Факторы эволюции

Кодификатор ЕГЭ: 6.2 · Линии ЕГЭ: 17, 19-21, 26, 27 · kursteam.ru/teoriya/evolyutsiya/faktory-evolyutsii

КОРОТКО

- Факторы эволюции изменяют генофонд популяции. Ненаправленные: мутационный процесс, комбинативная изменчивость, популяционные волны, дрейф генов, миграции. Направляющий фактор один - естественный отбор.
- Дрейф генов - случайное изменение частот аллелей, особенно сильное в малых популяциях; его проявления - эффект бутылочного горлышка и эффект основателя.
- Изоляция (географическая и биологическая) прекращает обмен генами между популяциями и закрепляет различия - ключевой фактор видообразования.
- Формы отбора различают по условиям среды: движущий - при направленном изменении условий, стабилизирующий - в постоянных условиях, разрывающий (дизруптивный) - в неоднородных.
- Половой отбор - форма естественного отбора за успех в размножении: яркая окраска и турниры самцов.

Карта факторов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Факторы (движущие силы) эволюции

Процессы, изменяющие генофонд популяции - частоты аллелей и генотипов. По СТЭ это мутационный процесс, комбинативная изменчивость, популяционные волны, дрейф генов, миграции, изоляция и естественный отбор.

Группа	Факторы	Что делают
Ненаправленные (случайные)	мутационный процесс, комбинативная изменчивость, популяционные волны, дрейф генов, миграции	поставляют материал и случайно меняют частоты аллелей
Закрепляющий различия	изоляция	прекращает обмен генами между популяциями
Направляющий	естественный отбор	сохраняет приспособленных: задаёт направление эволюции

Мутационный процесс

Постоянно идущее возникновение мутаций - **главный поставщик материала** для эволюции. Свойства:

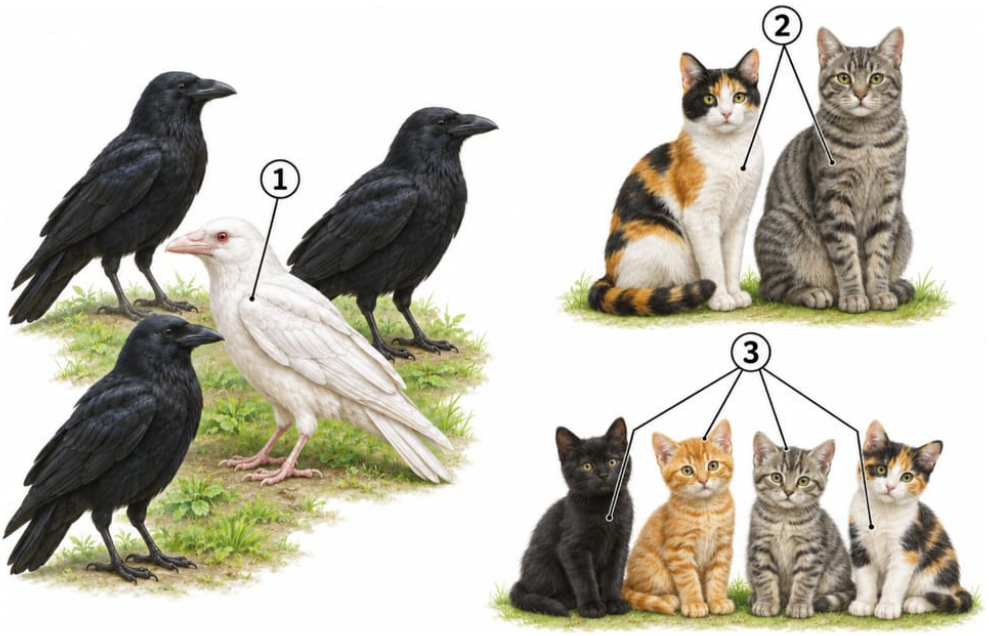
- мутации **случайны и ненаправленны**: среда не вызывает «нужных» мутаций;
- большинство мутаций рецессивны и вредны или нейтральны; они накапливаются в гетерозиготах, образуя **генетический груз** - скрытый резерв изменчивости;
- ценность мутации относительна: вредный сегодня аллель может стать полезным при изменении условий (резерв на будущее).

