

Материалы вебинара для учителей биологии

Подготовка обучающихся к ЕГЭ (линия 27-закон Харди- Вайнберга)

Составитель: учитель биологии
МБОУ гимназия «Лаборатория Салахова»
Скоробогатова Анна Владимировна

город Сургут, 2026

Что такое популяция и её значение

Популяция - это совокупность особей одного вида, свободно скрещивающихся и проживающих на одном ареале, что обеспечивает общность генофонда.

Она существует длительно, объединяя организмы, адаптирующихся к среде и представляющих собой элемент вида в процессе эволюции.

Изоляция популяций друг от друга приводит к возникновению новых подвидов, формируя биологическое разнообразие вида.

Ключевые понятия в популяционной генетике



Генофонд

Совокупность всех генов и их аллелей в популяции, отражающая генетическое разнообразие и потенциал эволюции.



Генотип

Набор генов каждого организма, формирующий наследственные характеристики, определяющие его свойства.



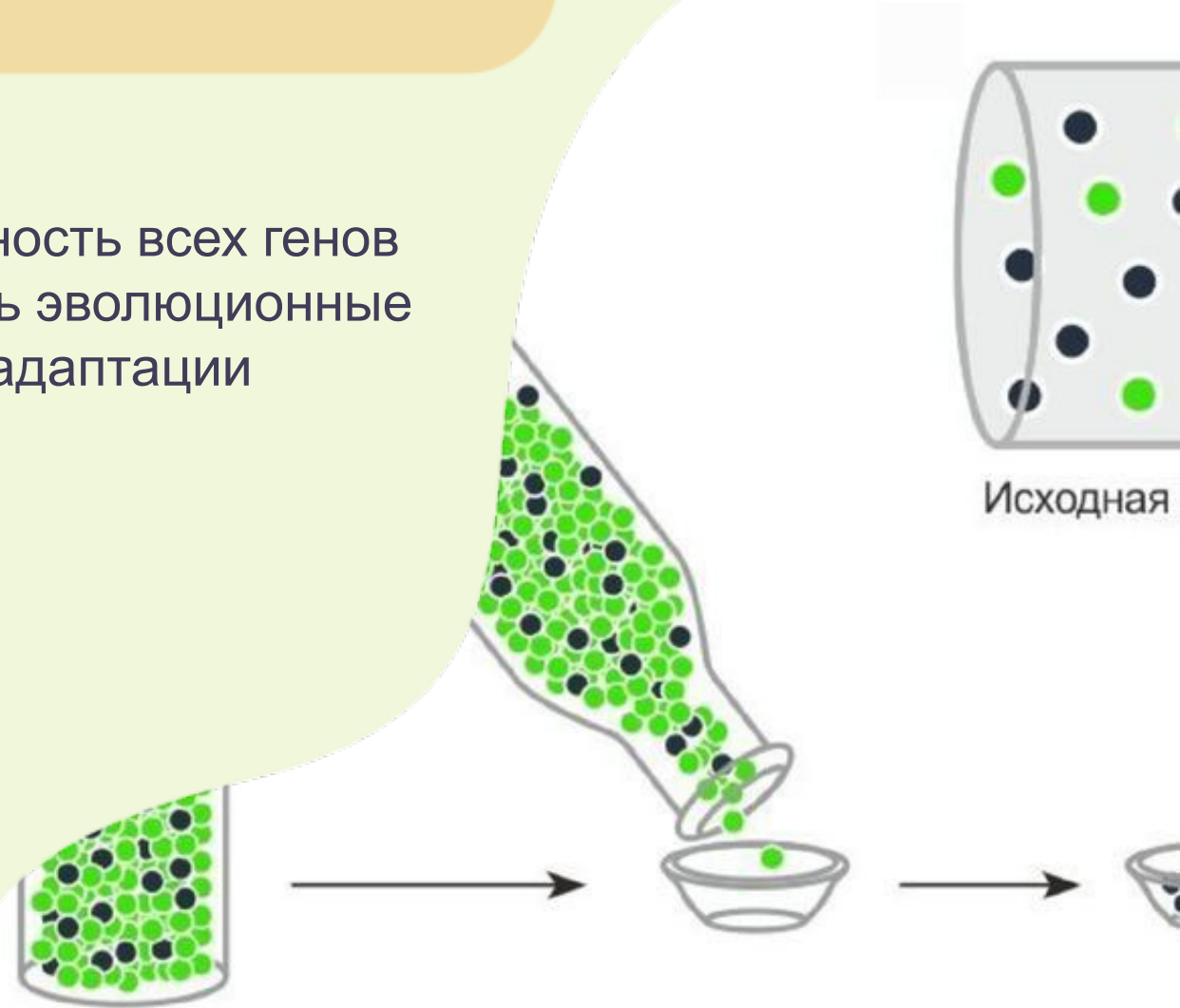
Фенотип

Внешнее проявление генотипа при взаимодействии с окружающей средой, включая биохимические и иные признаки.

Аллели (от греч. ἀλλήλων — друг друга, взаимно) — различные формы одного и того же гена, расположенные в одинаковых участках (локусах) гомологичных хромосом, определяют направление развития конкретного признака

Генофонд популяции: определение и значение

- Генофонд представляет собой совокупность всех генов в популяции, что позволяет исследовать эволюционные процессы и механизмы биологической адаптации видов.
- Изменения в генофонде стимулируют эволюцию, способствуя формированию новых адаптаций и появлению подвидов, что играет ключевую роль в многообразии живых организмов.



Закон Харди-Вайнберга

В популяциях имеются большие запасы таких аллелей, которые не приносят ей какой-либо пользы в данном месте или в данное время; они сохраняются в популяции в гетерозиготном состоянии, пока в результате изменения условий среды вдруг не окажутся полезными.

