

Генетика популяции

Генетика популяций

Популяционная генетика изучает процессы наследования в пределах популяции.

Генетика популяций отвечает на вопрос о том, как реализуются законы Менделя на уровне популяции, как влияют на генетическую структуру популяции такие факторы как мутационный процесс, отбор, миграции, случайные изменения генных частот и как меняется структура популяции из поколения в поколение, т.е. наследственную преимственность в группах организмов – популяциях.

Знание популяционной генетики необходимо для понимания эпидемиологии наследственных и неинфекционных болезней, и для планирования мероприятий по предупреждению неблагоприятного воздействия на генетический аппарат факторов окружающей среды, а также обоснования тенденций в биологической эволюции человечества в связи с изменениями окружающей среды.

Любая популяция, как группа особей одного вида, является результатом определенных эволюционных преобразований на популяционно-видовом уровне. Эти преобразования закрепляются в его генофонде.

Генофонд содержит биологическую информацию о том, как виду выжить и оставить потомство в определенных условиях среды. Кроме того, генофонд обладает способностью к частичному изменению своего содержания, что дает возможность приспосабливаться к новым условиям среды. В этом заключается консервативность и пластичность генофонда вида, обеспечивающего поразительную приспособленность живых организмов к условиям их существования. Высокий уровень приспособленности есть результат эволюции, основой которой являются наследственные изменения.

Элементарной единицей биологической эволюции,

подвергающейся изменчивости и наследующей признаки, является вид и популяция.

Вид (*species*) – важнейшая систематическая категория, представляет собой группу особей, сходных по морфофункциональным признакам, кариотипу и имеющим общее происхождение, заселяющим определенную территорию, скрещивающиеся между собой и дающих плодовитое потомство.

Принадлежность особи к определенному виду характеризуется целым рядом критериев: морфофункциональным, биохимическим, цитогенетическим, экологическим, этологическим. Наиболее важными критериями является **генетическая (репродуктивная) изоляция**, т.е. нескрещиваемость видов между собой и **генетическая устойчивость** в природных условиях.

Виды в зависимости от сложности структуры бывают политипические и монотипические. Первые имеют сложную внутривидовую структуру: полувиды (экологическая или географическая раса, почти достигнувшая состояния молодого вида), подвиды, экотипы, популяции, вторые – слабодифференцированные и однообразные.

По распространению они бывают аллопатрические (с несовпадающим ареалом) и симпатрические (живущие только на одном ареале).

Виды бывают молодые и реликтовые, широкораспространенные и эндемичные (т.е. с очень ограниченным ареалом); возникающие и живущие на одном ареале (автохтонные) или возникающие на одном ареале, а затем распространяющиеся на другие ареалы.

Вид существует:

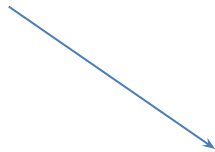


1) во времени – он возникает, существует определенное время устойчиво, затем либо исчезает, либо дает начало новому виду;



2) в пространстве – обитая на определенной территории, распадаясь на подвиды, разновидности и т.д., вид занимает определенное место в биогеоценозе и определенную нишу.

Биологическая концепция вида.

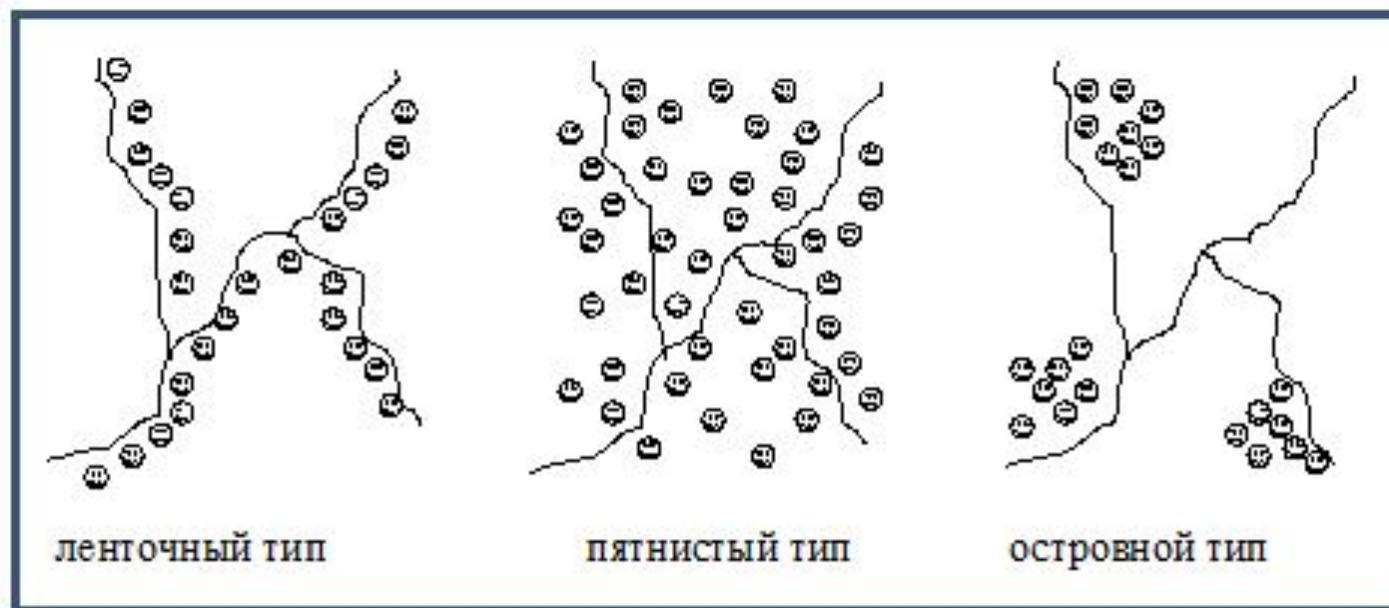


Бликие виды репродуктивно отделены друг от друга сложной системой барьеров, изолирующих механизмов эволюции. К ним относятся: различие в сроках размножения, брачном поведении, химизм половых желез, хромосомные наборы, наличие гибридной стерильности

В природе вид распределен неравномерно, образуя группы особей с повышенной или пониженной концентрацией, в которых вероятность случайных скрещиваний (панмиксия) оказывается выше и, следовательно, передача наследственного материала, а также наиболее удачные перекомбинации аллелей более эффективны. Такие группы в зависимости от экологических условий распределены по ареалу вида разным образом, формируя ленточный, пятнистый или островной тип расселения

Такие группировки называются **популяциями**.

Они являются **экологической формой существования вида**.



Типы популяций.

Популяция – это группа особей одного вида, связанных происхождением (родством), способностью свободно скрещиваться (гибридизацией), общностью территории (ареала), и более или менее изолированных друг от друга. Такое определение применимо только раздельнополым видам, размножающимся половым путем. Термин «популяция» образован от французского *population* – население, и введен датским генетиком Йогансеном

В **генетическом смысле популяция** – это пространственно-временная группа скрещивающихся между собой особей одного вида. Непрерывность популяции во времени обеспечивают связи между родителями и потомками, а в пространстве – скрещивание особей из разных частей популяции. В популяции осуществляется сравнительно высокий уровень **панмиксии** и она отделяется от другой популяции той или иной формой изоляции. Панмиксия – это наличие равной вероятности скрещивания любого индивидуума одного пола с любым индивидуумом другого пола.

Экологическая характеристика популяции.

Ареал – это территория, занимаемая популяцией.

Его размеры зависят от биологии вида, индивидуальной активности вида, особенностей природных условий, численности. Крупные животные, с высокой подвижностью, способны преодолевать большие пространства и, следовательно, имеют большой ареал.

Особенности природных условий обуславливают географическую изоляцию популяции. Так, невысокие горы могут ограничить распространение определенных видов, сократив ареал.