Комбинативная изменчивость

Новые **сочетания** уже существующих генов при половом размножении. Три источника:

1. кроссинговер в профазе мейоза I;
2. независимое расхождение гомологичных хромосом в анафазе мейоза I;
3. случайная встреча гамет при оплодотворении.

Сами гены не меняются - меняются их комбинации, поэтому каждая особь генетически уникальна. Это резко увеличивает разнообразие фенотипов, из которых отбирает среда.



1 - Мутация: ворона-альбинос с новым признаком
2 - Родители разной окраски
3 - Котята одного помёта - новые сочетания признаков родителей

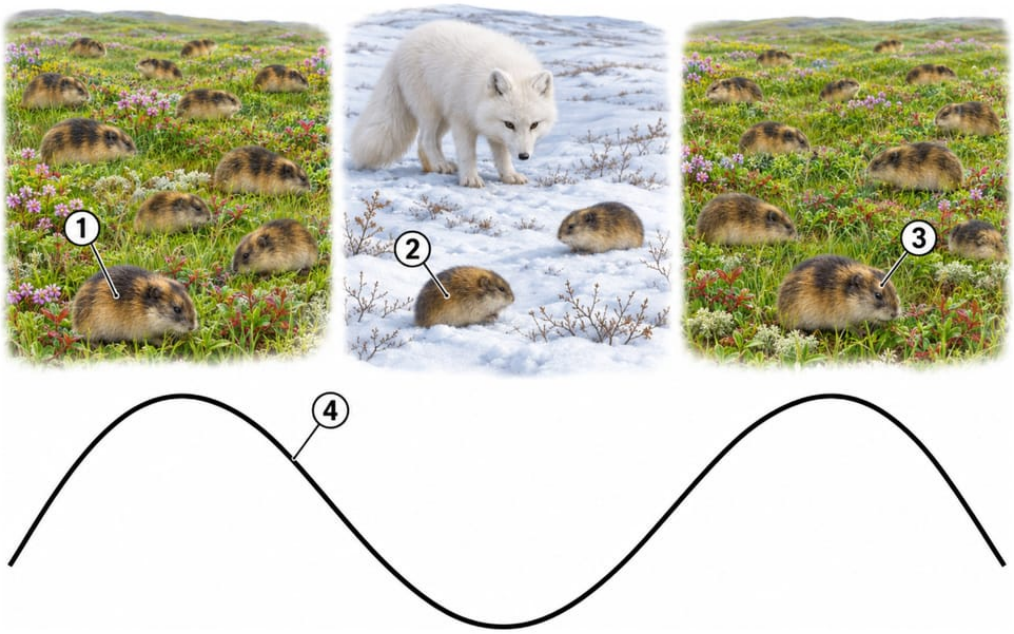
Мутационная (1) и комбинативная (2, 3) изменчивость.

Популяционные волны

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Популяционные волны («волны жизни»)

Периодические или непериодические колебания численности популяции под влиянием внешних условий: урожай корма, пресс хищников, болезни, засухи, наводнения. Открыл С. С. Четвериков.



1 - Подъём численности: в популяции накапливается больше мутаций
2 - Спад численности: выживает случайная часть популяции, часть аллелей теряется
3 - Новый подъём численности
4 - Колебания численности - популяционные волны

Популяционные волны: численность то растёт, то резко падает.

Эволюционное значение:

- при **росте** численности в популяции накапливается больше мутаций - она становится генетически разнороднее;
- при **спаде** численности выжившие особи - случайная выборка: часть аллелей теряется безвозвратно, генофонд беднеет. Это **эффект бутылочного горлышка**: через «узкое горлышко» низкой численности проходят не все аллели.