Как только это случается, их частота под действием отбора начинает возрастать, и в конечном счете они становятся основным генетическим материалом. Именно в этом кроется способность популяции адаптироваться, т. е. приспособливаться к новым факторам – изменениям климата, появлению нового хищника или конкурента и даже к загрязнению среды человеком.

Мутации – элементарные эволюционные явления, чаще рецессивные.

В 1908 г. английский математик Г.Харди и немецкий врач Н.Вайнберг независимо друг от друга сформулировали закон, которому подчиняется распределение гомозигот и гетерозигот в панмиктической популяции, и выразили его в виде алгебраической формулы.

Доминантный × Доминантный
Aa × Aa

Гаметы	A (p)	a (q)
A (p)	AA (p ²)	Aa (pq)
a (q)	Aa (pq)	aa (q ²)

Генотипы второго поколения	AA (p ²)	2Aa (2pq)	aa (q ²)
Фенотипы второго поколения	Доминантные гомозиготы	Доминантные гетерозиготы	Рецессивные гомозиготы

Требования к популяции для соблюдения закона Харди-Вайнберга

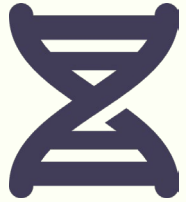
Популяция должна быть неограниченно большой, чтобы избежать влияния случайных флуктуаций (изменений) частот аллелей.

Скрещивание внутри популяции свободное, без предпочтений (панмиксия), обеспечивающее случайность формирования гамет.

В популяции отсутствуют мутации, миграции и естественный отбор, чтобы сохранить стабильность аллельных частот.

Все гаметы и потомки имеют равные шансы на выживание и размножение, гарантируя однородность генетического обмена.

Основные элементы уравнения Харди-Вайнберга



Генетическая структура популяции

Уравнение описывает стабильное распределение генотипов и аллелей при отсутствии эволюционных факторов и обеспечивает базу для анализа генетического равновесия в популяции.



Условия равновесия

Для соблюдения уравнения необходимы случайное скрещивание (панмиксия), отсутствие миграции, мутаций, естественного отбора и большой размер популяции.



Прогнозирование частот аллелей

Модель позволяет вычислять частоты доминантных и рецессивных аллелей при условии стабильных параметров среды и генофонда.



Применение в ЕГЭ

Задачи на основе уравнения Харди-Вайнберга проверяют знания популяционной генетики и умение вычислять генотипические и фенотипические частоты.

