*Факторы эволюции: борьба за существование, дрейф генов, изоляция. Популяционные волны. Типы изоляции: географическая, экологическая. Сохранение генетической структуры вида.*

**Изучите теорию.**

**Определение**

**Факторы эволюции** — движущие силы, вызывающие и закрепляющие изменения в генетической структуре популяций.

**Популяция** — группа особей одного вида, занимающих определенную территорию, свободно скрещивающихся между собой и относительно изолированных от других представителей данного вида. Популяция — элементарная единица эволюции.

**Вид** — совокупность особей, обладающих сходными морфологическими и физиологическими признаками, занимающих определенную территорию обитания (ареал) и одинаковую экологическую нишу, способных свободно скрещиваться между собой и давать плодовитое потомство.

**Микроэволюция** — процессы эволюции, идущие внутри вида (на уровне популяций). Их результатом может стать видообразование.

Основные *движущие силы эволюции* по Ч. Дарвину:

* наследственная изменчивость;
* борьба за существование;
* естественный отбор.

**Естественный отбор задает направление эволюционного процесса.**

**Закон Харди–Вайнберга и элементарное событие эволюции**

Согласно основному закону популяционной генетики — **закону Харди-Вайнберга** — в популяции  при стабильных условиях окружающей среды частоты аллелей генов будут оставаться постоянными из поколения в поколение.  
Генетика и эволюционная теория не сразу нашли «общий язык». Так, одним из основных возражений теории Дарвина среди его современников был так называемый «кошмар Дженкина» (по имени автора возражения, английского инженера). Согласно ему, случайно появившийся у отдельной особи  в результате мутации полезный признак в группе организмов (популяции) постепенно будет «размыт» скрещиванием с обычными особями. Это логическое затруднение преодолено с созданием популяционной генетики.

Ошибка Дженкина заключалась в том, что признаки, закрепляемые отбором, согласно законам генетики, не исчезают при скрещивании, а передаются в полном объеме («размывающий» эффект скрещивания просто не существует). Даже в случае полного доминирования рецессивный ген сохраняется и передается потомству. Но о законах генетики ни Дарвин, ни Дженкин еще ничего не знали.

Только в начале XX в. были сформулированы основные принципы генетики популяций. Главное ее положение — закон Харди–Вайнберга — гласит, что в идеальной бесконечно большой популяции, все скрещивания в которой случайны (принцип **панмиксии**) и в которой не действуют никакие факторы эволюции, частоты всех аллелей *остаются постоянными в ряду поколений*. Это положение легко проверить, пользуясь элементарной математикой. Доминантный аллель не вытесняет рецессивный, в противоположность убеждению многих не знакомых с этим принципом людей. Если в идеальной популяции существует ген альбинизма с частотой 0,01 %, то с той же самой частотой этот аллель будет появляться в каждом из последующих поколений.

**Закон Харди–Вайнберга**

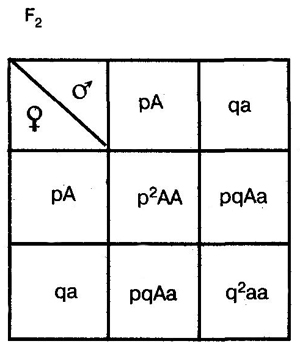
Закон Харди–Вайнберга — основа математических построений генетики популяций и современной эволюционной теории. Сформулирован независимо друг от друга математиком Г. Харди (Англия) и врачом В. Вайнбергом (Германия) в 1908 г. Этот закон утверждает, что частоты аллелей и генотипов в данной по­пуляции будут оставаться постоянными из поколения в поколение при выполнении следующих условий:

* численность особей популяции достаточно велика (в идеале бесконечно велика);
* спаривание происходит случайным образом (т.е. осуществ­ляется панмиксия);
* мутационный процесс отсутствует;
* от­сутствует обмен генами с другими популяциями;
* естественный отбор отсутствует, т. е. особи с разными генотипами одинаково плодовиты и жизнеспособны.

