

Генетические процессы в популяциях

Как меняется генофонд и рождается эволюция.

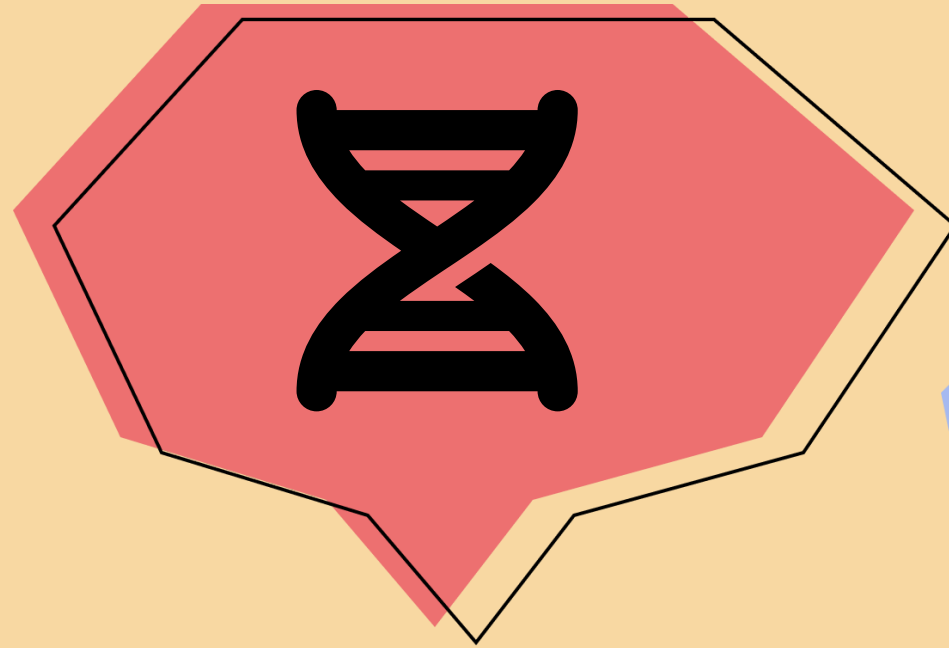


Популяция как единица эволюции

Именно в популяции видны реальные изменения наследственного состава: частоты аллелей и генотипов смещаются под действием отбора, миграций, дрейфа и других факторов уже за несколько поколений.

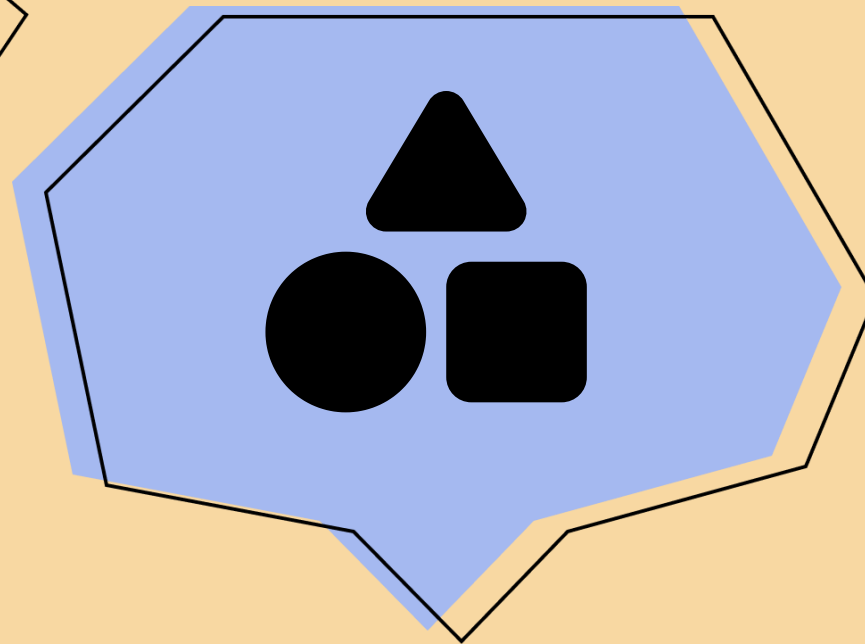
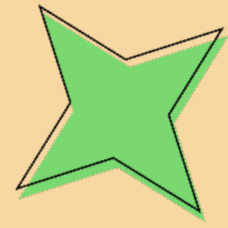


Генофонд и генетическое разнообразие популяции



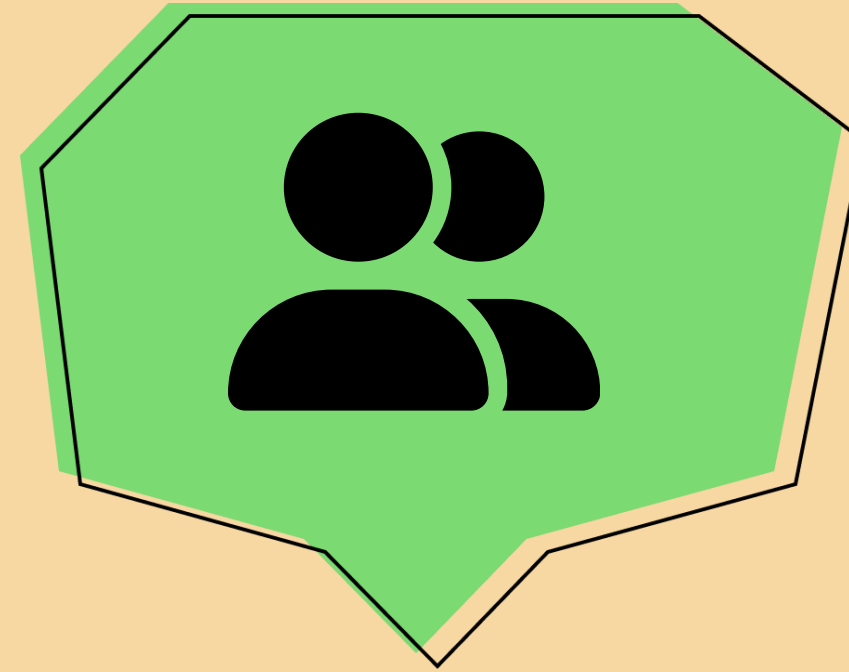
Генофонд

Генофонд — это совокупность всех генов и их аллелей в популяции. Он задает наследственный потенциал вида и определяет, какие признаки могут возникнуть при изменении условий среды.