Формулы и обозначения в задачах



p (A) – частота доминантного аллеля

Доля доминантного аллеля в популяции, который проявляется в фенотипе гомозиготных и гетерозиготных особей.



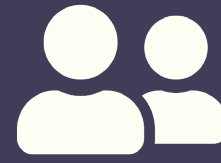
q (a) – частота рецессивного аллеля

Доля рецессивного аллеля, проявляющегося только в гомозиготном состоянии, но сохраняющегося благодаря гетерозиготам.



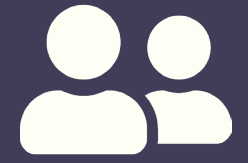
p^2 (AA) – частота гомозигот-доминантов

Доля особей в популяции, имеющих два доминантных аллеля, выражающая доминантный признак в фенотипе.



$2pq$ – частота гетерозигот (Aa)

Доля особей с комбинацией доминантного и рецессивного аллелей, обеспечивающая сохранение рецессивного гена и выражающая доминантный признак в фенотипе



q^2 (aa) – частота гомозигот-рецессивов

Доля особей с двумя рецессивными аллелями, выражающих рецессивный признак, что важно при анализе наследственных нарушений.

Основные формулы закона Харди-Вайнберга

1

Частота аллеля - это отношение данного варианта гена к общему числу аллелей в популяции.

Сумма частот двух аллелей: $p + q = 1$, где p - частота доминантного аллеля, q - рецессивного.

2

Частота генотипа - это доля особей с определённым генотипом в общей численности популяции.

Частоты генотипов вычисляются по формуле: $p^2 + 2pq + q^2 = 1$, отражающей распределение гомозигот и гетерозигот.

3

Формулы позволяют предсказывать генетическую структуру идеальной популяции при отсутствии эволюционных факторов.

Проверка на равновесие Харди-Вайнберга

1

Для равновесия в популяции сумма частот аллелей должна равняться единице: $p + q = 1$.

2

Также должно выполняться уравнение частот генотипов: $p^2 + 2pq + q^2 = 1$, при котором наблюдается генетическое равновесие.

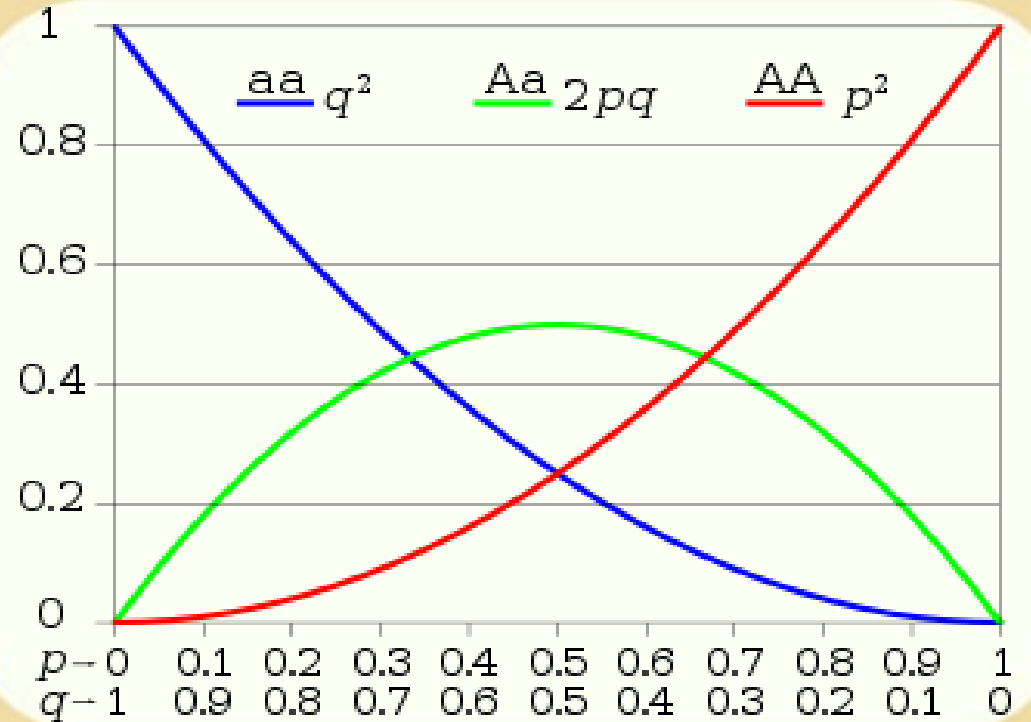
3

Если эти условия не выполняются, например $p + q = 1,2$, это свидетельствует о нарушении равновесия и действии эволюционных факторов.