Иногда этот закон форму­лируют иначе: в идеальной популяции частоты аллелей и геноти­пов постоянны. (Поскольку описанные выше условия выполнения данного закона и есть свойства идеальной популяции.) Математи­ческая модель закона отвечает формуле:

Она выводится на основе следующих рассуждений. В качестве примера возьмем простейший случай — распределение двух ал­лелей одного гена. Пусть два организма являются основателями новой популяции. Один из них является доминантной гомозиго­той (АА), а другой — рецессивной гомозиготой (аа). Естественно, что все их потомство в F1 будет единообразным и будет иметь генотип (Аа). Далее особи F1 будут скрещиваться между собой. Обозначим частоту встречаемости доминантного аллеля (А) буквой p, а рецессивного аллеля (а) — буквой q. Поскольку ген представлен всего двумя аллелями, то сумма их частот равна единице, т. е. р + q = 1. Рассмотрим все яйцеклетки в данной популяции. Доля яйцеклеток, несущих доминантный аллель (А), будет соответствовать частоте этого аллеля в популяции и, сле­довательно, будет составлять р. Доля яйцеклеток, несущих ре­цессивный аллель (а), будет соответствовать его частоте и со­ставлять q. Проведя аналогичные рассуждения для всех сперматозоидов популяции, придем к заключению о том, что до­ля сперматозоидов, несущих аллель (А), будет составлять р, а несущих рецессивный аллель (а) — q. Теперь составим решетку Пеннета, при этом при написании типов гамет будем учитывать не только геномы этих гамет, но и частоты несомых ими алле­лей. На пересечении строк и столбцов решетки мы получим генотипы потомков с коэффициентами, соответствующими часто­там встречаемости этих генотипов.

*p2+2pq+q2=1.*



Из приведенной решетки видно, что в F2 частота доминантных гомозигот (АА) составляет р, частота гетерозигот (Аа) — 2pq, а рецессивных гомозигот (аа) — q. Поскольку приведенные гено­типы представляют собой все возможные варианты генотипов для рассматриваемого нами случая, то сумма их частот должна равняться единице, т. е. *p2+2pq+q2=1.*  
**Задача.**

Главное применение закона Харди–Вайнберга в генетике при­родных популяций — вычисление частот аллелей и генотипов. Рассмотрим пример использования этого закона в генетических расчетах. Известно, что один человек из 10 тыс. является альби­носом, при этом признак альбинизма у человека определяется одним рецессивным геном. Давайте вычислим, какова доля скрытых носителей этого признака в человеческой популяции. Если один человек из 10 тыс. является альбиносом, то это зна­чит, что частота рецессивных гомозигот составляет 0,0001, т. е. q2 = 0,0001. Зная это, можно определить частоту аллеля альби­низма q, частоту доминантного аллеля нормальной пигмента­ции р и частоту гетерозиготного генотипа (2pq). Люди с таким генотипом как раз и будут скрытыми носителями альбинизма, несмотря на то что фенотипически этот ген не будет у них прояв­ляться и они будут иметь нормальную пигментацию кожи.

Из приведенных простых расчетов видно, что, хотя число альби­носов крайне невелико — всего лишь один человек на 10 тыс., ген альбинизма несет значительное количество людей — около 2 % . Иными словами, даже если признак фенотипически про­является очень редко, то в популяции присутствует значитель­ное количество носителей этого признака, т. е. особей, имеющих этот ген в гетерозиготе.

Благодаря открытию закона Харди–Вайнберга процесс микроэволюции стал доступен непосредственному изучению: о его ходе можно судить по изменениям из поколения в поколение частот генов (или генотипов). Таким образом, несмотря на то что этот закон действителен для идеальной популяции, которой нет и не может быть в природе, он имеет огромное практическое значение, так как дает возможность рассчитать частоты генов, изменяющиеся под влиянием различных факторов микроэволюции.