Границы ареала определяются экологической изоляцией, которая обусловлена характером питания, распределением по разным почвам и т.д. Так, желтогорлая лесная мышь в южной части Молдавии питается злаками и занимает степной ареал, а лесная – питается желудями, орешками лещины. **Расширение или сужение** ареала определяется также состоянием биологического успеха. Прогрессирующие формы расширяют свой ареал за счет увеличения численности. Ареал может меняться в течении года в зависимости от экологических условий (холодная зима – снижение численности). Одна из основных причин

Численность популяции имеет свой оптимум и свои особенности колебания. Численность определяется **ареалом, обеспеченностью пищей, наличие благоприятных мест размножения.**

Численность популяции определяется **скоростью её роста**, складывающейся из **чистого прироста** (разность между рождаемостью и смертностью) и **перемещением особей**, которое включает *эмиграцию* (выселение с занимаемой территории), *иммиграцию* (вселение на уже занятую территорию новых особей) и *миграцию* (периодический уход и возвращение на данную территорию). Так, треска откладывает до 2 млн. икринок, а выживают и вступают в размножение лишь 2-3 особи.

Рождаемость – это способность популяции к увеличению. Различают **максимальную и экологическую** рождаемость. Максимальная рождаемость (физиологическая) – это образование теоретически максимально возможного количества особей в идеальных условиях (т.е. в отсутствии лимитирующих экологических факторов). Экологическая рождаемость – это образование новых особей при фактических условиях среды. Рождаемость определяется путем деления новых особей на время (максимальная рождаемость) или делением числа новых особей на единицу времени и на единицу площади (экологическая рождаемость).

Смертность – это величина гибели особей в популяции.

Специфическая смертность характеризуется числом смертей за определенный период. Различают экологическую (число смертей в данных условиях среды) и минимальную (число смертей в идеальных условиях) смертности.

На численность популяции влияют биотические и абиотические факторы. Такое изменение численности, Четвериков назвал **колебанием численности** или **популяционными волнами**. Холодная зима и затяжная весна при недостатке кормов приводят к резкому снижению численности особей популяции. Так, в Англии после холодной зимы численность кроликов упала с 10 тыс. до 100 особей. С другой стороны, в благоприятных условиях популяция может увеличиться очень значительно. Так, популяция странствующего голубя в Северной Америке достигла невероятных размеров, до миллиарда особей

Если на численность не действуют никакие факторы, то она будет возрастать во времени неограниченно. Потомство одной мухи в течении 2 недель достигнет численности 20 тысяч, пара полевой мыши в течении 2 лет даст потомство численностью 14 тыс. особей. Из 1 клетки бактерии через 2 суток возникла бы популяция, покрывающая всю Землю слоем толщиной 30 см.

Целый комплекс ограничивающих факторов регулирует размер популяции: состояние пищевых ресурсов и плотность. **Плотность популяции** – это численность особей по отношению к ареалу. Она определяется числом особей на единицу площади

Перенаселенность обуславливает развитие социального стресса. Так, в начале нашего столетия на одном из островов Атлантического океана (США) площадью в 600 км² была поселена пара пятнистых оленей. Их потомство взрывообразно размножилось, достигнув плотности 250 особей на 1 км². Затем, несмотря на обилие пищи в течении 1 года за счет массового падежа вымерло 60% животных. В данном случае рост численности тормозился факторами, зависящими от плотности популяции. Исследования показали, что в условиях социального стресса гипофиз усиливает выделение АКТГ (адренокортикотропный гормон) и животные гибнут от гипогликемического шока. У тупайи (полуобезьяны) при социальном стрессе происходит изменение тонкой структуры почек, повышение содержания Na⁺ в крови и возникновение почечной недостаточности. У высших позвоночных в условиях перенаселенности происходит увеличение надпочечников, вследствие сдвига нейро-эндокринного равновесия. В результате изменяется поведение животных, репродуктивный потенциал и устойчивость к заболеваниям, что резко снижает плотность популяции. Т.о., зависящий от плотности социальный стресс поддерживает численность на среднем уровне.

Возрастная структура популяции –

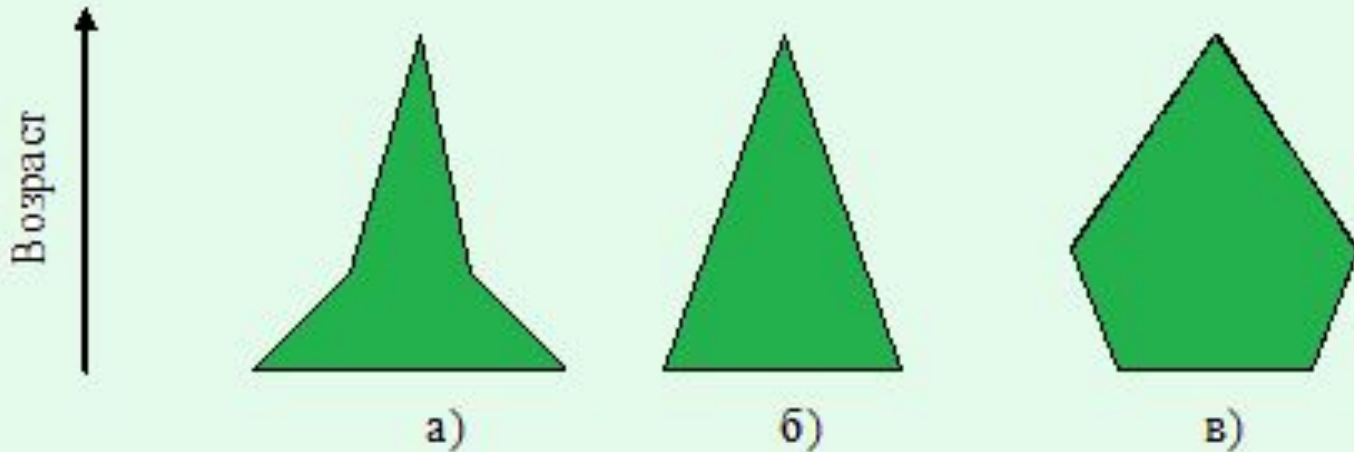
определяется соотношением особей разного возраста; зависит от продолжительности жизни, интенсивности размножения, возраста достижения половой зрелости и скорости смены поколений.

Продолжительность жизни у животных различна: у слоновых черепах – 300 лет, слонов – 90 лет, лошадей – 40 и т.д. Долго живут птицы (попугаи – 100 лет) и некоторые рыбы (камбала – 80 лет) и определяется разными факторами.

У однократноразмножающихся животных она запрограммирована единственным процессом размножения: самцы погибают после копуляции, самки после рождения потомства. У многократно размножающихся – процессом старения.

Интенсивность размножения является одним из критериев борьбы за существование и обеспечивает поддержание численности вида на определенном уровне: чем меньше забота о потомстве, тем выше интенсивность размножения. Интенсивность размножения зависит от **истребляемости** (осетр – 2 млн. икринок) хищниками, **паразитами, болезнями или экологическими факторами**. Пример, вспышка роста численности насекомых приводит к росту численности птиц, те в свою очередь уничтожают насекомых, что приводит к снижению численности птиц.

Возрастная структура оказывает влияние на рождаемость и смертность в популяции; определяет способность к размножению в данный момент и показывает, что можно ожидать в этом отношении в будущем. В быстро растущих популяциях значительное число составляют молодые особи, в стабильных – распределение возрастных групп равномерно, в уменьшающихся – число старых особей больше. Возрастной состав представляют в виде возрастных пирамид



Возрастные пирамиды: а – высокий процент молодых особей; б – умеренное соотношение молодых и старых особей; в – процент молодых особей низок.

Половой состав – характеризуется соотношением полов: первичного, на момент зачатия; вторичного, на момент рождения; третичного, на момент наступления половой зрелости

. В популяции людей соотношение полов в зависимости от возраста распределяется следующим образом:

- первичное – 1:1;
- вторичное – 106 мальчиков на 100 девочек;
- третичное – к 16–18 годам оно выравнивается;
- к 50 годам 85 мужчин приходится на 100 женщин,
- к 80 годам – 50 мужчин на 100 женщин.

Этологическая характеристика популяции

Этология – это наука о поведении животных. Основоположники этого направления биологии Уитмен, Крэг, Хейнролт и др. рассматривают поведение как признак, отражающий адаптацию организма к среде обитания и одновременно как фактор, влияющий на микроэволюцию. Общественно-трудовые отношения, являющиеся уникальной чертой человека представляют результат эволюции поведения прогоминид. Поведенческие взаимоотношения в популяции имеют много сторон: брачные, мать – детеныш, враг, соперник и др. Популяция имеет сложную этологическую структуру, распадаясь на стада, колонии, семьи.

