

Движущие силы эволюции и генофонд популяции

Как эволюция меняет наследственный материал популяций



Популяция как пространство эволюции

Эволюционные изменения становятся заметны не у отдельной особи, а в популяции. Именно здесь общий генофонд передается между поколениями и постепенно меняется под действием наследственной изменчивости и отбора.



Генофонд и частоты аллелей

1

Состав генофонда

Генофонд включает все гены и их аллели, которые встречаются у особей одной популяции.

Он отражает полный набор наследственной информации, доступной для передачи следующим поколениям.

2

Частоты как язык описания

Для анализа используют частоты аллелей и генотипов: они показывают, насколько часто встречается каждый вариант в популяции. Именно такие показатели позволяют сравнивать разные группы и отслеживать изменения во времени.

3

Признак действия факторов

Если частоты аллелей меняются, значит, генофонд уже подвергается влиянию эволюционных факторов. Даже небольшие сдвиги важны, потому что они накапливаются в ряду поколений и меняют наследственную структуру.

4

Почему важно равновесие

Равновесие Харди—Вайнберга служит эталоном стабильности. Отклонение от него показывает, что популяция не остается генетически неизменной и в ней действуют силы эволюции.

5

Что дает анализ

Изучение генофонда помогает понять, какие процессы усиливают разнообразие, а какие его сокращают. Это делает популяционную генетику основой для объяснения эволюционных изменений.

Основные факторы эволюции и их вклад в изменение генофонда

Схема показывает, что факторы не действуют одинаково: одни создают разнообразие, другие перераспределяют его, а третьи ограничивают обмен генами между популяциями.

Наиболее направленно генофонд меняет естественный отбор, а наиболее случайно — дрейф генов; остальные факторы усиливают или ограничивают эти изменения.

Схематическая авторская диаграмма по материалам школьного курса биологии; значения условные.



Announcement

Office

Office of the Secretary of the Department of Health and Human Services, Washington, D.C. 20492. The Department of Health and Human Services is pleased to announce the following information regarding the activities of the Office of the Secretary.

The Office of the Secretary is responsible for the overall management and coordination of the Department's activities. It is also responsible for the development and implementation of the Department's policies and programs. The Office of the Secretary is composed of the following divisions:

- Administrative Services Division
- Financial Management Division
- Information Systems Division
- Legal Services Division
- Medical Services Division
- Public Health Services Division
- Research Services Division
- Statistical Services Division
- Training Services Division
- Public Affairs Division

The Office of the Secretary is located at the Department of Health and Human Services, Room 5000, Washington, D.C. 20492. For more information, please contact the Office of the Secretary at (202) 201-4000.

laking Ace

The following information is being provided for your information. The Department of Health and Human Services is currently conducting a study on the health status of the population. The study is being conducted in order to determine the prevalence of certain health conditions and to identify the factors that contribute to these conditions. The study is being conducted in a number of different locations and is expected to be completed by the end of the year.

Making A

The following information is being provided for your information. The Department of Health and Human Services is currently conducting a study on the health status of the population. The study is being conducted in order to determine the prevalence of certain health conditions and to identify the factors that contribute to these conditions. The study is being conducted in a number of different locations and is expected to be completed by the end of the year.

10⁻⁸

на нуклеотид
за поколение —
примерно такова
частота точечных
мутаций у человека

Оценка частоты точечных мутаций
у человека в учебной и научной
литературе по генетике.

Такая редкая, но постоянная
изменчивость объясняет,
почему новые аллели
появляются медленно, однако
непрерывно, создавая
материал для последующего
отбора.

Bus

Trade Rev

They

The following information is being provided for your information. The Department of Health and Human Services is currently conducting a study on the health status of the population. The study is being conducted in order to determine the prevalence of certain health conditions and to identify the factors that contribute to these conditions. The study is being conducted in a number of different locations and is expected to be completed by the end of the year.

Issue

THE PLAN

Рекомбинация и комбинативная изменчивость

Кроссинговер

В профазе I мейоза гомологичные хромосомы обмениваются участками. В результате возникают новые сочетания аллелей, хотя сами гены при этом не изменяются.