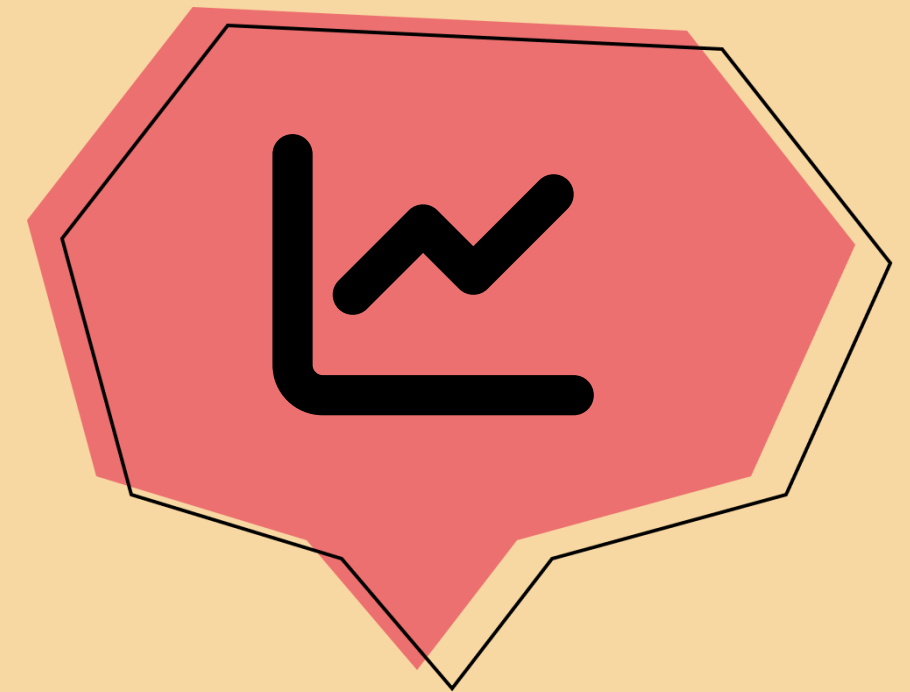
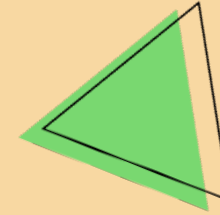
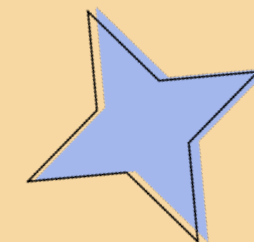
Источник разнообразия

Мутации, рекомбинация и приток аллелей из других популяций постоянно обновляют наследственный материал. Благодаря этому в популяции сохраняется широкий спектр вариантов признаков и возрастает устойчивость к изменениям.



Потеря вариативности

Инбридинг, эффект основателя и бутылочное горлышко сокращают разнообразие быстрее всего. В малых и изолированных группах случайные аллели могут закрепляться, даже если они не дают преимущества.



Эволюционный запас

Чем богаче генетическое разнообразие, тем выше вероятность, что часть особей переживет новый стресс. Поэтому разнообразие рассматривают как важнейший ресурс адаптации и долгосрочного выживания популяции.

Факторы, изменяющие частоты аллелей

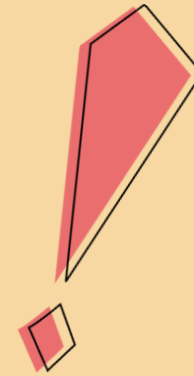
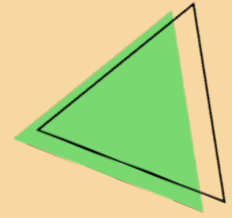
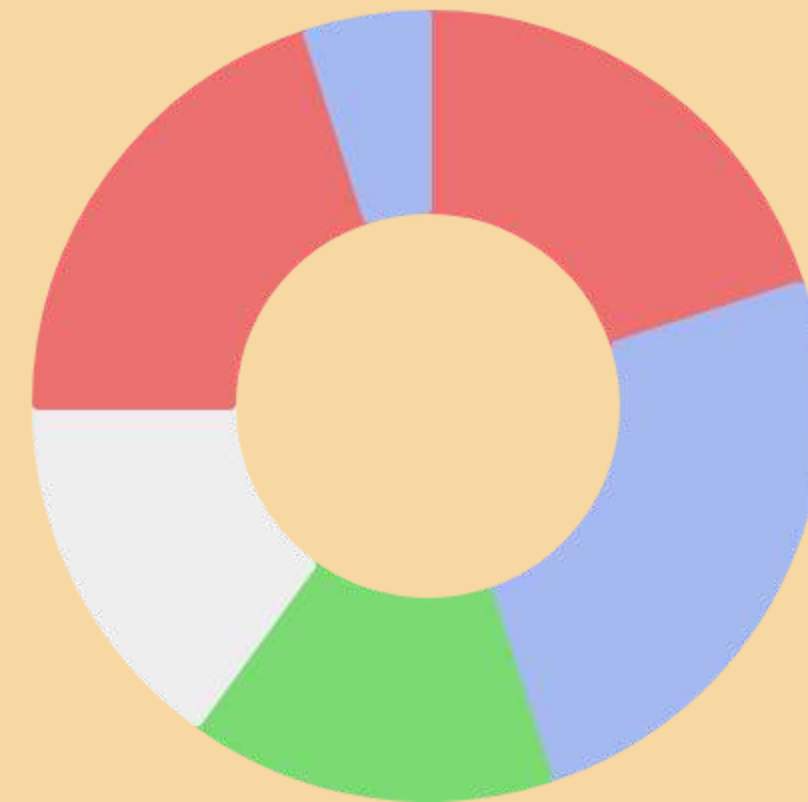
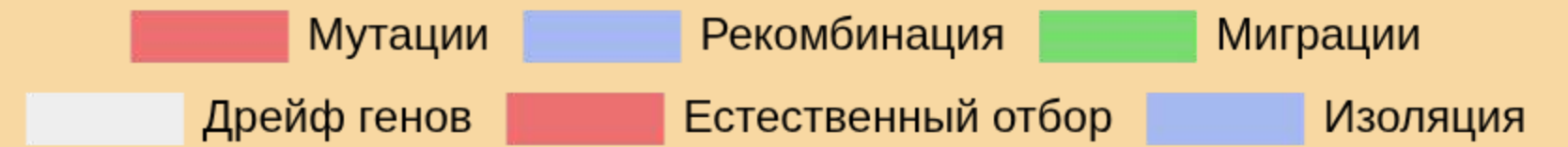
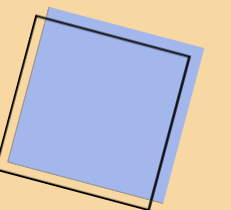
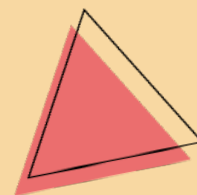
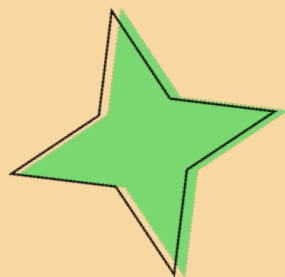


Диаграмма отражает не строгие измерения, а учебную модель: у каждого фактора свой механизм и масштаб действия.