Положение особи в этологической структуре популяции может меняться; оно зависит от возраста, физического и психического состояния особи, а также от окружения.

Некоторые особи занимают прочное доминирующее положение (вожаки), другие подчиненное, субдоминантное. В результате создается иерархическая структура популяции, которая может иметь вид последовательной цепи: животное А над животным В, В над С, С над D и т.д. ($A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$), либо строится по принципу треугольника: А над В, В над С, С над А. Возможна структура, где А над В, С и всеми остальными. Исчезновение доминирующей особи ведет к занятию его места одним из субдоминантов или к полной перестройке иерархической структуры; при этом возможно явление стресса у членов популяции, подобно механизму социального стресса, связанного с переуплотненностью популяции

Популяция людей и её

структура

Под **популяцией** в

антропогенетике понимают группу людей занимающих определенную общую территорию (город, село, местность) и свободно вступающих в брак.

Изолирующие барьеры препятствующие вступлению в брак могут быть географическими (особенно в прошлом), но в отношении человека – это чаще всего социальные факторы (наличие национальных, государственных, религиозных и др. запретов). Поэтому в формировании популяции человека главным является не только

Размер, уровень рождаемости и смертности (нормальное функционирование общества возможно при отношении 2,5 детей на 1 замужнюю женщину), возрастной состав, экономическое состояние, уклад жизни является **демографическими показателями** популяции людей. Они оказывают влияние на состояние генофондов (совокупность генотипов всех членов популяции) человечества, главным образом, через структуру браков: **неизбирательных**, где пары формируются с равной вероятностью скрещивания индивидуумов обеих полов и **избирательные** браки, при этом в брак вступают люди состоящие в родстве (**инбридинг**) или люди, относящиеся к разным популяциям (**аутбридинг**). Большое влияние на структуру брака оказывают размеры популяции.

В зависимости от степени панмиксии и размеров различают менделевские популяции, демы и изоляты .

Менделевская популяция – по определению Ф.Г. Добжанского – это репродуктивное сообщество разнополых и перекрестноопыляющихся или перекрестнооплодотворяющихся особей, обладающих общим генофондом. Самая крупная менделевская популяция – это вид (разные виды имеют разные генофонды); в отношении людей – это человечество, которое складывается из менделевских популяций более низкого ранга (подвидов у животных и растений и рас у человека). Последние в свою очередь могут состоять из более мелких групп. Таким образом, менделевская популяция – это многочисленная, имеющая общий длительно не меняющийся генофонд и достаточный уровень панмиксии, популяция.

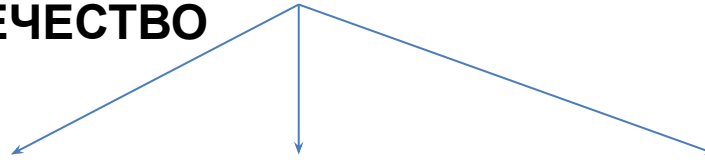
Демы – популяции с численностью людей от 1500 до 4000 человек. частота внутригрупповых браков 80-90%, приток генов извне 1-2%.

Изоляты – популяции с численностью менее 1500 людей.

Внутригрупповые браки более 90%, приток генов извне менее 1%. Если изолят существует не менее 4 поколений (100 лет), то все его члены являются, не менее чем троюродными братьями и сестрами. Малые популяции характеризуются высоким уровнем гомозиготности.

Изолятами именуют обычно небольшие группы, входящие в состав популяции и изолированные от остальной популяции социальными факторами. Однако размер их может быть и довольно большим, но в отношении размножения (заключения браков) они остаются абсолютно отдельными.

ПОПУЛЯЦИЯ ЛЮДЕЙ – ЧЕЛОВЕЧЕСТВО



	Менделевские (панмиксические)	Демы	Изоляты
Численность	Свыше 5-10 тыс.	1500-4000	Менее 1500
Скрещивание	Свободное	Близкородствен ные браки 80-90%	Близкородствен ные браки свыше 90%
Изоляция	Отсутствует	Приток генов 1-2%	Приток генов мене 1%
Частота генов и генотип	Подчиняется закону Харди- Вайнберга	Определяется дрейфом генов	Определяется дрейфом генов

Генетическая структура популяции

Генетически популяция характеризуется её генофондом

Генофонд – это совокупность генотипов всех особей популяции, а, следовательно, совокупность генов всех особей и их аллелей.

генетическим единством с динамическим равновесием частот аллелей и особей с разными генотипами;

наследственным разнообразием или генетическим полиморфизмом.

Генетическое единство популяции.

Изучить генетическую структуру популяции – это значит определить, какие генотипы и в каком отношении составляют популяцию, а также с какой частотой в ней встречаются различные аллели.

Генетическое единство популяции обеспечивается достаточным уровнем панмиксии. Источником аллелей для формирования генотипов последующих поколений является весь генофонд популяции. Важнейшей характеристикой структуры популяции являются частоты встречаемости аллелей (генов) и генотипов. В различных популяциях определенные аллели и генотипы встречаются с разной частотой.

Генетическое единство популяции. Закон Харди-Вайнберга.

Закон Харди-Вайнберга

Дж. Харди (математик) и Г. Вайнберг
(врач), 1908 г.

Закон Харди-Вайнберга

Для выполнения этого закона популяция должна иметь следующие свойства:

- 1) новые мутации в данной популяции не появляются;
- 2) популяция изолирована – нет миграций особей-носителей генов;
- 3) популяция бесконечно велика, одно случайное событие не может изменить частоту аллеля;
- 4) панмиксия – родительские пары образуются случайно, независимо от генотипа;
- 5) все аллели одинаково влияют на жизнеспособность, генотипы выживают одинаково.

Закон Харди-Вайнберга

Дж. Харди (математик) и Г.

Вайнберг

(врач), 1908 г.

Рассмотрим один ген, у которого

только два аллеля, А и а,

частота А – р, частота а – q,

$$p+q=1,$$

тогда частоты генотипов АА, Аа, аа

будут следующие:

$$(p+q)^2 = p^2 (AA) + 2pq(Aa) + q^2 (aa)$$

Этот закон будет выполняться в

идеальной популяции

Закон Харди-Вайнберга

Генотипы: AA Aa aa

Вероятности (частоты): $p^2 + 2pq + q^2$

Гаметы: A A A a a a

A, a (p+q) X A, a (p+q) $p^2 + pq = p^2 + p(1-p) = p$

pA qa

pA p^2 AA pq Aa

qa pq Aa q^2 aa

Для изучения наследования в популяции гена, находящегося в форме двух аллелей А и а, закон Харди-Вайнберга можно представить следующим образом.

Если частота доминантного аллеля (А) в популяции равна p , а частота рецессивного аллеля $a = q$, то используя решетку Пеннета:

можно получить уравнение Харди-Вайнберга,
описывающее генотипическую структуру популяции:

$$p^2 AA + 2pqAa + q^2 aa = 1,$$

где p^2 – количество доминантных гомозигот,

q^2 – количество рецессивных гомозигот,

$2pq$ – количество гетерозигот в популяции.

Частота встречаемости генотипических комбинаций
 $AA : 2Aa : aa$ остается неизменной из поколения в поколение и описывается представленным выше уравнением.
Частоты встречаемости аллелей (A) и (a) будет отвечать формуле $p + q = 1$.

Следствия, вытекающие из закона Харди-Вайнберга

1. Частоты аллелей не изменяются от поколения в поколение.

Частота аллеля (A или a) в потомстве равна сумме частот генотипов гомозигот (AA или aa, соответственно) и половине частот гетерозигот (Aa), т.е. частота доминантного аллеля $A = p^2 + pq = p(p + q) = p$; частота рецессивного аллеля $a = q^2 + pq = q(q + p) = q$ (т.к. сумма всех аллелей (гамет) равна 1, т.е. $p + q = 1$).
Это следствие очень важно для вычисления частоты

2. Частоты генотипов в панмиктической популяции не меняются в ряду поколений, так как частоты генотипов в следующем поколении, так же остаются неизменными и соответственно равными p^2 , $2pq$, q^2 . Таким образом, генотипическая структура популяции одинакова как в первом, так и в последующих поколениях при условии отсутствия давления отбора.