Графическое представление закона Харди-Вайнберга

На графике видно, как повышение частоты доминантного аллеля увеличивает количество гомозиготных особей с этим признаком, соответственно, обратная зависимость для гомозиготных рецессивных особей.

Доля гетерозигот максимальна при равных частотах аллелей, демонстрируя баланс в генетическом составе популяции.



Данные на основе классической модели Харди-Вайнберга, 1908

Закон Харди — Вайнберга для двух аллелей:
по оси абсцисс — частоты аллелей p и q ,
по оси ординат — частоты генотипов.

Каждая кривая соответствует одному из трёх возможных генотипов.

Тест на понимание материала

1.Случайным называется скрещивание, при котором:

- ✓ Особь для скрещивания выбирается неслучайно
- ✓ Особь для скрещивания выбирается случайно
- ✓ Скрещивание происходит между близкими родственниками
- ✓ Не скрещиваются одинаковые особи

Тест на понимание материала

2. Идеальной популяцией называется:

- ✓ популяция, имеющая бесконечно большой размер
- ✓ популяция, в которой находится более одного вида
- ✓ популяции, в которых отсутствуют процессы мутаций и миграций
- ✓ популяции, для которых характерно случайное скрещивание
- ✓ популяции, для которых характерен инбридинг
- ✓ популяции, в которых встречается не более двух аллелей одного гена

Тест на понимание материала

3. В идеальной популяции частота гетерозигот:

- ✓ всегда приходит к значению квадрата частоты доминантного аллеля
- ✓ всегда приходит к значению удвоенного произведения частот доминантного и рецессивного аллелей
- ✓ всегда равна 0,5
- ✓ постепенно снижается из поколение в поколение

Тест на понимание материала

4. Доля рецессивного аллеля – 0,3. Заполните значения остальных долей для идеальной популяции в состоянии равновесия:

0,7

- доля доминантного аллеля

0,49

- доля доминантных гомозигот

0,42

- доля гетерозигот

0,09

- доля рецессивных гомозигот

Тест на понимание материала

5. Доля рецессивных гомозигот в идеальной популяции составляет 0,16.

0,4

- доля рецессивного аллеля

0,6

- доля доминантного аллеля

0,36

- доля доминантных гомозигот

0,48

- доля гетерозигот

Тест на понимание материала

6. Закон Харди-Вайнберга

- ✓ указывает на неизменность частот генотипов в идеальной популяции
- ✓ описывается выражением $p^2+2pq+q^2=1$
- ✓ описывает связь частоты встречаемости генотипов в популяции и долей аллелей
- ✓ все ответы верны

Четыре ключевых следствия уравнения Харди-Вайнберга

В отсутствие эволюционных факторов частоты аллелей в популяции остаются стабильными из поколения в поколение.

Рецессивные аллели не исчезают из популяции, поскольку гетерозиготы сохраняют рецессивные варианты в своей структуре.

Зная частоты аллелей и предполагая случайное скрещивание, можно точно предсказать распределение генотипов в равновесной популяции.

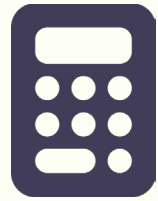
При случайном скрещивании равновесие достигается за одно поколение, если на популяцию не влияют внешние факторы.

Общий алгоритм решения задач по закону Харди-Вайнберга



Шаг 1: Анализ исходных данных

Определите известные величины и переменные, включая частоты аллелей и генотипов, необходимые для решения задачи по закону Харди-Вайнберга.



Шаг 2: Вычисление частот аллелей

Вычислите частоты доминантного и рецессивного аллелей на основе данных о генотипах и фенотипах, используя основные формулы закона Харди-Вайнберга.