Независимое расхождение

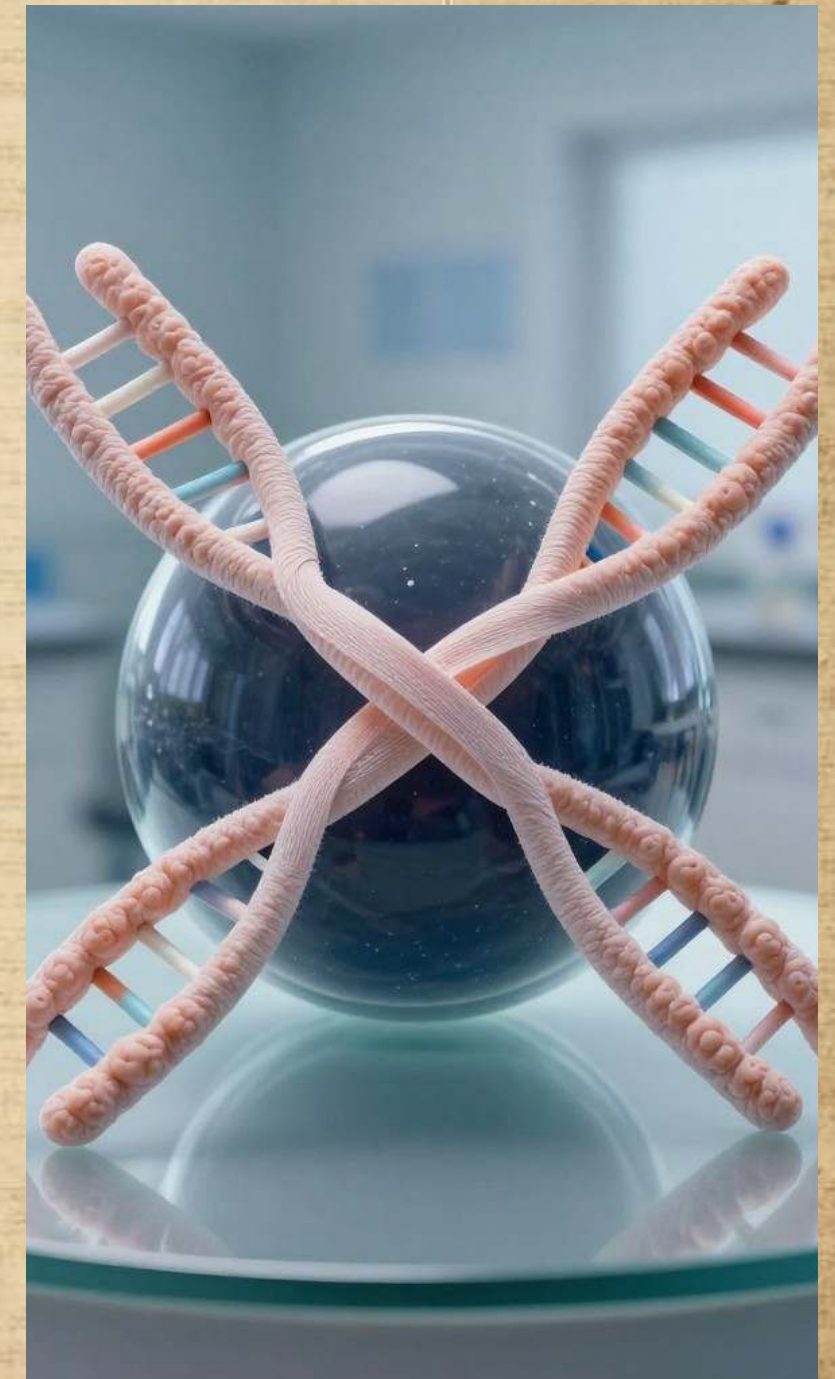
Хромосомы расходятся по гаметам случайным образом, поэтому каждая половая клетка получает уникальный набор наследственного материала. Это значительно увеличивает разнообразие потомства.