3. Нельзя избавиться от рецессивного аллеля в популяции. Чем меньше частота рецессивного аллеля (q), тем больше частота доминантного аллеля (p), а, следовательно, увеличивается доля гетерозигот в популяции ($2pq$), которые с равной вероятностью образуют гаметы, содержащие рецессивный аллель (a) и доминантный аллель (A).

Закон Харди-Вайнберга

Менделевское наследование не меняет частоты аллелей в популяции. Равновесие устанавливается в первом поколении и сохраняется. Факторы, которые меняют генетическую структуру популяции:

- Отбор
- Мутации
- Миграции особей
- Случайный дрейф генов
- Изоляция
- Избирательное скрещивание

Факторы	Роль факторов
Мутационный процесс	Приводит к изменению генофонда популяции.
Изоляция	Препятствует обмену генетической информацией между популяциями.
Дрейф генов	Приводит к изменению частот аллелей в популяции.
Популяционные волны	Приводит к изменению частот аллелей в популяции.
Естественный отбор	Способствует сохранению особей с генотипами, соответствующими среде обитания.

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ФАКТОРЫ ЭВОЛЮЦИИ



Изоляция

- Роль *изоляции* как фактора эволюции в прошлом была огромной, о чем свидетельствует возникновение рас. Развитие средств передвижения привело к постоянной миграции людей, их метисации, в результате чего на планете почти не осталось генетически изолированных групп населения.

Изоляция



Географическая

Преградами выступают горные хребты, водоёмы, пустыни...

Биологическая

экологическая



Генетическая



Поведенческая



Несовместимость половых продуктов особей разных видов

Связана с особенностями поведения самок и самцов во время размножения

Скрещивание невозможно из-за различий в условиях обитания популяций

Экологическая изоляция



Рыжая лиса и песец также обитают в разных экологических условиях, отбор привел к различиям в генофонде и морфологическим различиям.



Из-за различия в хромосомном наборе между особями разных видов имеется репродуктивная изоляция:

- разные сроки размножения;
- по-разному устроены половые аппараты;
- сперматозоиды не могут проникнуть в яйцеклетку;
- если оплодотворение произошло, то погибает зародыш или молодой организм рождается нежизнеспособным.
- если гибрид жизнеспособен, то он неплодовит (примеры: лошак, мул, хонорик)

В популяциях людей, кроме перечисленных имеют место другие механизмы изоляции: разнообразие культур, языков, экономических укладов, религиозных и морально-этических установок, которые можно объединить общим термином – **социальная изоляция**.

Социальная изоляция наряду с физическими отличиями сохраняет высокий уровень генетической изоляции между популяциями людей. Увеличение числа популяций людей связанное с социальной изоляцией является причиной генетического разнообразия (полиморфизма) и усложнения популяционной структуры человечества. Примерами социальной изоляции является кастовость и многообразие языков в Индии, которые привели к широкому спектру антропологических особенностей индусов.

изоляция, как эволюционный фактор,
является важным фактором
видообразования, ускоряющим процесс
разграничения видов.

Религиозные запреты межпопуляционных браков приводят к повышению частоты рецессивных генотипов вследствие инбридинга в малочисленных популяциях (демы, изоляты).

Однако, изоляция со временем может ослабевать (географическая – вследствие развития транспорта, социальная – вследствие социальных изменений в обществе), круг возможных браков увеличивается.

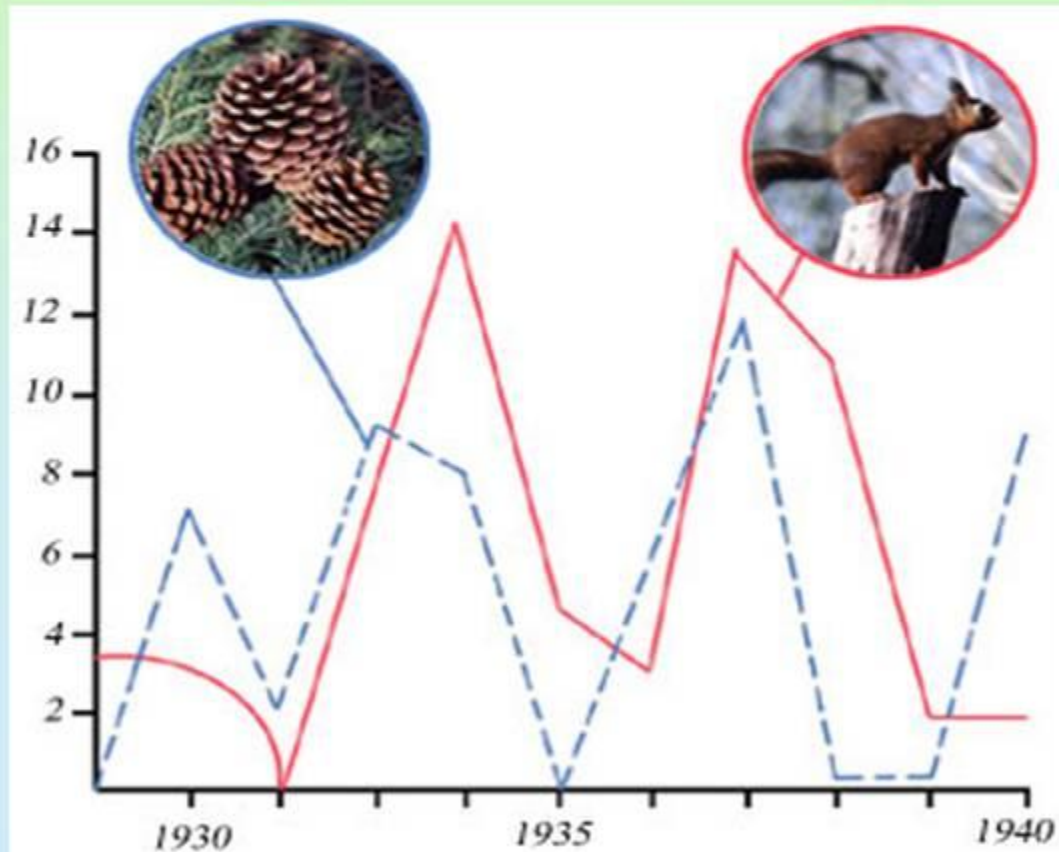
Разрушение многовековых изолятов в прошлом и в настоящее время приводит к смешению популяций и, как следствие, к гетерозису, генетическому разнообразию, повышению развития. Одним из примеров является разрушение изоляции белых и негров в Бразилии и США. Доля генов от белых у американских негров составляет 25%, у бразильских – 40%.

Динамика изменения частоты генотипов
в популяции самоопыляющихся
растений.

Поко- ление	P AA x aa	Частота генотипов (%)	
		Гомозиготы	Гетерозиготы
F ₁	Aa	0	100
F ₂	1AA : 2Aa : 1aa	50	50
F ₃	4AA 2AA : 4Aa : 2aa 4aa 6AA 4Aa 6aa 3AA : 2Aa : 3aa	75	25
F ₄	12AA 2AA : 4Aa : 2aa 12aa 14AA 4Aa 14aa 7AA : 2Aa : 7aa	87,5	12,5
F ₁₀	511AA : 2Aa : 511aa	98,8	0,2

Популяционные волны

Присущие всем видам периодические и непериодические изменения численности особей, возникающие в результате влияния факторов среды (С.С. Четвериков, 1905 год, «Волны жизни»)



Волны жизни (популяционные волны) — это периодические колебания размеров популяций по числу особей (С. С. Четвериков). Причины этих колебаний разнообразны, они могут быть биотичны и абиотичны (запасы пищи, количество хищников, конкурен-

тов, климатические условия года и т. п.). После увеличения числа особей в популяции происходит закономерное его уменьшение. Волны жизни сами по себе не вызывают наследственной изменчивости, но они способствуют изменению частот аллелей в популяциях.