Все процессы влияют на генофонд по-разному, но вместе они определяют направление микроэволюции.



Учебная схема по популяционной генетике; условные значения для наглядности.





Мутации как источник наследственной изменчивости

Ошибки копирования

Мутации могут возникать при репликации ДНК без внешнего воздействия. Такие изменения случайны и иногда передаются потомству, если затрагивают половые клетки.

Действие мутагенов

Ионизирующее излучение, ультрафиолет и некоторые химические вещества повышают вероятность повреждений ДНК. В результате возрастает число наследственных изменений в клетках.

Генные изменения

Замены, вставки и выпадения нуклеотидов способны менять структуру белка или работу регуляторных участков. Поэтому эффект мутации может быть очень разным по силе.

Материал для отбора

Большинство мутаций нейтральны или вредны, однако именно они создают новые варианты признаков. Без мутаций естественный отбор не имел бы исходного материала.

Рекомбинация и комбинативная изменчивость

1. Перестройка аллелей

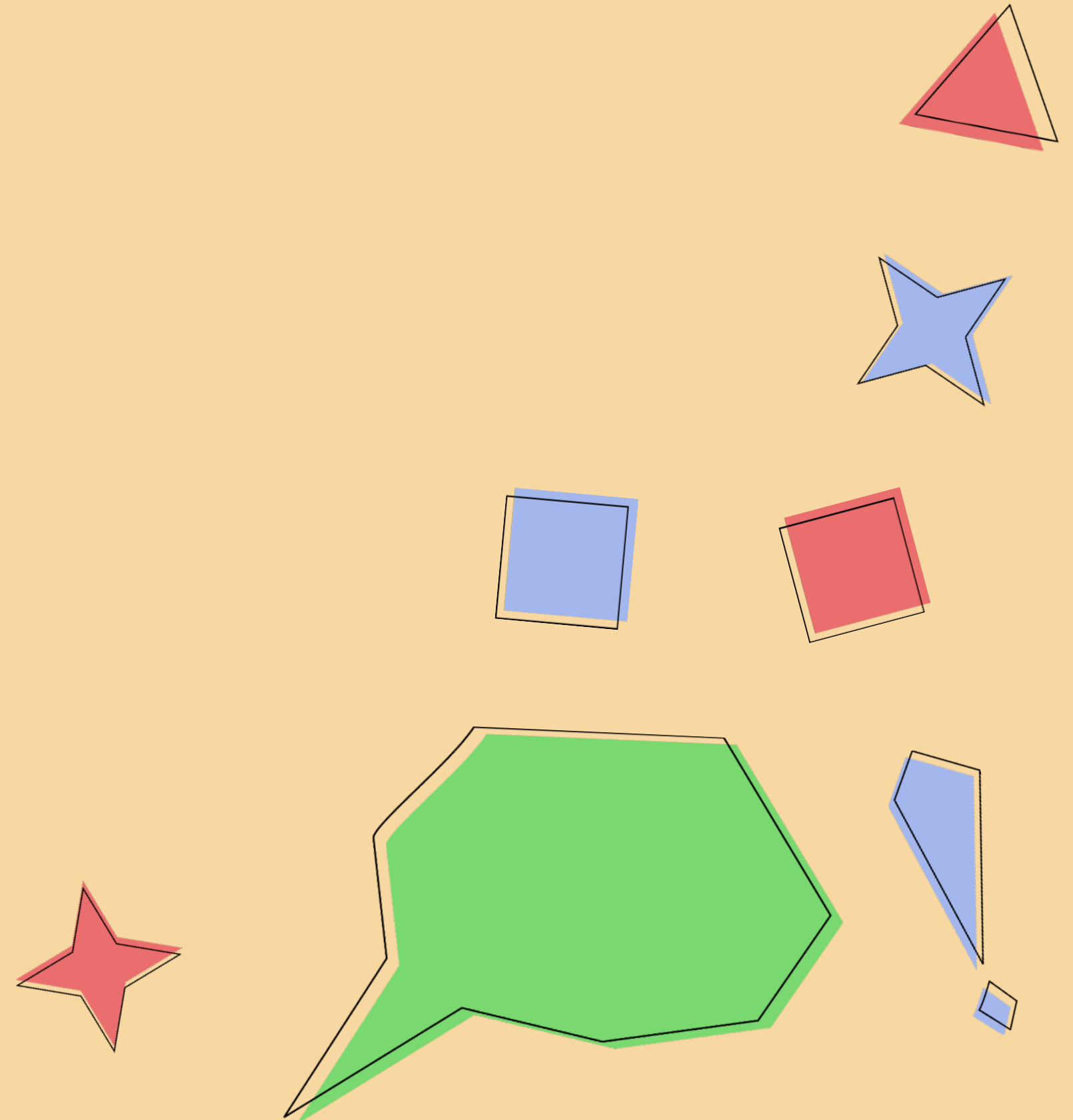
Рекомбинация не создает новые гены, но меняет их сочетания. В потомстве появляются необычные комбинации аллелей, которых не было у родителей в таком виде.

2. Мейоз и оплодотворение

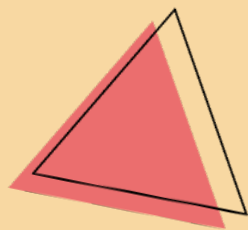
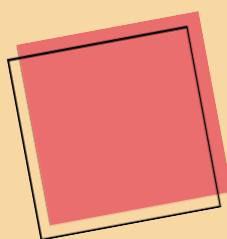
Кроссинговер, независимое расхождение хромосом и случайное слияние гамет делают каждое потомство генетически уникальным. Именно так накапливается комбинативное разнообразие.

3. Разнообразие признаков

Чем больше возможных сочетаний аллелей, тем неоднороднее популяция по признакам. Это повышает вероятность появления особей, лучше приспособленных к текущей среде.



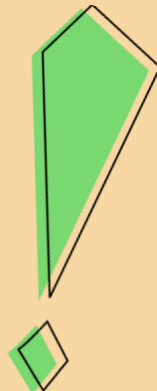
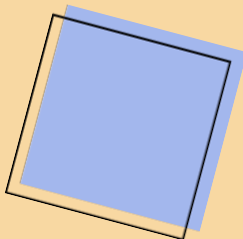
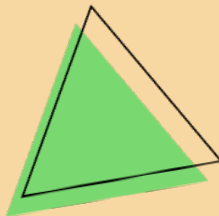
Сравнение факторов микроэволюции



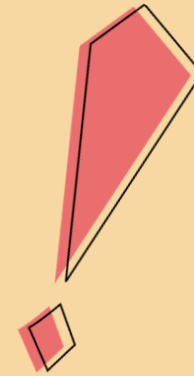
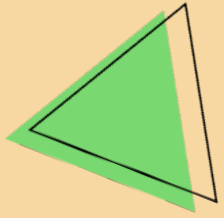
Фактор	Механизм	Уморг
Мутации	Новые аллели	Источник изменчивости
Отбор	Разные успехи размножения	Рост полезных аллелей
Дрейф	Случайные колебания	Потеря разнообразия
Миграции	Обмен генами	Сближение популяций

Таблица показывает, что каждый фактор действует по-своему, но все они меняют частоты аллелей и структуру генофонда.