 В реальных популяциях дело обстоит иначе. Они не бесконечны, скрещивания в них не являются полностью случайными, а также они почти всегда подвергаются действию факторов эволюции, изменяющих частоты аллелей.

Однако многие реальные популяции хорошо описываются законом Харди–Вайнберга. Например, пользуясь им, рассчитывают хорошо согласующиеся с реальными частоты аллелей групп крови, альбинизма и других признаков, по которым в большинстве случаев практически отсутствует отбор у человека. Человеческие популяции весьма велики и достаточно хорошо «перемешиваются».  
Изменение частот аллелей в популяции является **элементарным событием микроэволюции**.  
*К факторам эволюции относятся:*

* наследственная изменчивость (мутационная и комбинативная);
* борьба за существование;
* естественный отбор;
* волны жизни;
* изоляция;
* миграция;
* дрейф генов.

**Наследственная изменчивость**

**Определение**

**Мутационная изменчивость** — изменение генотипа под действием мутаций (случайных ненаправленных скачкообразных изменений генотипа).

Сами по себе мутации лишь создают материал для естественного отбора. Они не определяют направления эволюции, так как возникают случайно и не имеют приспособительного значения.  
Мутации:

* положительные мутации — мутации, полезные в данных условиях;
* отрицательные мутации — мутации, вредные в данных условиях;
* нейтральные мутации — мутации, не влияющие на жизнедеятельность организма в данных условиях.

Но так как условия постоянно изменяются, мы не можем предсказать, какое значение будет иметь данная  мутация завтра. Это говорит об относительности характера мутаций.

**Определение**

**Комбинативная изменчивость** — изменение генотипа в результате комбинации родительских генов в процессе оплодотворения.

Комбинативная изменчивость возникает благодаря гетерозиготности организмов в популяции и проявляется практически всегда. Мутационная является более редкой и часто приводит к появлению вредных признаков, но позволяет организмам приобретать принципиально новые свойства.

**борьба за существование**

**Определение**

**Борьба за существование** — это совокупность отношений, существующих между организмами и условиями среды.

Побеждают в борьбе за существование и продолжают род **наиболее приспособленные** особи, которые могут передать потомкам совокупность «выигрышных» признаков, что способствует сохранению популяции.

*Формы борьбы за существование:*

* борьба с неблагоприятными условиями среды; наиболее серьезное влияние оказывает в период новорожденности;
* межвидовая борьба за существование — борьба за природные ресурсы: территорию, убежища, пищу, воду, солнечный свет (у растений) и т. п.;
* внутривидовая борьба за существование — борьба за природные ресурсы и полового партнера. По мнению Ч. Дарвина, наиболее жесткая форма борьбы, так как происходит между животными, занимающими одну экологическую нишу, т. е. использующими одинаковые ресурсы.

**Изоляция**

**Определение**

**Изоляция**  — исключение или затруднение свободного скрещивания между особями одного вида.

Изоляция является элементарным эволюционным фактором, действующим на микроэволюционном уровне, и приводит к видообразованию.

**Географическая изоляция** — пространственное разобщение популяций благодаря особенностям ландшафта в пределах ареала вида (водные преграды для наземных организмов, участки суши для обитателей водоемов, горы, крупные автомагистрали и т. п.).

Ей способствует малоподвижный или неподвижный (у растений) образ жизни.

**Экологическая изоляция**: разделение по экологическим нишам внутри популяции (особенности окраски покровов, изменение пищевого рациона, размножение в разные сезоны, использование в качестве хозяина организмов разных видов (у паразитов).

**Этологическая (поведенческая) изоляция**: появление различий в ритуале ухаживания, окраски, запахов, «пения» самцов из разных популяций.

**Морфологическая изоляция:** различия в структуре органов размножения, разница в размерах тела, препятствующие скрещиванию. У растений такая форма изоляции возникает при приспособлении цветка к определенному виду опылителей.