Шаг 3: Определение генотипических частот

Рассчитайте ожидаемые частоты генотипов (гомозиготы и гетерозиготы) в популяции при условии равновесия по Харди-Вайнбергу.



Шаг 4: Сравнение с наблюдаемыми данными

Сравните рассчитанные частоты генотипов с фактическими наблюдениями, чтобы проверить наличие отклонений от закона Харди-Вайнберга.



Шаг 5: Интерпретация результатов

Проанализируйте возможные причины дисбаланса, включая отбор, мутации, миграции или дрейф генов, если данные не соответствуют теории.

Требования к аналитике и перевод частот

1

Частоты аллелей и генотипов выражаются в долях единицы (например, 0,28) или в процентах (28%), что требует уверенного перехода между формами записи.

2

Соотношения, например 1:25 000, переводятся в доли единицы как 0,00004, что упрощает вычисления в формулах Харди-Вайнберга.

3

Умение быстро преобразовывать частоты в одинаковый формат критично для точного решения задач и предотвращения ошибок в вычислениях.

Рекомендации и советы по решению

- ❑ если просят найти «генетическую структуру» популяции, то находить следует частоты генов (т.е. буквы p и q);
- ❑ если просят найти «генотипическую структуру» популяции, то находить следует частоты генотипов (т.е. p^2 , $2pq$ и q^2)

Выучите формулы Харди-Вайнберга и четко определяйте доминантные и рецессивные признаки в условиях задачи.

Переводите все частоты в десятичные доли, внимательно проверяйте суммы частот (в соответствии с рекомендациями в заданиях) и корректность вычислений на каждом шаге.

Обязательна поэтапная фиксация решения и повторная проверка всех полученных результатов для исключения ошибок.

Вариативность элементов вычислений в заданиях на закон Харди-Вайнберга

Определить долю рецессивных гомозигот в популяции



Определить долю рецессивного аллеля в популяции



Определить долю доминантного аллеля в популяции



Определить долю гетерозигот в популяции



Определить долю доминантных гомозигот в популяции



Определить долю особей с нормальным фенотипом (гомозигот и гетерозигот)



Определить долю особей с мутантным фенотипом



Определить долю гомозигот (гетерозигот) после снижения численности особей с фенотипом



Определить долю гомозигот (гетерозигот) после увеличения численности особей с фенотипом



Определить частоты генотипов с использованием пенетрантности

Определение последовательности действий при решении задач:

Расположите этапы решения задачи в нужной последовательности:

1.
2.
3.
4.
5.

В популяции *Biston betularia* в Бирмингеме (Англия) темные формы бабочки составляют 87%. Определите частоту доминантного аллеля, определяющего темную окраску, и процент гетерозигот среди темных бабочек.



Тип 1: расчет по количеству особей с признаком

Определение частот аллелей ведется на основе количества особей с известным фенотипом или генотипом в популяции, что даёт первые данные для вычислений.

Зная частоту гомозигот с признаком, рассчитывают частоты аллелей по формуле Харди-Вайнберга, переводя полученные результаты в доли от единицы.

На основании частот аллелей вычисляют остальные генотипы, включая гетерозиготы, и получают полную генетическую структуру популяции.

Пример. Львиный зев: неполное доминирование



В популяции из 900 растений 180 имеют красную окраску (AA), что дает частоту $p^2 = 0,2$. Частота доминантного аллеля p составляет 0,45, а рецессивного q — 0,55.

Частоты генотипов распределяются так: q^2 (aa) — 0,3, гетерозиготы $2pq$ (Aa) — 0,5. Фенотипически представлены красные, розовые и белые цветы соответственно.

Тип 2: расчёты по процентам особей

Использование процентных данных для вычисления частот аллелей, генотипов и количества носителей рецессивного гена в примерной популяции организмов.

Общее число особей – 100%
Исходя из расчётов гомозигот и гетерозигот, переводим доли в проценты.

Определяем количество особей с рецессивным признаком и число носителей рецессивного признака в данной популяции.