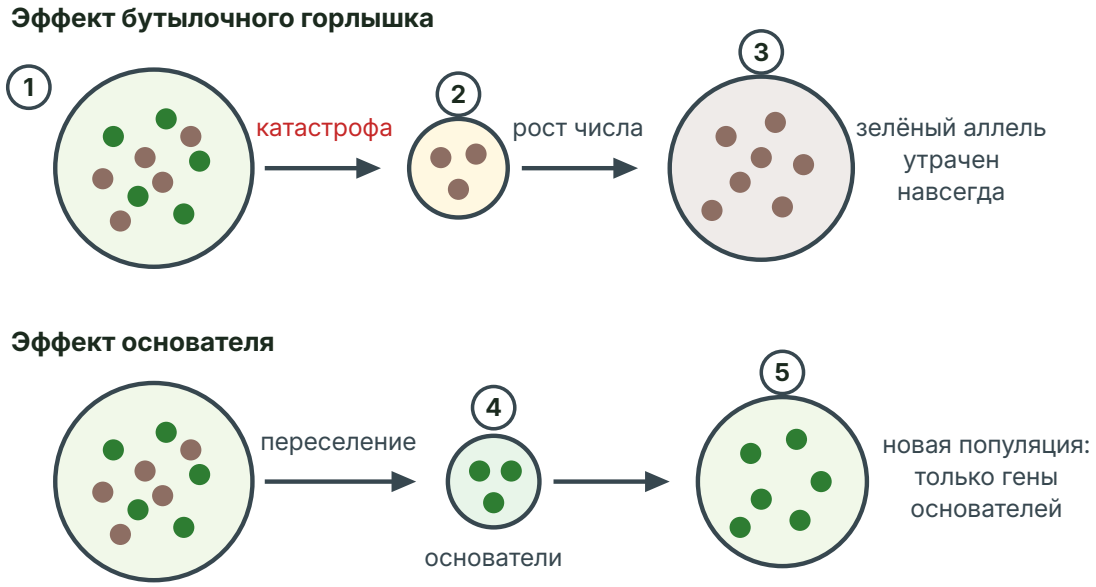
Популяционные волны сами по себе случайны, но резкое сокращение численности запускает следующий фактор - дрейф генов.

Дрейф генов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Дрейф генов

Случайное ненаправленное изменение частот аллелей в популяции. Особенно эффективен в малых популяциях, где случайная гибель или случайный успех размножения нескольких особей заметно сдвигает частоты.



1 - Исходная популяция с разными аллелями

2 - Резкое сокращение численности (катастрофа) - «бутылочное горлышко»

3 - Восстановленная популяция: часть аллелей утрачена навсегда

4 - Несколько особей-основателей уходят за пределы ареала

5 - Новая популяция с обеднённым генофондом - эффект основателя

Два проявления дрейфа генов: бутылочное горлышко и эффект основателя.

Следствия дрейфа:

- аллель может **случайно исчезнуть** из популяции или, наоборот, закрепиться - независимо от его полезности;
- малые изолированные популяции становятся генетически однородными внутри и всё сильнее отличаются друг от друга;
- **эффект основателя**: новую популяцию основывает несколько особей, которые несут лишь малую часть генофонда исходной популяции, поэтому частоты аллелей в новой популяции сразу иные (так, в небольших религиозных общинах переселенцев частоты ряда аллелей резко отличаются от исходной страны).

Миграции

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Миграция (поток генов)

В эволюционном смысле - обмен генами между популяциями одного вида при переселении особей и их скрещивании. У растений гены переносятся с пыльцой, семенами и плодами.

- Приток переселенцев **обогащает** генофонд популяции новыми аллелями.
- Постоянный обмен особями **выравнивает** генофонды популяций и сохраняет единство вида.
- Уход группы особей за пределы ареала может дать начало новой популяции (см. эффект основателя).