Описанные формы изоляции, особенно в начальный период их действия, снижают, но не исключают полностью межпопуляционные скрещивания.

**Генетическая (репродуктивная) изоляция:** несовместимость гамет, гибель зигот непосредственно после оплодотворения, стерильность или малая жизнеспособность гибридов.

Репродуктивная изоляция является непреодолимым барьером для скрещивания.

**Волны жизни**

**Определение**

**Волны жизни** — колебания численности особей, характерные для любой популяции живых организмов.

Термин ввел С. С. Четвериков (1905 г.).

Их эволюционное значение сводится к случайным изменениям концентрации различных мутаций и генотипов, содержащихся в популяциях, а также к изменению направления и интенсивности отбора. Волны жизни могут быть опасны для выживания малочисленных популяций.

* *Сезонные (периодические)* волны жизни — генетически обусловленные волны жизни.
* *Несезонные (апериодические)* волны жизни — обусловленные непосредственным воздействием на популяцию различных абиотических и биотических факторов окружающей среды.

Длина волн жизни прямо пропорциональна продолжительности цикла развития организмов. Часто волны жизни сопровождаются пульсацией границ популяции.

**Дрейф генов**

**Определение**

**Дрейф генов, или генетико-автоматические процессы** — изменение частоты распределения генов из поколения в поколение в силу случайных причин.

Дрейф генов можно наблюдать на примере **«эффекта бутылочного горлышка»**. Если по какой-либо причине численность популяции резко уменьшится (например, в случае необычной засухи или непродолжительного увеличения численности хищников), то результатом будет случайное устранение большого числа индивидуумов. К тому времени, когда популяция вновь будет переживать расцвет, в ней будут гены, характерные для случайно выживших индивидуумов, а вовсе не для исходной популяции.

**Выполните задания.**

**1.Верите один, наиболее правильный вариант. Комбинативную изменчивость относят к**  
1) движущим силам эволюции  
2) направлениям эволюции  
3) результатам эволюции  
4) этапам эволюции

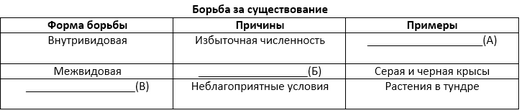
**2.Выберите один, наиболее правильный вариант. При экологическом видообразовании, в отличие от географического, новый вид возникает**  
1) в результате распадения исходного ареала  
2) внутри старого ареала  
3) в результате расширения исходного ареала  
4) за счет дрейфа генов

3.**Выберите один, наиболее правильный вариант. Разделение популяций одного вида по срокам размножения может привести к**  
1) популяционным волнам  
2) конвергенции признаков  
3) усилению межвидовой борьбы  
4) экологическому видообразованию

**4.Выберите один, наиболее правильный вариант. Фактором эволюции, способствующим накоплению разнообразных мутаций в популяции, является**  
1) внутривидовая борьба  
2) межвидовая борьба  
3) географическая изоляция  
4) ограничивающий фактор

**5.Выберите один, наиболее правильный вариант. Наследственная изменчивость в процессе эволюции**  
1) закрепляет созданный признак  
2) является результатом естественного отбора  
3) поставляет материал для естественного отбора  
4) отбирает приспособленные организмы  
**6.Выберите один, наиболее правильный вариант. Пример экологического видообразования**  
1) сибирская и даурская лиственница  
2) заяц-беляк и заяц-русак  
3) европейская и алтайская белка  
4) популяции севанской форели