Задачи с процентами: пример популяции кроликов

В популяции из 500 кроликов 4% составляют альбиносы, то есть частота $q^2(aa)$ равна 0,04, рецессивный аллель $q(a)$ - 0,2, а доминантный $p(A)$ - 0,8.

Частоты генотипов AA и Aa равны 0,64 и 0,32, соответственно, что соответствует 160 носителям рецессивного гена - гетерозиготам с доминантным фенотипом.



Тип 2: расчёты по процентам особей

Параметр	Значение
Процент альбиносов	4%
Частота q^2	0,04
Частота q	0,2
Частота p	0,8
Частота p^2	0,64
Частота $2pq$	0,32
Количество альбиносов	20
Количество носителей гена	160

Использование процентных данных для вычисления частот аллелей, генотипов и количества носителей рецессивного гена в примерной популяции кроликов.

Процентные показатели позволяют быстро вычислить генетическую структуру популяции и численность носителей признаков.

Тип 3: Анализ частот аллелей и генотипов двух популяций

Расчёт во всей человеческой популяции нормального и мутантного фенотипа

Расчёт в отдельной популяции людей нормального и мутантного фенотипа

Пояснение в различиях частот аллелей или фенотипов

Анализ частот аллелей и генотипов двух популяций

Фенилкетонурия - моногенное заболевание, возникающее в результате нарушения аминокислотного обмена, наследующееся по аутосомно-рецессивному типу.

Среди японцев заболевание встречается в среднем 8 раз на 19 000 рождений. При этом частота мутантного аллеля во всей человеческой популяции составляет 0,01. Рассчитайте равновесные частоты мутантного и нормального фенотипов в человеческой популяции, а также частоту мутантного аллеля среди японцев. Поясните ход решения. Какой эволюционный фактор приводит к наблюдаемому различию частот мутантного аллеля? При расчётах округляйте значения до четырёх знаков после запятой.

- 1) равновесная частота мутантного фенотипа (aa) составляет: $q^2 = 0,01^2 = 0,0001$;
- 2) равновесная частота нормального фенотипа составляет: $1 - q^2 = 0,9999$
ИЛИ 2) равновесная частота нормального фенотипа составляет: $p^2 + 2pq = 0,99^2 + 2 \cdot 0,99 \cdot 0,01 = 0,9801 + 0,0198 = 0,9999$;
- 3) нормальный фенотип представлен доминантными гомозиготами (AA) и гетерозиготами (Aa);
- 4) частота мутантного фенотипа (aa) у японцев составляет: $8/19000 = 0,0004 = q^2$;
- 5) частота мутантного аллеля (q) у японцев составляет: $\sqrt{0,0004} = 0,0200$ (0,0205);
- 6) дрейф генов (эффект основателя, изоляция).

Тип 4: Резкое уменьшение численности популяции

Анализ изначальной популяции

Анализ популяции после гибели
группы особей

Расчет новых частот фенотипов

Резкое уменьшение численности популяции

Окраска цвета у волнистого попугая (*Melopsittacus undulatus*) контролируется одним геном. Доминантные гомозиготы имеют голубой цвет; рецессивные гомозиготы - желтый. Популяции волнистых попугайчиков на 1000 особей приходится 90 желтых. Популяция попала в новые условия, в которых в результате интенсивного отлова хищниками погибло 30% голубых особей. Рассчитайте частоту особей с голубой окраской и частоты аллелей в изначальной популяции, а также частоты всех фенотипов в популяции после отлова хищниками. Поясните ход решения. При расчётах округляйте значения до четвертого знака после запятой.

Анализ изначальной популяции

- 1) частота рецессивных гомозигот (aa; особей с желтой окраской) в изначальной популяции составляет $90/1000 = 0,09$;
- 2) частота рецессивного аллеля (a) в изначальной популяции составляет: $q = \sqrt{0,09} = 0,3$;
- 3) частота доминантного аллеля (A) в изначальной популяции составляет: $p = 1 - 0,3 = 0,7$;
- 4) частота доминантных гомозигот (AA; особей с голубой окраской) в изначальной популяции составляет $0,7 \times 0,7 = 0,49$;
- 5) частота гетерозиготных организмов $2 \times 0,3 \times 0,7 = 0,42$