Случайное оплодотворение

Слияние гамет происходит непредсказуемо, и сочетание материнских и отцовских аллелей каждый раз оказывается новым. Так наследственная комбинация в поколении постоянно обновляется.

Материал для отбора

Рекомбинация не создает новые гены, но быстро увеличивает число вариантов их сочетаний. Именно эти варианты затем становятся объектом действия естественного отбора.



Естественный отбор как направляющий фактор эволюции

Суть отбора

Естественный отбор сохраняет особей, чьи наследственные признаки повышают выживаемость и успех размножения в конкретной среде. Поэтому полезные варианты со временем становятся более распространенными.

1

Стабилизирующий отбор

Этот тип отбора поддерживает средние значения признака и устраняет крайние отклонения. Он особенно важен там, где условия среды длительно остаются относительно постоянными.

2

Движущий отбор

При изменении условий среды преимущество получает один из крайних вариантов признака. В результате популяция постепенно смещается в новом направлении, приспосабливаясь к изменившейся обстановке.

3

Разрывающий отбор

Он благоприятствует нескольким крайним вариантам и ослабляет средние. Такой отбор может усиливать различия внутри популяции и подготавливать ее к дальнейшему расхождению.

4

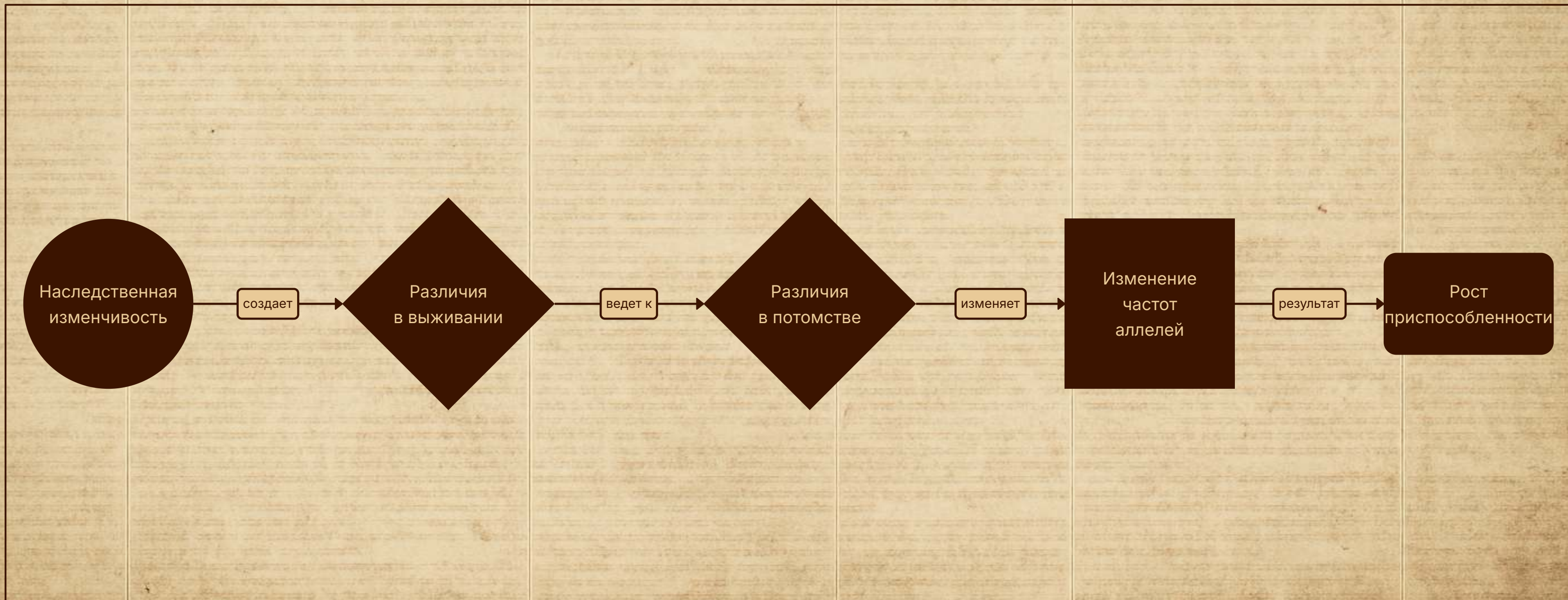
Наблюдаемые примеры

Устойчивость бактерий к антибиотикам и индустриальный меланизм у березовой пяденицы наглядно показывают, как отбор быстро меняет частоты аллелей в природных и антропогенных условиях.