Мутации создают вариации, отбор их направляет, дрейф случайно изменяет, а миграции перераспределяют аллели между популяциями.

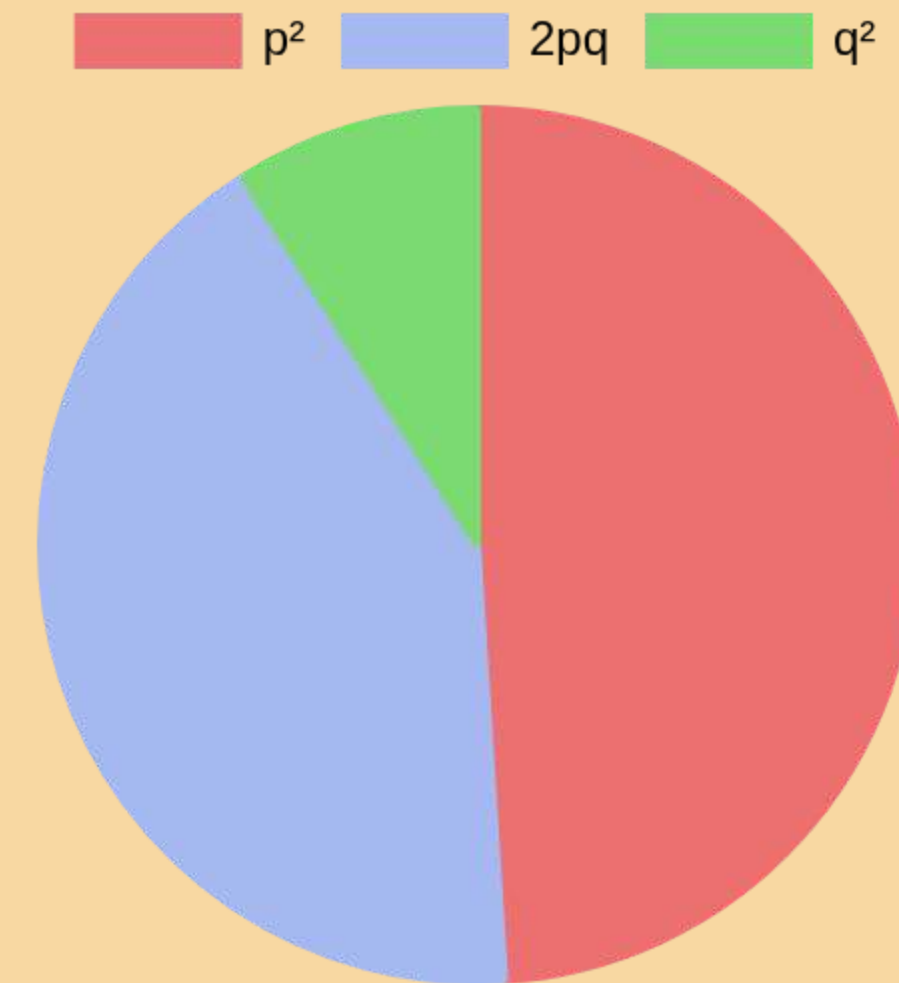


Закон Харди—Вайнберга

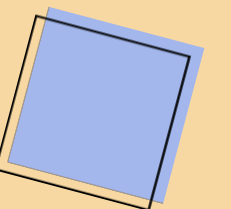
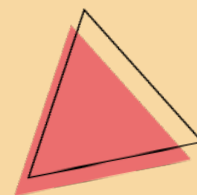
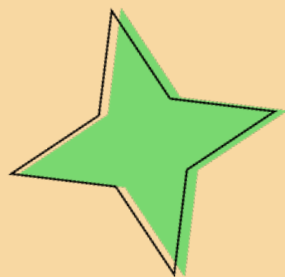