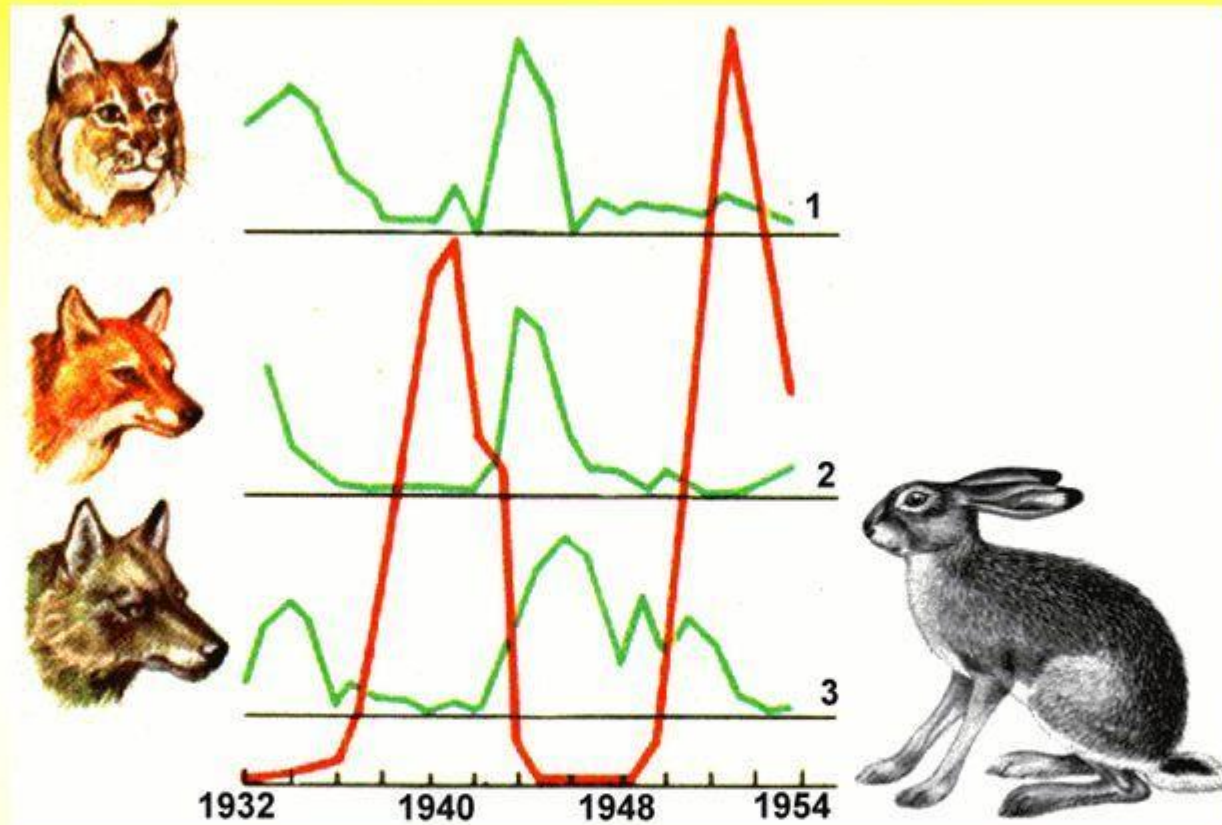
охотников, а также войны.

Изменение генофондов популяции происходит как на подъеме, так и на спаде популяционных волн. **При росте численности** наблюдается слияние популяций и **объединение генофондов**.

При этом возникают новые генофонды с новыми частотами аллелей. В результате усиления миграции происходит перераспределение аллелей. На гребне популяционной волны некоторые особи выселяются за пределы ареала и оказываются в новых условиях среды, попадая под влияние новых факторов отбора.

При спаде численности наблюдается **распад крупных популяций**. Возникшие малые популяции имеют измененный генофонд. При этом в условиях массовой гибели особей из популяции исчезают некоторая часть аллелей, в том числе редких. При сохранении редких аллелей в генофонде, его

Популяционные волны



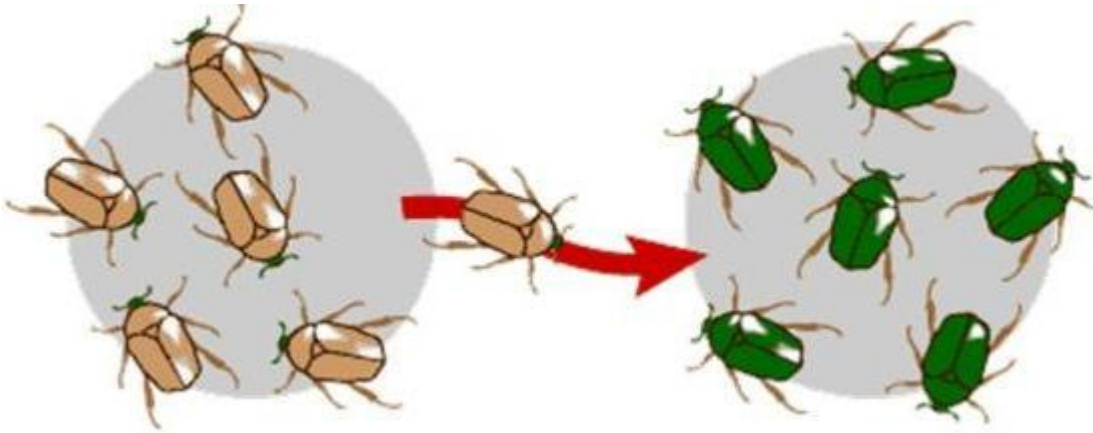
Часто колебания численности связаны с прессом хищников. На рисунке показаны изменения численности хищника и жертвы, причем изменение численности жертвы опережает изменение численности хищника. Популяционные волны – одна из частых причин дрейфа генов.

Колебания численности людей в популяциях зависят как от биологических факторов, так и социальных. В целом численность людей на планете возросла от 5 млн. в эпоху неолита до 6 млрд. к настоящему времени. Темпы прироста в разное время менялись. Ускорения роста связаны с новейшими достижениями человечества: земледелием, индустриализацией, научно-технической революцией. Важным моментом являлось изменение плотности населения: от 1 человека на 3 км² в эпоху охотников до 900-1200 человек в настоящее время. Расселение человечества крайне неравномерно: сейчас 50% населения заселяют 5% суши. Ускорение роста численности при ограниченной территории усиливает миграцию. Снижение численности людей происходило в результате эпидемий (холера, чума), снижение численности крупных животных в эпоху охотников, а также войны

Миграци я

Миграция или **поток генов** – это обмен генов между популяциями, который возникает, когда особи одной популяции скрещиваются с особями другой, либо как результат проникновения в популяцию животного, родившегося в другом месте.

Предки современных негров США были вывезены из Африки примерно 300 лет назад (около 10 поколений). Поток генов от белого населения США к негритянскому шел с интенсивностью 3,6% за одно поколение. Через 10 поколений доля генов африканских предков составляет 0,69 общего числа генов современного негритянского населения. (Поток генов равный 3,6% за одно поколение это 0,036, за 10 поколений это цифра составит 0,36. Приняв число генов современных негров за 1, число генов африканских предков составит $1 - 0,36 = 0,69$). Доля генов белого населения в популяции негритянского населения будет равна разнице между общим числом генов негритянского населения минус доля генов африканских предков ($1 - 0,69$) и составит 0,31, т.е. 31% генов американские негры унаследовали от белого населения. Т.е. поток генов между белым и негритянским населением был весьма значителен.



Поток генов действует как связующая сила, которая препятствует возникновению слишком сильных различий между популяциями одного вида. Если популяции изолированы, то отбор может направить их эволюцию в разных направлениях. Поток генов стремится объединить популяции, уменьшив их изоляцию и генетическое различие, но, изменяя частоты аллелей в популяциях, он не имеет **направленности** и носит **случайный** характер

Дрейф генов, или **генетико-автоматические процессы**, — явление ненаправленного изменения частот аллельных вариантов генов в популяции, обусловленное случайными статистическими причинами. (пожар, холодная зима).

открытый в начале 30 годов XX века Н.П. Дубининым и Д.Д. Ромашевым в СССР и С. Райтом в США.