Резкое уменьшение численности популяции

Окраска цвета у волнистого попугая (*Melopsittacus undulatus*) контролируется одним геном. Доминантные гомозиготы имеют голубой цвет; рецессивные гомозиготы - желтый. Популяции волнистых попугайчиков на 1000 особей приходится 90 желтых. Популяция попала в новые условия, в которых в результате интенсивного отлова хищниками погибло 30% голубых особей. Рассчитайте частоту особей с голубой окраской и частоты аллелей в изначальной популяции, а также частоты всех фенотипов в популяции после отлова хищниками. Поясните ход решения. При расчётах округляйте значения до четвертого знака после запятой.

Анализ популяции после отлова хищниками

- 1) после гибели 30% голубых особей в популяции осталось 0,853 особей = $1 - 0,49 \cdot 0,3$ ($q^2 + 2pq$);
- 2) $p^2(АА) = 0,49 - 0,49 \cdot 0,3 = 0,343$

Расчет новых частот фенотипов

- 1) частота фенотипов (генотипов) сразу после гибели 30% доминантных гомозигот у голубых особей: $0,343 / 0,853 = 0,4021$;
- 2) частота фенотипов (генотипов) сразу после гибели 30% доминантных гомозигот у особей с промежуточной окраской: $0,42 / 0,853 = 0,4924$;
- 3) частота фенотипов (генотипов) сразу после гибели 30% доминантных гомозигот у особей с желтой окраской: $0,09 / 0,853 = 0,1055$ (ИЛИ $1 - 0,4021 - 0,4924 = 0,1055$).

Тип 5: Резкое увеличение численности популяции

Анализ изначальной популяции

Анализ популяции после миграции

Расчет новых частот фенотипов

Резкое увеличение численности популяции

Окраска шерсти у нутрий (*Myocastor coypus*) Окраска шерсти у нутрий контролируется одним геном. Доминантные гомозиготы имеют стандартную коричневую окраску; рецессивные гомозиготы — белую (альбиносы). Гетерозиготы имеют бежевую окраску. В равновесной популяции нутрий на 1000 особей приходится 40 с белой окраской. В результате миграции численность особей с коричневой окраской увеличилась на 45%. Рассчитайте частоту особей с коричневой окраской и частоты аллелей в изначальной популяции, а также частоты всех фенотипов в популяции сразу после вселения новых особей. Поясните ход решения. При расчетах округляйте значения до четвертого знака после запятой.

Анализ изначальной популяции

- 1) частота рецессивных гомозигот (aa ; особей с желтой окраской) в изначальной популяции составляет $40/1000 = 0,04$;
- 2) частота рецессивного аллеля (a) в изначальной популяции составляет: $q = \sqrt{0,04} = 0,2$;
- 3) частота доминантного аллеля (A) в изначальной популяции составляет: $p = 1 - 0,2 = 0,8$;
- 4) частота доминантных гомозигот (AA ; особей с коричневой окраской) в изначальной популяции составляет $0,8 \times 0,8 = 0,64$;
- 5) частота гетерозиготного генотипа (бежевой окраски) в изначальной популяции $2pq = 2 \times 0,8 \times 0,2 = 0,32$

Резкое увеличение численности популяции

Окраска шерсти у нутрий (*Myocastor coypus*) Окраска шерсти у нутрий контролируется одним геном. Доминантные гомозиготы имеют стандартную коричневую окраску; рецессивные гомозиготы — белую (альбиносы). Гетерозиготы имеют бежевую окраску. В равновесной популяции нутрий на 1000 особей приходится 40 с белой окраской. В результате миграции численность особей с коричневой окраской увеличилась на 45%. Рассчитайте частоту особей с коричневой окраской и частоты аллелей в изначальной популяции, а также частоты всех фенотипов в популяции сразу после вселения новых особей. Поясните ход решения. При расчетах округляйте значения до четвертого знака после запятой.