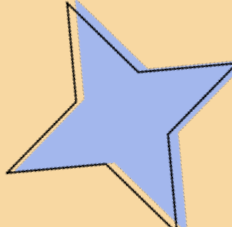
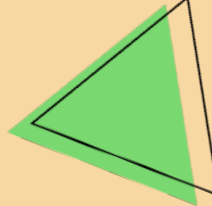
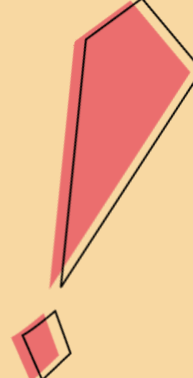
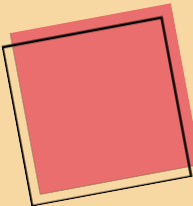
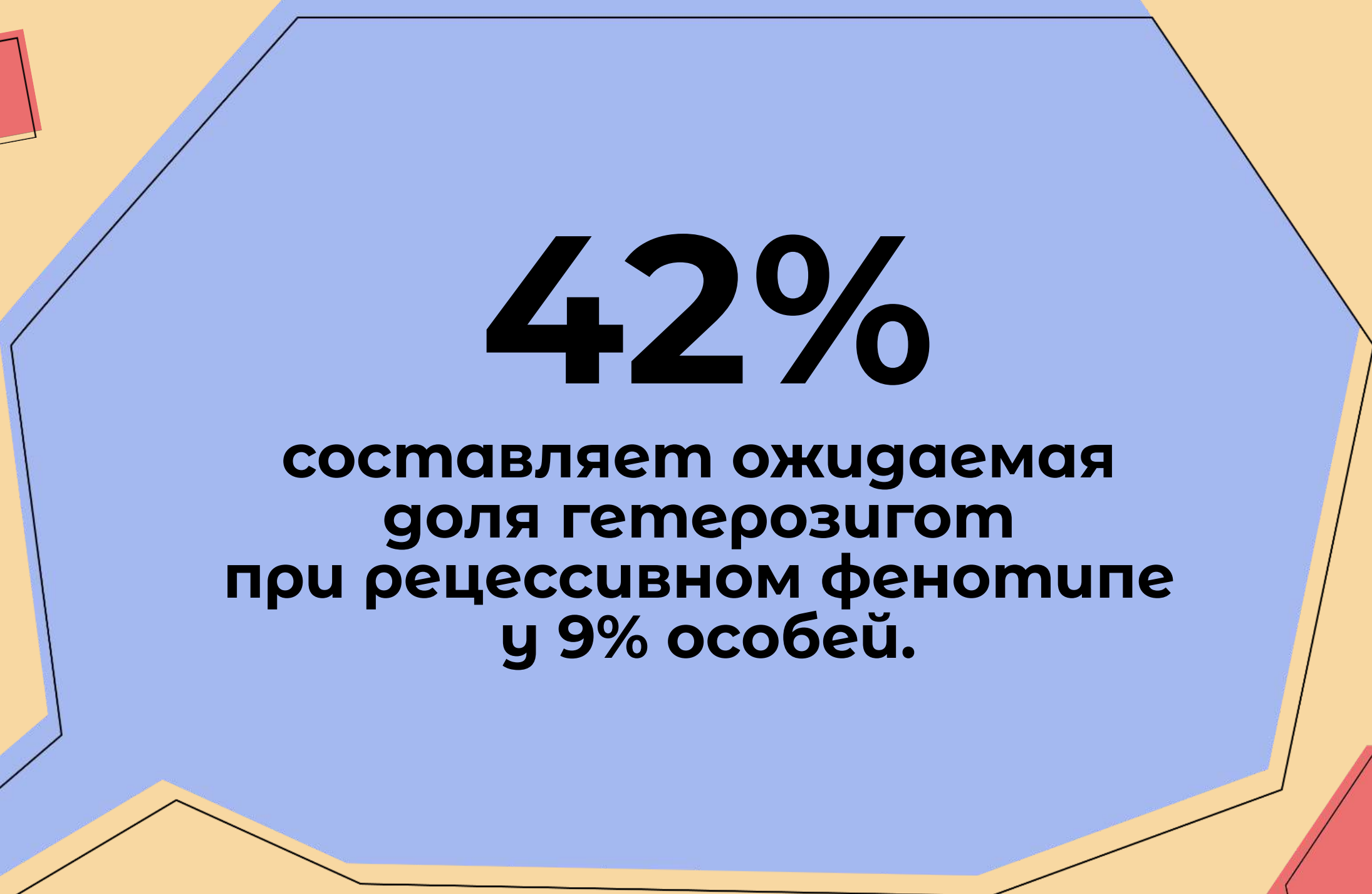
Модель описывает идеальное равновесие, в котором частоты генотипов выводятся из частот аллелей и не меняются случайно.

Если реальные данные отклоняются от схемы, значит, на популяцию действует один или несколько эволюционных факторов.



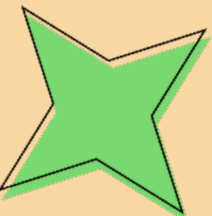
Модель Харди—Вайнберга; расчет для $p=0,7$ и $q=0,3$.