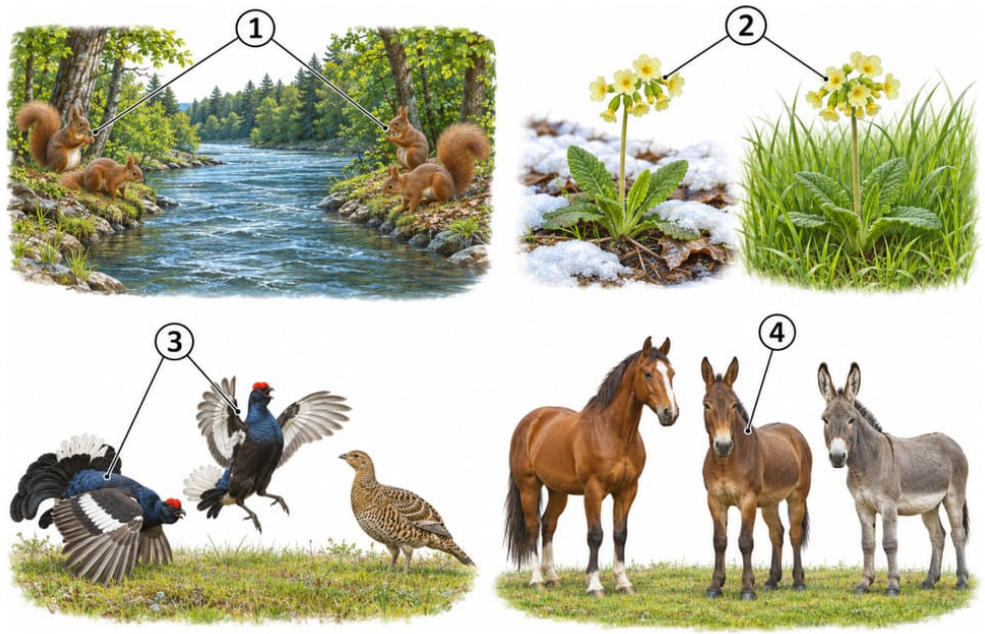
Изоляция

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Изоляция

Разобщение популяций, при котором возникают барьеры для свободного скрещивания и прекращается обмен генами. Изоляция не создаёт новых признаков, но закрепляет различия между популяциями - ключевой фактор видообразования.

- **Географическая (пространственная)**: популяции разделены горами, реками, проливами, пустынями. Эффективность зависит от подвижности вида: для полёвки преградой станет и шоссе, а песцы зимой пересекают Берингов пролив по льду.
- **Биологическая (репродуктивная)**
  - скрещиванию мешают свойства самих организмов:
    - **экологическая**: разные сроки или места размножения (популяции форели озера Севан нерестятся в разное время);
    - **морфофункциональная**: несоответствие строения органов размножения, гибель чужих гамет (пыльца чужого вида не прорастает на рыльце);
    - **этологическая (поведенческая)**: не совпадают брачные ритуалы - самка не узнаёт «чужого» самца;
    - **генетическая**: несовместимость хромосомных наборов - зигота не развивается, а редкие межвидовые гибриды бесплодны из-за нарушения мейоза (тумак - гибрид зайца-беляка и русака - потомства не даёт).



1 - Географическая изоляция: популяции разделены рекой **2** - Экологическая изоляция: разные сроки размножения
3 - Этологическая изоляция: разные брачные ритуалы **4** - Генетическая изоляция: межвидовой гибрид (мул) бесплоден

Виды изоляции: географическая и биологическая.

Как изоляция ведёт к видообразованию - в статье «Видообразование».