Анализ популяции после миграции

- 1) после миграции на 45% коричневых особей в популяции стало 1,288 особей = $0,928 + 0,36$
 $p^2 (AA) + 45\% = 0,64 + 0,64 \cdot 0,45 = 0,928$;
 $2pq + q^2 = 2 \times 0,8 \times 0,2 + 0,04 = 0,36$
или $1 + 0,64 \times 0,45 = 1,288$

Расчет новых частот фенотипов

- 1) частота фенотипов (генотипов) сразу после увеличения на 45 % доминантных гомозигот у коричневых особей: $0,928/1,288 = 0,7205$;
- 2) частота фенотипов (генотипов) после миграции 45% доминантных гомозигот у особей с промежуточной окраской: $0,32/1,288 = 0,2484$;
- 3) частота фенотипов (генотипов) сразу после гибели 45% доминантных гомозигот у особей с белой окраской: $0,04/1,288 = 0,0311$ (ИЛИ $1 - 0,7205 - 0,2484 = 0,0311$).

Тип 6: Задачи по соотношению генотипов

Соотношение генотипов соответствует формуле Харди-Вайнберга, что свидетельствует о сбалансированной генетической структуре популяции

Подсчёты показывают соответствие сумм частот аллелей и генотипов единице, подтверждая состояние равновесия в популяции.

Соотношения свидетельствуют о равновесии Харди-Вайнберга, что характерно для крупных стабильных популяций.

Анализ больших популяций: числовые примеры

В популяции мышей: 409 особей с генотипом AA, 460 гетерозигот и 129 рецессивных гомозигот, всего 998 особей.

Частоты генотипов: $p^2 = 0,41$; $2pq = 0,46$; $q^2 = 0,13$. Их сумма равна 1, подтверждая сбалансированное состояние.

Частоты аллелей рассчитаны как $p = 0,64$ и $q = 0,36$, что соответствует математическим ожиданиям.

Соотношения свидетельствуют о равновесии Харди-Вайнберга, что характерно для крупных стабильных популяций.

Тип 7: Пенетрантность (степень проявления генов в фенотипе)

Полная пенетрантность означает, что наличие мутации со 100%-й вероятностью приводит к развитию заболевания.

Высокая пенетрантность указывает на то, что вероятность появления соответствующего признака при наличии конкретного гена очень велика.

Определение частоты заболевания с учётом пенетрантности

Пример рекомендованного оформления

Врождённый вывих бедра наследуется доминантно, средняя пенетрантность 75%. Заболеваемость встречается с частотой 6:10 000. Определите генетическую структуру популяции.

Дано:

A – ген врождённого вывиха бедра

a – ген нормальный

P (пен.) = 75%

Частота заболеваемости = 6:10000

p - ?

q - ?

Решение:

- 1) Частота заболевания с учётом пенетрантности = $6/10000 = 0,0006$
- 2) Частота носителей заболевания = $0,0006/0,75 = 0,0008 = p^2 + 2pq$
- 3) Частота рецессивных гомозигот $q^2 = 1 - (2pq + p^2) = 1 - 0,0008 = 0,9992$
- 4) Частота рецессивного аллеля $q = \sqrt{q^2} = \sqrt{0,9992} = 0,9996$
- 5) Частота доминантного аллеля $p = 1 - q = 1 - 0,9996 = 0,0004$

Ответ: $p = 0,0004$ (0,04%); $q = 0,9996$ (99,96%).

Практическое применение закона в биологии и медицине



Оценка наследственных заболеваний

Закон Харди-Вайнберга позволяет определить частоту генов, вызывающих наследственные болезни. Это важно для прогнозирования распространённости заболеваний и формирования мер по их профилактике в популяциях.




Прогнозирование изменений генофонда

На основе закона анализируют динамику частот аллелей, что помогает прогнозировать эволюционные изменения и приспособленность популяций в разных условиях среды и под воздействием отбора.



Планирование селекции и разведения

Закон применяется для расчёта генетической структуры поголовья в селекционной работе. Это обеспечивает селекционерам корректное планирование разведения новых пород и сортов с желаемыми признаками.



Итог: ключи к успеху при решении задач по Харди-Вайнбергу на ЕГЭ

Для эффективной работы необходимо знать формулы закона, уметь переводить частоты, анализировать данные, определять равновесие и применять четкий пошаговый алгоритм решения задач.