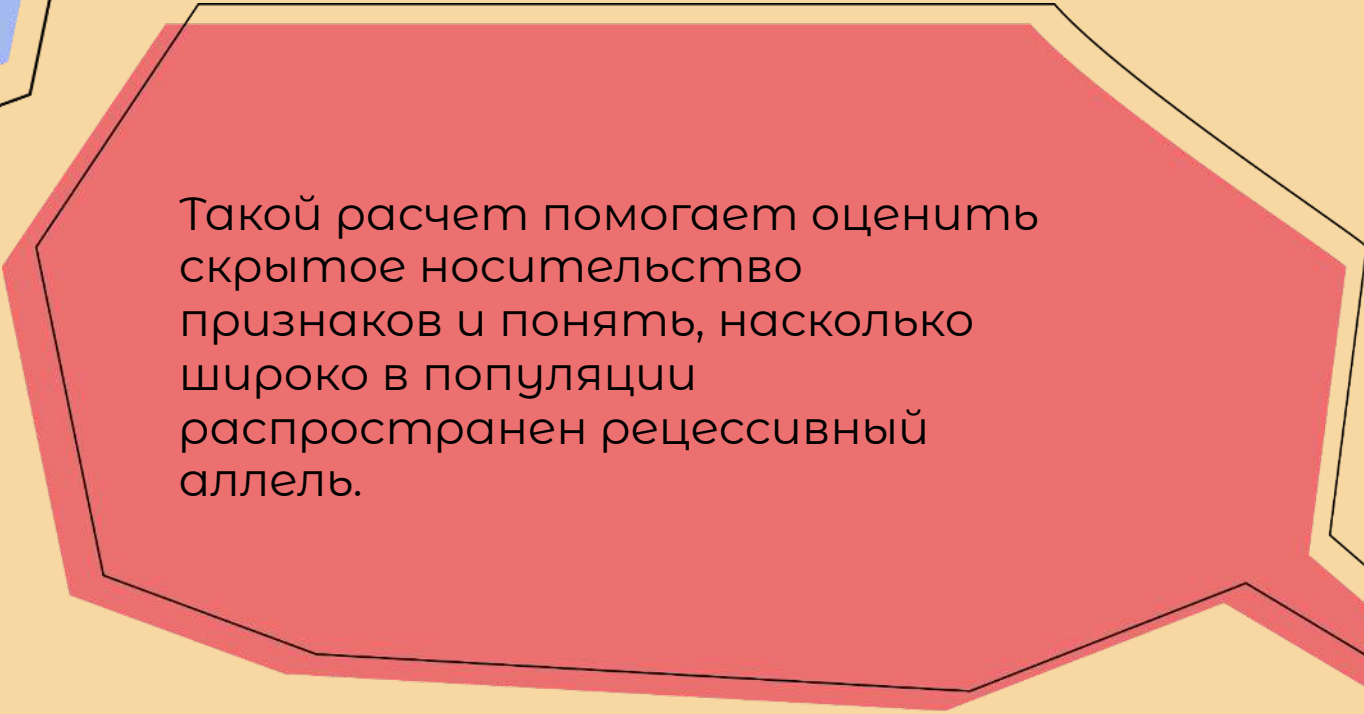


42%

**составляет ожидаемая
доля гетерозигот
при рецессивном фенотипе
у 9% особей.**



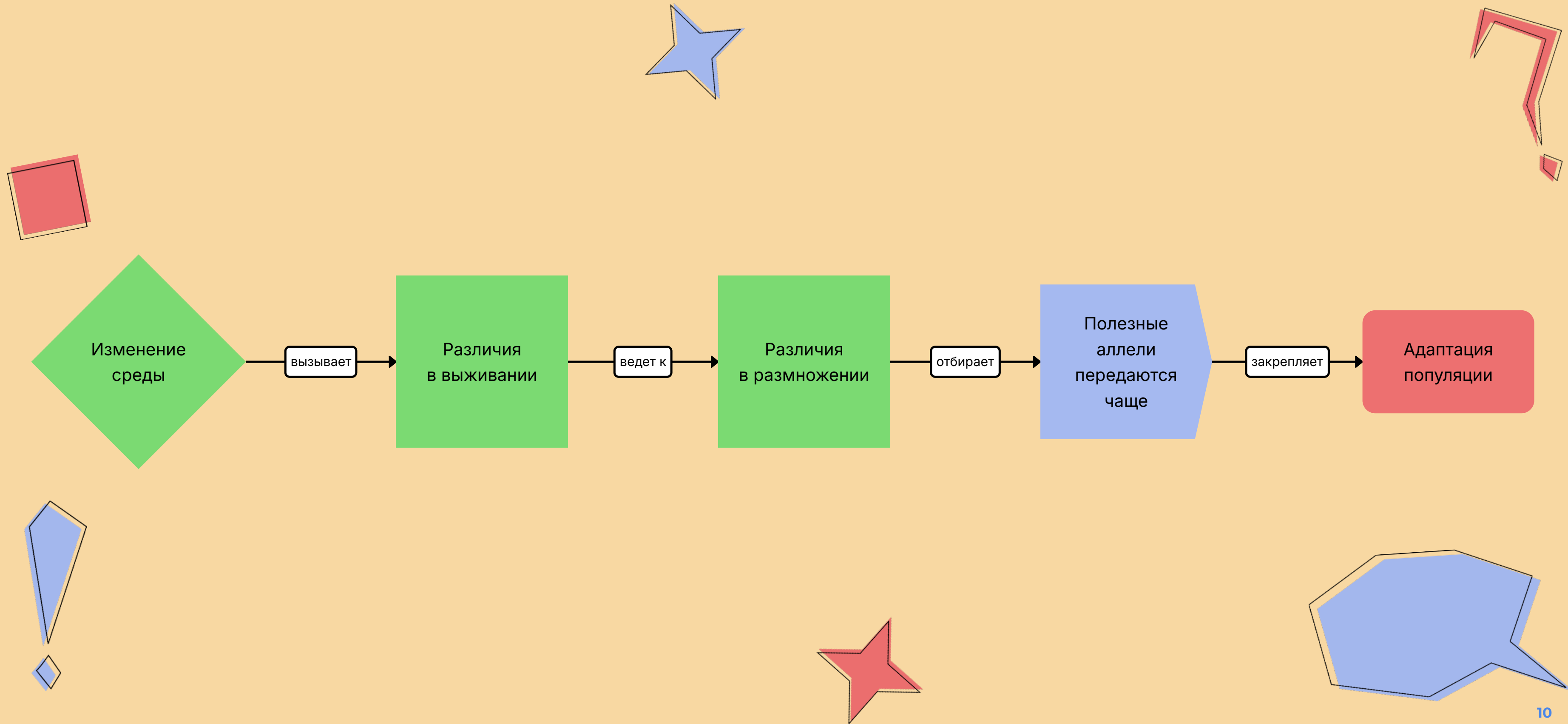
Расчет по модели Харди—Вайнберга: $q^2 = 0,09$; $p = 0,7$; $q = 0,3$.



Такой расчет помогает оценить
скрытое носительство
признаков и понять, насколько
широко в популяции
распространен рецессивный
аллель.

Естественный отбор меняет частоты аллелей

Последовательность отражает, как изменение среды приводит к росту частоты полезных вариантов.



Естественный отбор и примеры адаптаций



Бактерии, пережившие лечение

В колонии бактерий после курса антибиотика выживают единичные клетки с устойчивостью, а затем быстро размножаются. На следующем этапе доля устойчивых форм возрастает, и лекарство уже не действует так же эффективно. Это наглядный пример действия отбора в изменившейся среде.



Бабочка на потемневших стволах

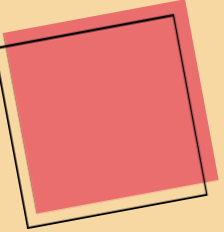
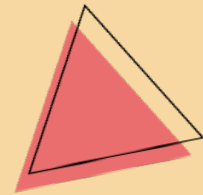
Когда кора деревьев темнеет из-за загрязнения, менее заметными оказываются особи с темной окраской. Птицы реже их поедают, поэтому именно они чаще оставляют потомство. Так изменение среды смещает состав популяции и закрепляет удачный признак.



Аллель, защищающий от малярии

В районах, где распространена малярия, носители серповидноклеточного аллеля могут иметь преимущество по выживанию. Хотя в гомозиготном состоянии этот аллель опасен, в определенных условиях он сохраняется в популяции. Отбор поддерживает не «идеальный», а наиболее выгодный вариант.

Как случайность меняет генофонд



Новая колония

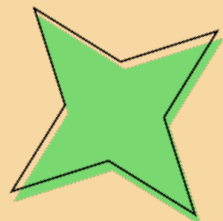
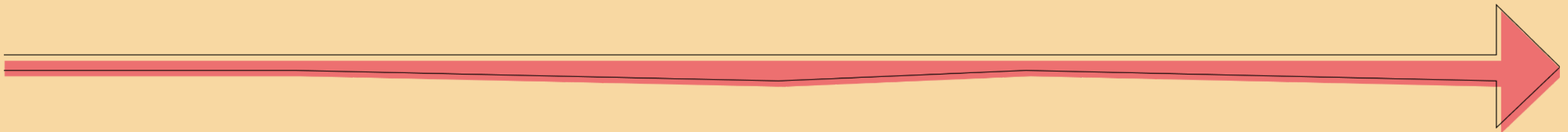
Небольшая группа особей заселяет изолированную территорию и уносит с собой лишь часть исходного генофонда.

Случайный сдвиг частот

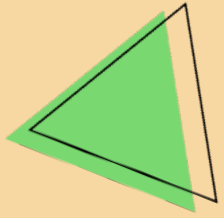
В следующих поколениях одни аллели могут исчезнуть, а другие стать обычными просто из-за малой численности.

Итог для популяции

Генетическое разнообразие уменьшается, а редкие аллели иногда закрепляются независимо от своей полезности.