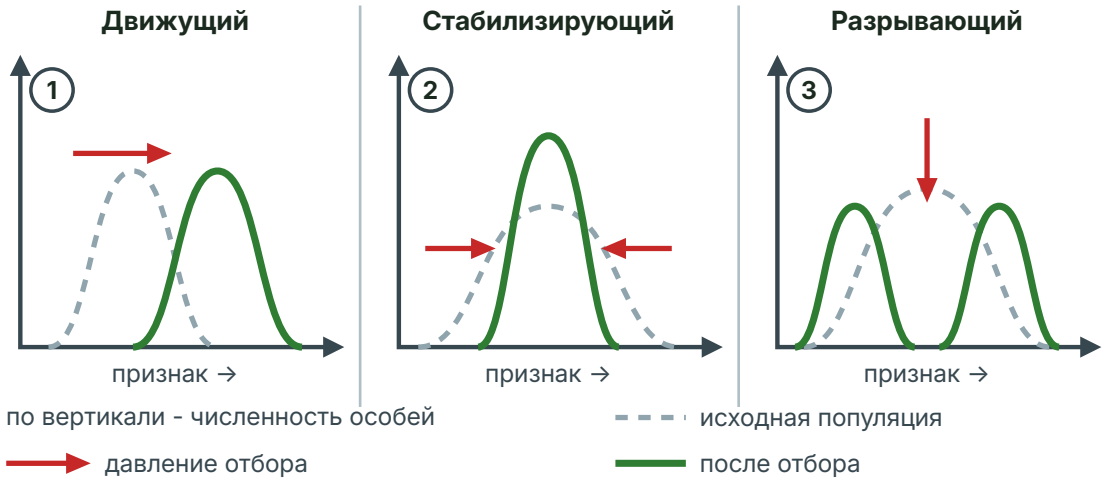
Естественный отбор - направляющий фактор

Все предыдущие факторы случайны. Направление эволюции задаёт только **естественный отбор** - избирательное выживание и размножение наиболее приспособленных особей. Его основа - **борьба за существование**: внутривидовая (самая острая - одинаковые потребности), межвидовая (хищник и жертва, конкуренция видов за нишу) и борьба с неблагоприятными условиями среды. Подробно о борьбе и механизме отбора - в статье «Теория Дарвина».

Отбор работает, когда особи **различаются** наследственно и потомства рождается **больше**, чем может выжить. Идёт отбор по фенотипу, а накапливает - генотипы.

Отбор в межвидовой борьбе ведёт к **коэволюции** - сопряжённой эволюции взаимодействующих видов: паразит совершенствует использование хозяина, хозяин - устойчивость к паразиту; так же «соревнуются» хищник и жертва. По той же схеме бактерии вырабатывают устойчивость к антибиотикам, поэтому антибиотики нельзя применять без необходимости.

Формы естественного отбора



1 - Движущий отбор: условия направленно меняются, средняя норма сдвигается
2 - Стабилизирующий отбор: условия постоянны, крайние отклонения отсеиваются
3 - Разрывающий (дизруптивный) отбор: условия неоднородны, образуются два новых пика

Формы отбора на графиках: кривая - численность особей по значению признака, стрелки - давление отбора, серая линия - исходная популяция, зелёная - после отбора.

Признак	Движущий	Стабилизирующий	Разрывающий (дизруптивный)
Условия среды	направленно изменяются	постоянные, неизменные	неоднородные или резко меняющиеся
Против кого направлен	против прежней средней нормы	против крайних отклонений	против средней нормы
В пользу кого	особи с полезным отклонением от средней нормы	особи со средним значением признака	особи с крайними значениями признака

Результат	новая средняя норма признака	сохранение средней нормы, сужение нормы реакции	две (и более) новые нормы, полиморфизм популяции
Примеры	индустриальный меланизм пядениц; устойчивость насекомых к ядохимикатам, бактерий к антибиотикам	постоянство размеров и формы цветка у насекомоопыляемых растений; гибель слишком длинноухих и короткоухих зайцев; «живые ископаемые» (латимерия, гаттерия)	бескрылые и длиннокрылые насекомые на океанических островах при сильных ветрах; раннецветущая и позднецветущая расы погремка на скашиваемых лугах



Индустриальный меланизм берёзовой пяденицы - движущий отбор: на закопчённых стволах птицы реже замечают тёмных бабочек, и их доля в популяции растёт.