Дрейф генов как фактор ЭВОЛЮЦИИ

- Благодаря дрейфу частоты аллелей могут случайно меняться в локальных популяциях, пока они не достигнут точки равновесия – утери одного аллеля и фиксации другого.
- В разных популяциях гены «дрейфуют» независимо.
- Таким образом, дрейф генов ведет с одной стороны к уменьшению генетического разнообразия внутри популяций, а с другой стороны - к увеличению различий между популяциями, к их дивергенции по ряду признаков.
- Эта дивергенция в свою очередь может служить основой для видообразования.



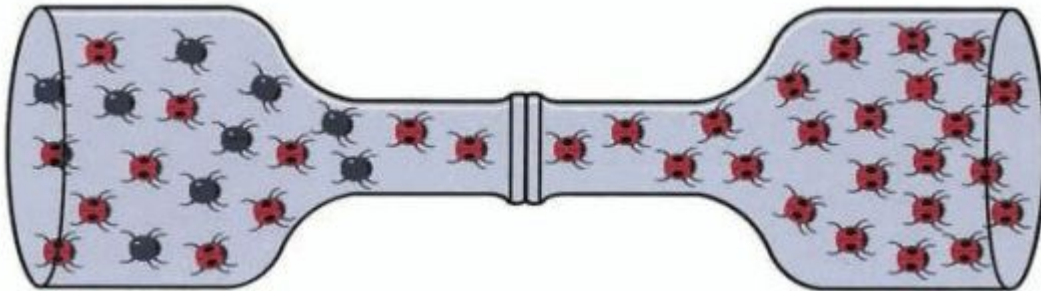
Дрейф генов как фактор ЭВОЛЮЦИИ

- При высокой интенсивности отбора и высокой численности популяций влияние случайных процессов на динамику частот генов в популяциях становится пренебрежимо малым.
- Наоборот, в малых популяциях при небольших различиях по приспособленности между генотипами дрейф генов приобретает решающее значение. В таких ситуациях менее адаптивный аллель может зафиксироваться в популяции, а более адаптивный может быть утрачен.
- Аллель, утраченный в результате дрейфа, может возникать вновь и вновь за счет мутирования.
- Поскольку дрейф генов – ненаправленный процесс, то одновременно с уменьшением разнообразия внутри популяций, он увеличивает различия между локальными популяциями. Этому противодействует миграция. Если в одной популяции зафиксирован аллель A , а в другой a , то миграция особей между этими популяциями приводит к тому, что внутри обеих популяций вновь возникает аллельное разнообразие.

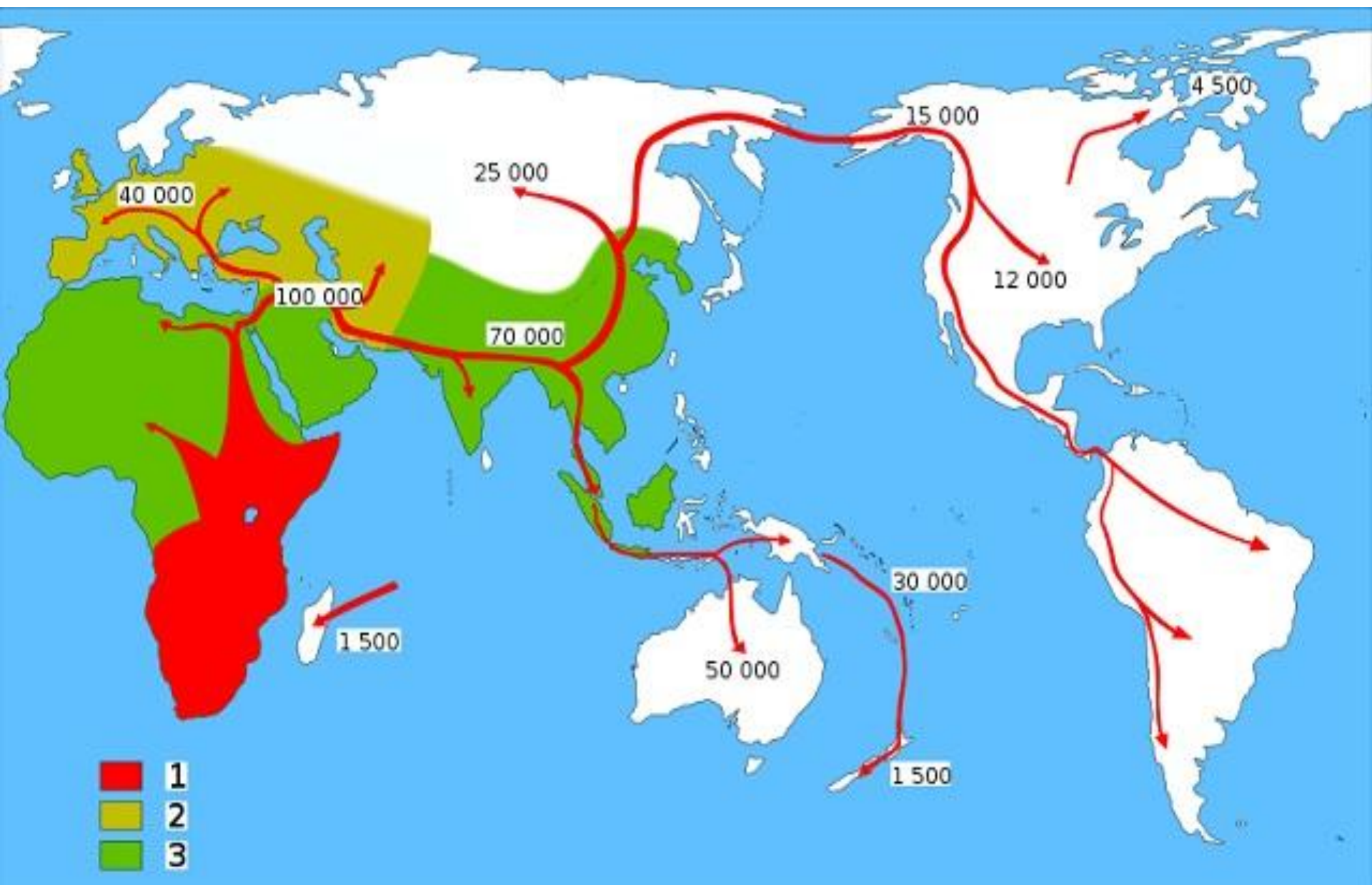
дрейф генов

- В периоды резкого спада численности роль дрейфа генов сильно возрастает. В такие моменты он может становиться решающим фактором эволюции. В период спада частота определенных аллелей может резко и непредсказуемо меняться. Может происходить потеря тех или иных аллелей и резкое обеднение генетического разнообразия популяций.
- Потом, когда численность популяции начинает возрастать, популяция будет из поколения в поколение воспроизводить ту генетическую структуру, которая установилась в момент прохождения через «бутылочное горлышко» численности.

примером дрейфа генов является **эффект «бутылочного горлышка»**. В результате резкого изменения климатических условий популяция резко сокращает численность. При этом погибают особи, выводя из популяции часть аллелей. В дальнейшем такая популяция либо погибнет, либо выживет и восстановит численность, но вследствие дрейфа генов, проходя через «бутылочное горлышко» (сужение условий существования) в ней существенно изменяются частоты аллелей. В процессе антропогенеза такой