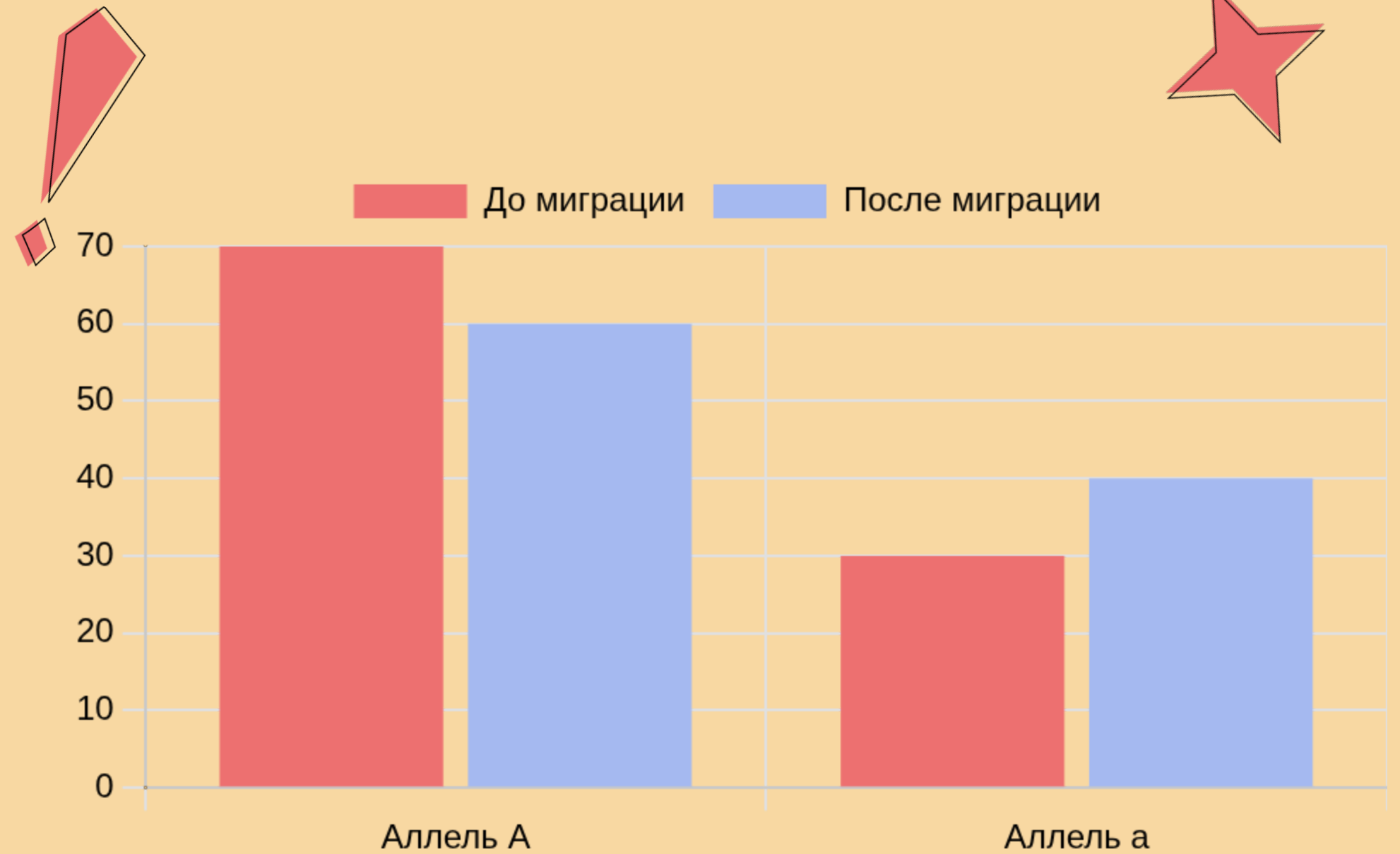


Поток генов при миграциях

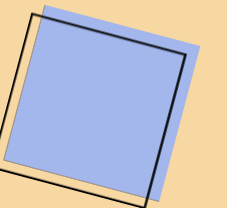
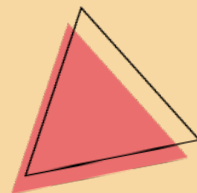
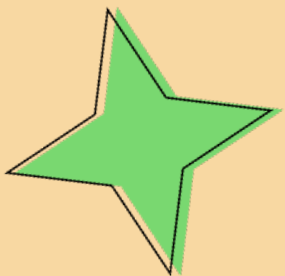


Поступление мигрантов меняет состав генофонда даже без мутаций и отбора, если переносимые аллели уже есть в соседней популяции.

После миграции частоты аллелей сближаются, а различия между популяциями уменьшаются; при сильных различиях среды это может ослабить локальную приспособленность.



Схематические данные по модели потока генов, 2026



Изоляция как условие расхождения популяций

Физические барьеры

Реки, горы и большие расстояния разрывают обмен генами между частями ареала. Чем дольше популяции существуют раздельно, тем сильнее накапливаются наследственные различия.

Разные экологические ниши

Если особи одного вида переходят к разным кормам, местам обитания или способам жизни, их скрещивание становится редким. Экологическая изоляция ускоряет расхождение популяций.

Несовпадение размножения

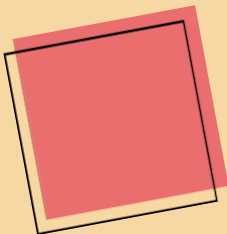
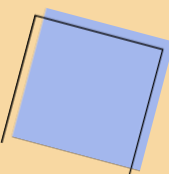
Даже при совместном обитании популяции могут не смешиваться из-за различий в сроках цветения, спаривания или брачного поведения. Это снижает поток генов.

Шаг к видообразованию

При длительном отсутствии обмена генами различия накапливаются настолько, что скрещивание становится невозможным или дает нежизнеспособное потомство. Так возникают новые виды.



Сравнение основных типов изоляции



Тип	Механизм	Итог
Географическая	Барьер	Разрыв ареала
Экологическая	Разные ниши	Меньше скрещивания
Поведенческая	Ритуалы	Репродуктивный барьер

Школьный курс биологии, популяционная генетика

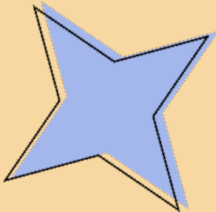
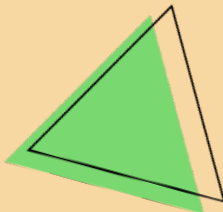


Таблица показывает, как разные формы изоляции ограничивают обмен генами и ведут к расхождению популяций.

У всех типов изоляции общий эволюционный эффект: снижается поток генов, а популяции начинают расходиться и накапливать собственные признаки.

Инбридинг и его последствия

1.

Близкородственное скрещивание

При скрещивании близких родственников возрастает вероятность того, что потомство получит одинаковые аллели от обоих родителей. Это повышает долю гомозигот в популяции и меняет проявление признаков.

2.

Проявление скрытых аллелей Инбридинг-депрессия

Рецессивные вредные мутации, которые обычно маскируются в гетерозиготах, чаще переходят в открытое состояние. Из-за этого у потомства могут снижаться жизнеспособность и устойчивость к болезням.

3.

Накапливающееся ухудшение состояния популяции называют инбридинг-депрессией. Оно особенно заметно у малочисленных и изолированных групп, где выбор партнеров ограничен.