ЗАПОМНИ

Форму отбора в задании определяй по **условиям среды**: условия направленно меняются - движущий; условия постоянны - стабилизирующий; среда неоднородна, выгодны крайности - разрывающий. Эту логику ждут и в части 2.

Половой отбор

Форма естественного отбора за **успех в размножении**: признак полезен не для выживания, а для привлечения партнёра. Примеры: хвост павлина, яркая окраска и пение самцов, турниры оленей. Яркий самец заметнее для хищника, но оставляет больше потомства - его гены распространяются.



1 - Яркий хвост павлина привлекает самку
2 - Турнирные бои самцов оленя
3 - Токование тетеревов

Половой отбор: признаки, которые помогают оставить потомство.

Закон Харди-Вайнберга - в одну строку

В идеальной популяции (большая численность, свободное скрещивание, нет мутаций, миграций и отбора) частоты аллелей из поколения в поколение постоянны. Если частоты меняются - на популяцию действует какой-то из факторов эволюции. Расчётные задачи на закон - в отдельном разделе сайта.

Как это спрашивают на ЕГЭ

- **Линия 17 - текст**: выбрать три предложения о формах борьбы за существование, о дрейфе генов или о формах отбора. Помни: взаимопомощь, забота о чужом потомстве и альтруизм - не борьба за существование; примеры борьбы - конкуренция внутри вида, конкуренция видов за нишу, хищничество.
- **Линия 19 - соответствие**: пример → форма отбора; характеристика → фактор эволюции (случайное изменение частот → дрейф; обмен генами → миграция; барьер для скрещивания → изоляция).
- **Линия 20 - таблица**: «форма отбора - условия - результат» с пропусками.
- **Линия 21 - график**: колебания численности (популяционные волны), распределение признака до и после отбора.
- **Линия 26**: объяснить, почему дрейф генов сильнее в малых популяциях; почему мутации не направляют эволюцию; как изоляция ведёт к видообразованию.
- **Линия 27 - задача**: по графику частот аллелей определить, какой аллель под положительным отбором, когда вмешался дрейф; расчёт по формуле из условия.

Ключевые слова: генофонд, частота аллеля, генетический груз, «волны жизни», бутылочное горлышко, эффект основателя, поток генов, репродуктивная изоляция, движущий, стабилизирующий, разрывающий отбор, половой отбор.

Ловушки

ЛОВУШКА ЕГЭ

Мутации не возникают «в ответ» на потребность. Среда не вызывает полезных мутаций - они уже есть в популяции или появляются случайно. Антибиотик и ядохимикат лишь **отбирают** готовых устойчивых мутантов (движущий отбор).

ЛОВУШКА ЕГЭ

Дрейф генов - не отбор. При дрейфе частота аллеля меняется случайно: исчезнуть может и полезный аллель, закрепиться - нейтральный или вредный. Любая формулировка «дрейф сохраняет приспособленных» - ошибка.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Популяционные волны и дрейф не создают новых аллелей - новые аллели даёт только мутационный процесс. Волны и дрейф лишь меняют частоты уже существующих аллелей.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Изоляция сама не создаёт ни признаков, ни видов. Она прекращает поток генов и закрепляет различия, которые накапливают мутации и отбор. Без изоляции скрещивание «размывает» различия популяций.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Стабилизирующий отбор - тоже отбор, он не «выключается» в постоянных условиях. Он активно отсеивает крайние отклонения и сужает норму реакции. Пример-классика: у новорождённых со средней массой тела выживаемость выше, чем у очень крупных и очень мелких.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Разрывающий отбор направлен против средних особей, а не против крайних. Итог - полиморфизм: в популяции сосуществуют две и более формы (бескрылые и длиннокрылые насекомые на ветреных островах).

ЛОВУШКА ЕГЭ

Естественный отбор не действует в однородном материале. В чистой линии или клоне особи генетически одинаковы - отбирать не из чего, отбор лишь «бракует» модификации, не меняя генофонд.

Как писать ответ

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

Почему дрейф генов особенно эффективен в малых популяциях?