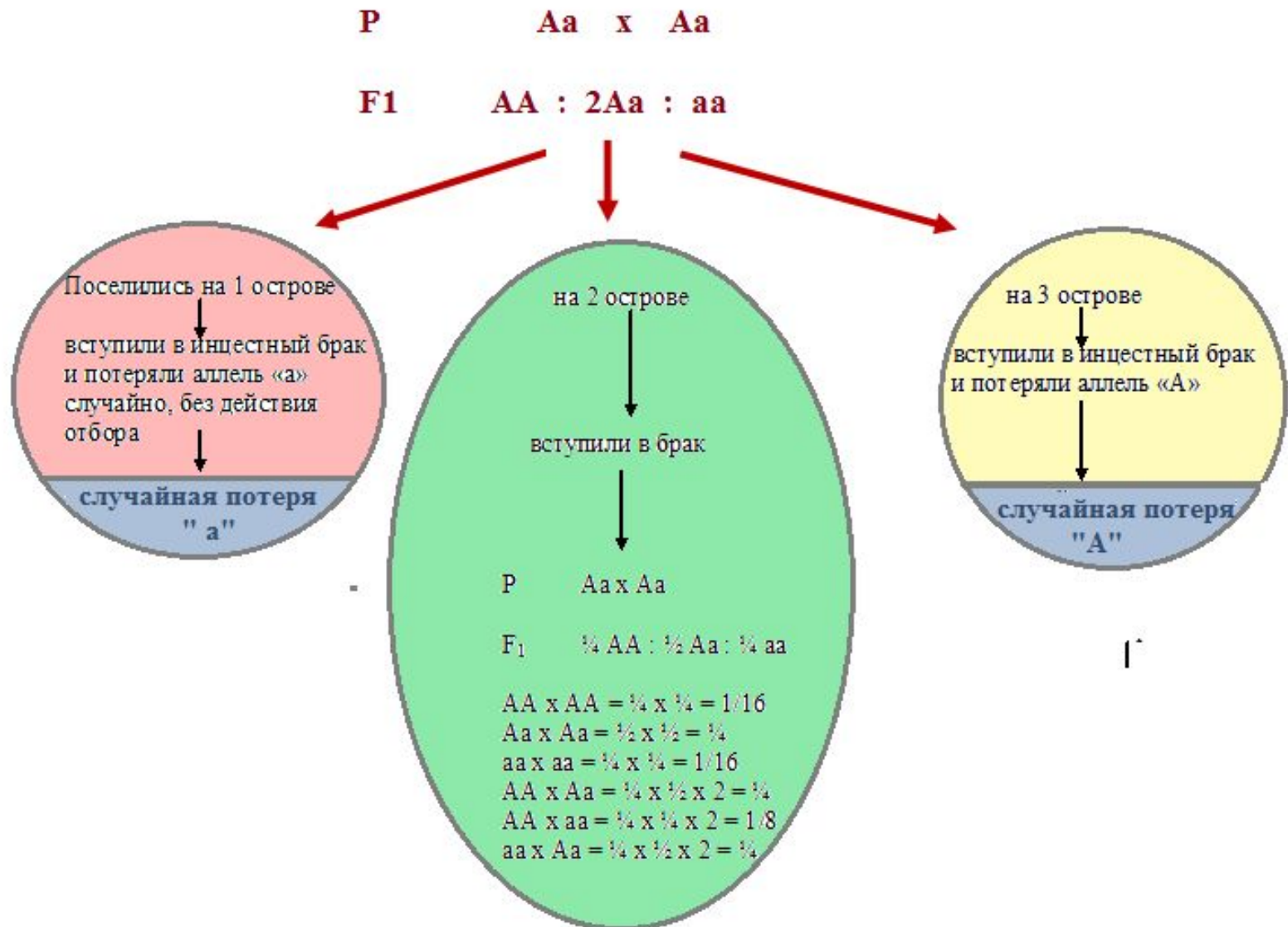


в процессе миграции неандертальцев из Африки в Европу через перешеек в Средиземном море (бутылочное горлышко), новая популяция в Европе потеряла часть аллелей родительской популяции и в дальнейшем увеличивала численность на фоне обедневшего генофонда



Примером дрейфа генов является процесс возникновения новой популяции, состоящей из нескольких особей. Такой процесс Э. Майр назвал «эффектом основателя» или «эффект родоначальника». При этом процессе многие гены материнской популяции утрачиваются. Новая популяция развивается на основе обедненного генофонда, который затем будет изменяться под влиянием эволюционных факторов. Так формировались популяции многих видов, обитающих на океанических островах, озерах, экологических изолятах и т.д. В популяциях людей это имеет место, когда несколько семей порывают связь со своей популяцией и создают её на новой территории. Для такой популяции характерен высокий уровень брачной изоляции. Это способствует закреплению в её генофонде одних аллелей (случайная фиксация) и утрате других (случайная потеря).

Предположим, что в Тихом океане существует несколько островов, на одном из них поселилась пара с генотипом Aa. Они вступили в брак



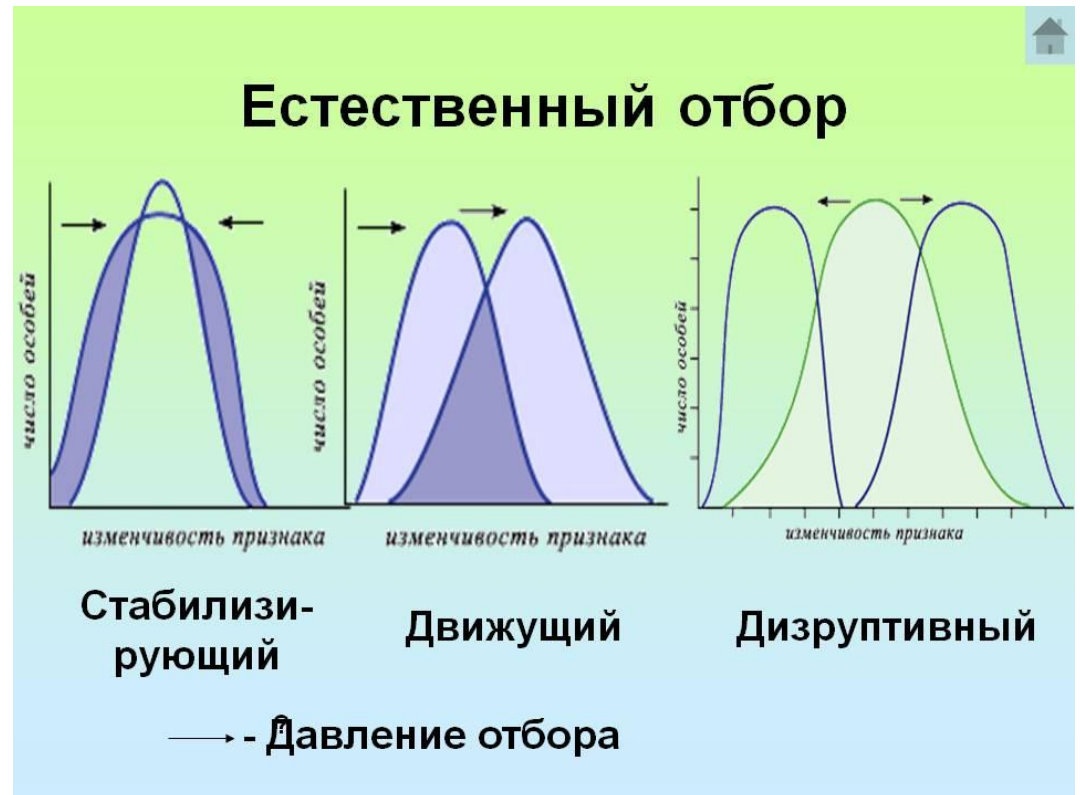
Естественный отбор (ЕО) — процесс, приводящий к выживанию и преимущественному размножению более приспособленных к данным условиям среды особей, обладающих полезными наследственными признаками.

Механизмами отбора являются избирательная смертность и избирательное размножение генотипов, и естественный отбор осуществляется в процессе борьбы за существование по фенотипу. Борьба за существование проявляется в ходе конкуренции за пищу, ареал и полового партнера.

Формы естественного отбора:

- 1. Движущий отбор** — форма естественного отбора, которая действует при направленном изменении условий внешней среды.
- 2. Стабилизирующий отбор** — форма естественного отбора, при которой его действие направлено против особей, имеющих крайние отклонения от средней нормы, в пользу особей со средней выраженностью признака.

3. Дизруптивный (разрывающий) отбор — форма естественного отбора, при котором условия благоприятствуют двум или нескольким крайним вариантам (направлениям) изменчивости, но не благоприятствуют промежуточному, среднему состоянию признака.



4. Половой отбор—эта форма отбора определяется не борьбой за существование в отношениях органических существ между собою или с внешними условиями, но соперничеством между особями одного пола, обычно самцами, за обладание особями другого пола.

5. Положительный отбор — форма естественного отбора. Его действие противоположно отсекающему отбору. Положительный отбор увеличивает в популяции число особей, обладающих полезными признаками, повышающими жизнеспособность вида в целом.