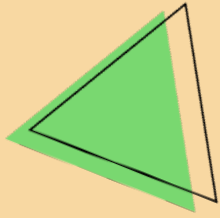
4.

Почему это опасно

Снижение разнообразия делает популяцию уязвимой к неблагоприятным условиям среды. Чем меньше генетическая вариативность, тем труднее виду сохранять высокую приспособленность.

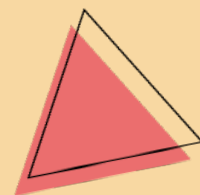
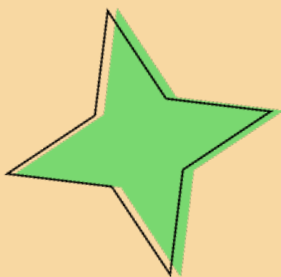


Как в популяции сохраняется полиморфизм



Разные механизмы работают одновременно, поэтому устойчивость популяции определяется не одним фактором, а их сочетанием и постоянным обновлением наследственного материала.

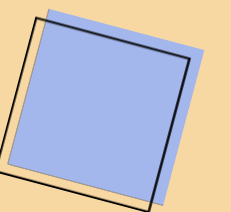
Полиморфизм поддерживается там, где разные варианты признака оказываются полезны в разных условиях; это повышает шансы популяции пережить изменения среды.



Мутации Миграции Гетерозиготное преимущество
Частотно-зависимый отбор Изменчивость среды

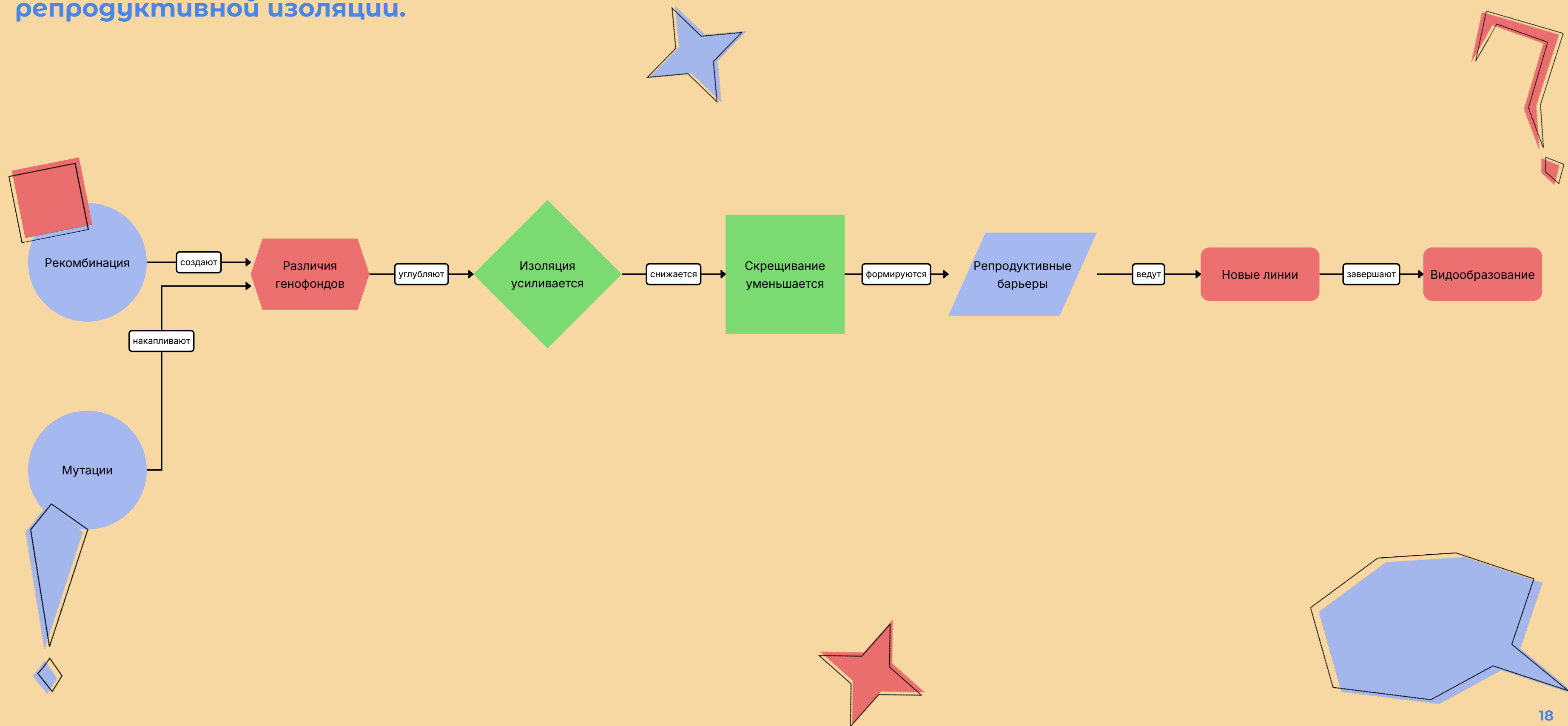


Схематическая оценка значимости механизмов, 2026



От микроэволюции к видообразованию

Схема отражает последовательное накопление наследственных различий и формирование репродуктивной изоляции.



Где нужна популяционная генетика



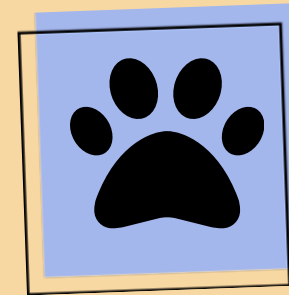
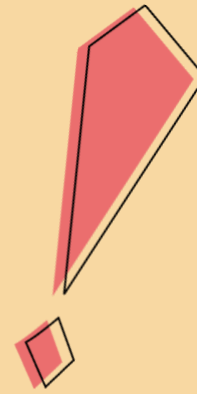
Медицина

Помогает оценивать риск наследственных заболеваний и объяснять, почему мутантные аллели могут сохраняться в человеческих популяциях на протяжении многих поколений.



Селекция

Используется для сохранения генетического разнообразия пород и сортов, что повышает устойчивость к болезням, неблагоприятным условиям и снижению продуктивности.



Охрана природы

Позволяет отслеживать состояние редких видов и предотвращать вырождение малых популяций, где особенно опасны инбридинг и потеря аллелей.



Научный анализ

Даёт инструменты для сравнения популяций по частотам аллелей и выявления факторов, которые реально меняют их генетическую структуру.



Популяция — место, где начинается эволюция

Мутации, рекомбинация, отбор, дрейф генов, миграции и изоляция постепенно меняют генофонд популяции. Именно здесь закладываются приспособленность, разнообразие и будущие линии видообразования.

