болезни, похолодание или засуху. Популяция с широким набором аллелей легче находит варианты, которые оказываются выгодными при новых условиях.



ВИДООБРАЗОВАНИЕ

Длительное расхождение генофондов постепенно закрепляет различия между популяциями. Если обмен генами прекращается, эти различия могут стать настолько большими, что возникнут новые виды.

ЭВОЛЮЦИЯ НАЧИНАЕТСЯ В ГЕНОФОНДЕ



Мутации, рекомбинации, отбор, дрейф, миграции и изоляция по-разному меняют наследственный состав популяций. Их совместное действие объясняет адаптацию, расхождение групп и появление новых видов.