**7. ПОП-ВОЛНЫ  
Вставьте в текст «Колебания численности особей» пропущенные термины из предложенного перечня, используя для этого цифровые обозначения.** Численность особей в популяциях непостоянна. Её периодические колебания называются (А). Их значение для эволюции состоит в том, что при росте численности популяции число мутантных особей увеличивается во столько же раз, во сколько возросло число особей. Если численность особей в популяции сокращается, то её (Б) становится менее разнообразным. В этом случае в результате (В) из него могут исчезнуть особи с определёнными (Г).  
1) популяционная волна  
2) борьба за существование  
3) изменчивость  
4) генофонд  
5) естественный отбор  
6) генотип  
7) фенотип  
8) наследственность

8.**БОРЬБА ЗА СУЩЕСТВОВАНИЕ  
  
Проанализируйте таблицу «Борьба за существование». Для каждой ячейки, обозначенной буквами, выберите соответствующий термин из предложенного списка. Запишите выбранные цифры, в порядке, соответствующем буквам.**  
1) борьба с условиями окружающей среды  
2) ограниченность природных ресурсов  
3) борьба с неблагоприятными условиями  
4) различные экологические критерии вида  
5) чайки в колониях  
6) самцы в брачный период  
7) береза и трутовик  
8) необходимость выбора полового партнера

**9.ВНУТРИВИДОВАЯ КРОМЕ  
Выберите два предложения, в которых указаны процессы, НЕ относящиеся к внутривидовой борьбе за существование. Запишите цифры, под которыми они указаны.**  
1) Состязание между волками одной популяции за добычу  
2) Борьба за пищу между серой и черной крысами  
3) Уничтожение молодняка при избыточной численности популяции  
4) Борьба за главенство в стае волков  
5) Редукция листьев у некоторых растений пустыни

**Часть 2.**

**ВНУТРИВИДОВАЯ - МЕЖВИДОВАЯ  
1. Установите соответствие между процессом, происходящим в природе, и формой борьбы за существование: 1) внутривидовая, 2) межвидовая**  
А) состязание между особями популяции за территорию  
Б) использование одного вида другим  
В) соперничество между особями за самку  
Г) вытеснение чёрной крысы серой крысой  
Д) хищничество  
**2. Установите соответствие между примером борьбы за существование и формой, к которой эта борьба относится: 1) внутривидовая, 2) межвидовая. Запишите цифры 1 и 2 в правильном порядке.**  
А) определение гнездовых участков в лесу клестами  
Б) использование бычьим цепнем крупного рогатого скота как места обитания  
В) соперничество между самцами за доминирование  
Г) вытеснение черной крысы серой крысой  
Д) охота лисицы на мышей-полевок

**3. Установите соответствие между примерами и видами борьбы за существование: 1) внутривидовая, 2) межвидовая. Запишите цифры 1 и 2 в порядке, соответствующем буквам.**  
А) вытеснение черной крысы серой крысой  
Б) поведение самцов лосей в брачный период  
В) охота лисицы на мышей  
Г) рост одновозрастных проростков свеклы на одной грядке  
Д) поведение кукушонка в гнезде другой птицы  
Е) соперничество львов в одном прайде

**4. Установите соответствие между процессами, происходящими в природе, и формами борьбы за существование: 1) межвидовая, 2) внутривидовая. Запишите цифры 1 и 2 в порядке, соответствующем буквам.**  
А) мечение территории самцом полевой мыши  
Б) токование самцов глухарей в лесу  
В) угнетение всходов культурных растений сорняками  
Г) конкуренция за свет между елями в лесу  
Д) хищничество  
Е) вытеснение черного таракана рыжим

**5. Установите соответствие между примерами и формами борьбы за существование, которые этими примерами иллюстрируются: 1) внутривидовая, 2) межвидовая. Запишите цифры 1 и 2 в порядке, соответствующем буквам.**  
А) «турнирные бои» северных оленей  
Б) произрастание растений моркови на одной грядке  
В) произрастание берёз и сосен в смешанном лесу  
Г) обитание нескольких самцов львов в одном прайде  
Д) обитание на одном картофельном поле личинок и взрослых особей колорадских жуков  
Е) обитание ласки в норах грызунов