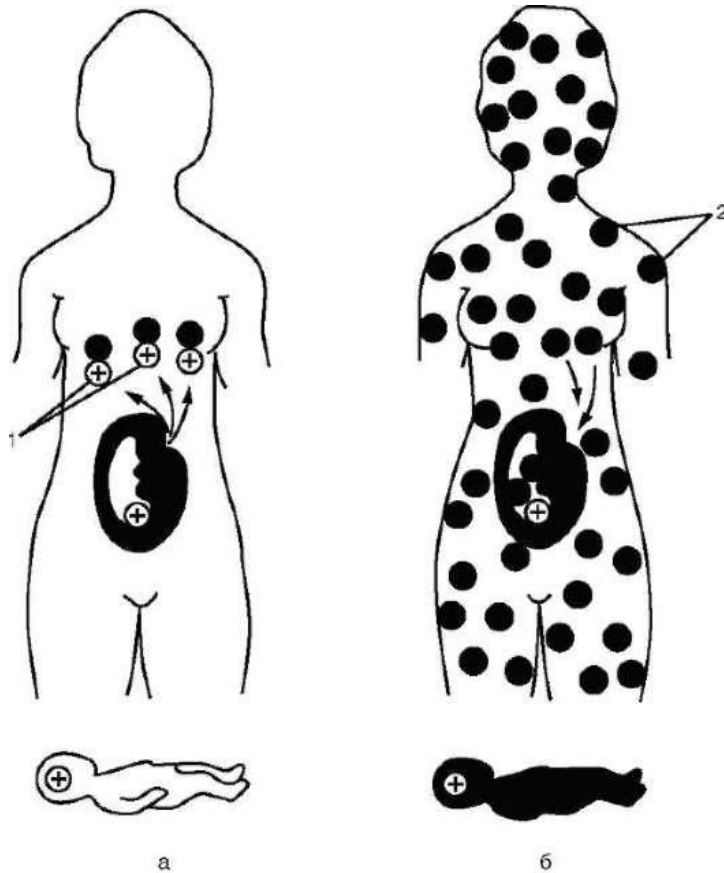
6. Отсекающий отбор — форма естественного отбора. Его действие противоположно положительному отбору. Отсекающий отбор выбраковывает из популяции подавляющее большинство особей, несущих признаки, резко снижающие жизнеспособность при данных условиях среды.

В популяциях людей в результате преобладания социальных факторов эволюции естественный отбор утратил функцию видообразования. За ним сохранились **функции стабилизации генофонда и поддержания генетического разнообразия.**

Различают следующие формы естественного отбора в популяциях людей:

- Отбор против гетерозигот;
- Отбор против гомозигот;
- Частотно-зависимый отбор;
- Родственный отбор;
- Отбор, обусловленный инфекционными болезнями.

Отбор против гетерозигот.



При беременности Rh-отрицательной женщины (dd) Rh-положительным плодом (отец DD или Dd), Rh-антигены плода через пуповину вены попадают в кровь матери и вызывают выработку у неё Rh-антител. При повторной беременности «Rh+» ребенком, она прерывается выкидышем, вследствие того, что анти-Rh-антитела матери проникают через плаценту плода и разрушают его эритроциты. Развивается гемолитическая болезнь плода с тяжелой формой анемии. В настоящее время существуют эффективные меры борьбы с этой болезнью.

Отбор против ГОМОЗИГОТ;

больной тяжелой формой

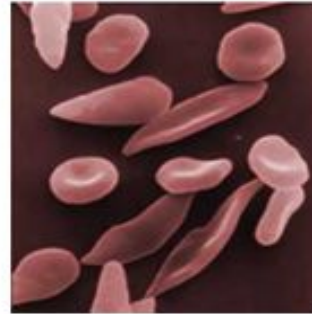
$НВ^S НВ^S$



Погибнет от анемии

Больной легкой формой

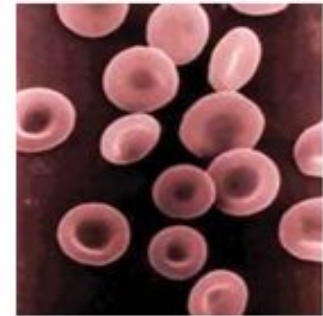
$НВ^A НВ^S$



Устойчив к малярии,
жизнеспособен по анемии

Здоровый

$НВ^A НВ^A$



Погибнет от малярии

Отбор в пользу гетерозигот, когда обе гомозиготы имеют пониженную, по сравнению с гетерозиготами, приспособленность называют **сверхдоминированием** или **гетерозисом**.

Частотно-зависимый отбор. Тип отбора, который также обеспечивает сохранение устойчивого генетического полиморфизма. Отбор является частотно-зависимым, если приспособленность генотипов зависит от их частоты: приспособленность велика, когда генотип редок и мала, если генотип широко распространен. Если он редок, то отбор будет способствовать повышению его частоты, но вследствие этого, приспособленность его рискует упасть, а приспособленность альтернативного генотипа возрастет. И так до достижения частоты, которая уравнивает приспособленность генотипов, и обеспечить устойчивое полиморфное равновесие. Бабочка *Papilio memnon* мимикрирует под несъедобный вид. Пока её частота низкая, хищники встречают несъедобный вид чаще и начинают избегать и несъедобный вид и мимикрирующий. Однако при увеличении её частоты, хищники начнут встречать её чаще, чем несъедобную и перестанут избегать, тогда генотип её станет невыгоден.

Частотно-зависимый половой отбор возникает, когда вероятность скрещивания зависит от частоты генотипов. При выборе партнеров предпочтение отдается носителям редких генотипов. Известно, что в Средиземноморье у мужчин большим успехом пользуются блондинки, а в Скандинавии – брюнетки. Это явление известно под названием «предпочтение брачных партнеров редкого типа» и представляет собой механизм поддержания редких генотипов. Особенно важен он при наличии миграции. Иммигранты, будучи редкими, обладают преимуществом при спаривании; в результате вероятность того, что их

Родственный отбор.

На лугу живет 5 луговых собачек из одного помета (сибсы), гетерозиготные по одному и тому же гену. К ним бесшумно приближается хищник, который может схватить любую из них. Одна из них, заметив хищника подает сигнал тревоги, и этим отвлекает хищника на себя. Её сибсы спрячутся, а она будет съедена. Подача сигнала для этой особи губительна, на это повысит вероятность выживания данного аллеля, т.к. гибнет лишь один носитель. Если эта черта поведения (подача сигнала) определяется этим аллелем, то ясно как она распространяется в популяции. И хотя она губительна для отдельной особи, тем не менее она сохраняется отбором. Такие черты называются **альтруистическими** а тип отбора

Особь борется за сохранение и передачу **своих генов**. Мать, защищая своих детенышей, может погибнуть, но пожертвовав собой, она фактически спасает свою жизнь за счет детенышей, которые несут половину её генов.

Пример родственного отбора, не связанного с альтруизмом. Лев убивает соперника и наследует его прайд (семью), которая состоит из нескольких львиц. Унаследовав «гарем» соперника, он сразу убивает всех его детенышей. Это связано с тем, что львицы, выкармливая детенышей, не способна к зачатию. Лев должен оставить как можно больше своих генов. Убивая детенышей, он ускоряет процесс размножения и одновременно уменьшает число генов соперника в популяции.

Отбор, обусловленный инфекционными болезнями.

Это отбор генотипов, более устойчивых к определенным инфекциям. Наиболее эффективным он был в прошлые века и вероятно одним из основных в популяциях людей. К таким болезням относятся: острые инфекции – чума, холера, оспа; хронические инфекции – туберкулез, сифилис, проказа; группа кишечных инфекций и малярия.

Отбор по группам крови

AB0

Исследования показали, что некоторые преимущества имеют группы крови: 0 – устойчива к сифилису, АВ – холере, В – чуме, B0 – оспе. люди с группой А чаще заболевают раком, а с 0 группой – язвой желудка

Изучение
распределения групп
крови АВ0 среди
населения земного
шара таково
(предварительные
данные):

исключительно высока
частота 0 группы в
Центральной и Южной
Америке в связи с
устойчивостью к
сифилису, 0 группа
часта в

периферических
популяциях Европы
(следствие низкого
давления чумы и
холеры), низкая частота
аллеля А в центральной
и Южной Азии (отбор
сезей) и одновременно