1. Дрейф генов - случайное ненаправленное изменение частот аллелей.
2. В малой популяции каждая особь составляет заметную долю генофонда, поэтому случайная гибель или случайный успех размножения немногих особей сильно меняет частоты аллелей.
3. В большой популяции случайные отклонения взаимно компенсируются, и частоты почти не меняются.
4. Следствие для малой популяции: утрата части аллелей, обеднение генофонда, рост генетической однородности.

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

На лугу, который косят в середине лета, сложились две расы погремка - раннецветущая и позднецветущая. Какая форма отбора действовала и как?

1. Действовал разрывающий (дизруптивный) отбор.
2. Фактор отбора - человек: покос в середине лета уничтожал растения со средними сроками цветения, они не успевали дать семена.
3. Преимущество получили особи с крайними значениями признака: зацветающие до покоса и после него.
4. Из одной популяции образовались две группы с разными средними нормами признака; они размножаются в разное время, то есть репродуктивно изолированы - начало видообразования.

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

Задача: по графику частота аллеля A выросла с 0,2 (поколение 1) до 0,8 (поколение 100), частота аллеля B резко колеблется после сокращения численности. Алгоритм ответа

1. Аллель под положительным отбором - тот, чья частота растёт **направленно и устойчиво**: здесь аллель A (повышает приспособленность носителей).
2. Резкие беспорядочные колебания частоты аллеля B - признак **дрейфа генов**: после падения численности популяция мала, и частоты меняются случайно. Значит, аллель B существенно не влияет на приспособленность (близок к нейтральному).
3. Событие, запустившее колебания, - резкое сокращение численности популяции (бутылочное горлышко).
4. Расчёт по формуле из условия: $S = (p_2 - p_1) / ((t_2 - t_1) \cdot \bar{p} \cdot (1 - \bar{p}))$. Средняя частота $\bar{p} = (0{,}2 + 0{,}8) / 2 = 0{,}5$. Тогда $S = (0{,}8 - 0{,}2) / (99 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}5) = 0{,}6 / 24{,}75 \approx 0{,}024$. Если в условии сказано считать интервал равным 100 поколениям, бери $t_2 - t_1 = 100$: $S = 0{,}6 / 25 = 0{,}024$. Ответ округляй до тысячных, как просят.
5. Всегда поясняй каждый вывод: «частота растёт направленно → действует отбор», «колебания случайны и популяция мала → дрейф генов».

Проверь себя

1. Какой фактор эволюции направляет её, и почему остальные называют ненаправленными?
Ответ: Направляет только естественный отбор: он сохраняет приспособленных. Мутации, комбинативная изменчивость, популяционные волны, дрейф генов и миграции изменяют генофонд случайно, без связи с полезностью признака.

2. Чем дрейф генов отличается от естественного отбора?
Ответ: Дрейф - случайное изменение частот аллелей (особенно в малой популяции), не зависящее от приспособленности; отбор изменяет частоты направленно - в пользу приспособленных.

3. В какой популяции дрейф генов действует сильнее - большой или малой?
Ответ: В малой: случайная гибель нескольких особей заметно меняет частоты аллелей, вплоть до утраты аллеля.

4. При каких условиях среды действует стабилизирующий отбор и что он сохраняет?
Ответ: В постоянных (неизменных) условиях; сохраняет среднее значение признака и отсеивает крайние отклонения.

5. Приведи пример движущего отбора.
Ответ: Индустриальный меланизм берёзовой пяденицы, устойчивость насекомых к ядохимикатам и бактерий к антибиотикам: условия изменились, и отбор сдвигает среднее значение признака.

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ

Тестовая часть, развёрнутые задания и все задания по теме - на сайте, с проверкой и разбором: kursteam.ru/teoriya/evolyutsiya/faktory-evolyutsii

© 2026 Мустафаев Р. И. (Kursteam). Материал принадлежит автору и охраняется авторским правом. Копирование, перепечатка и распространение без письменного разрешения автора запрещены; при цитировании обязательна ссылка на kursteam.ru.