5

Как естественный отбор меняет генофонд

Последовательность отражает, как наследственная изменчивость через различия в выживании и размножении изменяет частоты аллелей и повышает приспособленность популяции.



Дрейф генов и случайные изменения в малых популяциях

Что такое дрейф

Дрейф генов — это случайное изменение частот аллелей, не связанное напрямую с их полезностью. Он особенно заметен в малочисленных популяциях, где случайность влияет сильнее.

Потеря и закрепление аллелей

Даже нейтральные или слабополезные варианты могут исчезнуть просто случайно. И наоборот, редкий аллель может закрепиться, если его носители случайно оставили больше потомков.

Эффект основателя

Если новая популяция возникает из нескольких особей, ее генофонд оказывается неполным отражением исходной группы. Это сразу ограничивает наследственное разнообразие и повышает роль случайности.

Бутылочное горлышко

После резкого сокращения численности выживает лишь часть особей, а значит, сохраняется только часть аллелей. Восстановившаяся популяция нередко остается генетически обедненной.

Зависимость силы дрейфа от численности популяции

Чем меньше численность, тем заметнее случайные скачки частот. На графике это выражено как более высокая и неустойчивая линия для малых популяций. С увеличением численности дрейф ослабевает, поэтому редкие аллели сохраняются дольше, а генетическая структура популяции меняется медленнее.

Схематическая иллюстрация общей закономерности популяционной генетики; значения условные.



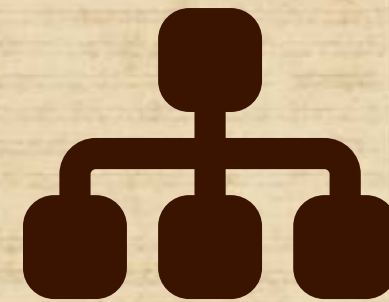
Поток генов: миграции и обмен аллелями



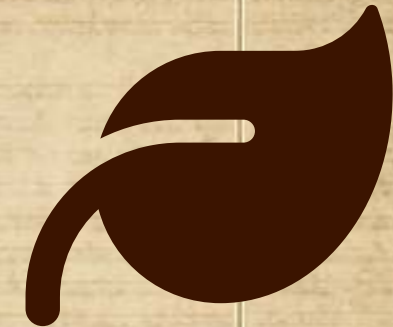
Перемещение особей
Когда особи покидают одну популяцию и включаются в другую, они приносят с собой аллели, которых в новой группе было мало или не было вовсе. Так возрастает генетическое разнообразие и меняется состав генофонда.



Переход генов между популяциями
Поток генов возникает не только при миграции взрослых организмов, но и при переносе гамет. Это способствует обмену наследственной информацией между соседними популяциями и уменьшает генетические различия между ними.



Сближение генофондов
При регулярном обмене генами частоты аллелей в популяциях становятся более похожими. В результате различия между группами сглаживаются, а их генофонды развиваются менее изолированно и более согласованно.



Цена для местной адаптации
Если условия среды резко различаются, постоянный приток чужих аллелей может мешать закреплению полезных местных признаков. Тогда обмен генами ослабляет адаптацию популяции к своей конкретной экологической нише.

Факторы эволюции и их основные эффекты

Сравнение показывает, что каждый фактор влияет на генофонд по-своему: одни создают разнообразие, другие направляют отбор или случайно меняют частоты аллелей.

Совместное действие факторов определяет и разнообразие, и приспособленность популяции; особенно заметны различия между направленными и случайными изменениями.

Фактор	Основной эффект	Направленность
Мутации	Новые аллели	случайно
Отбор	Рост приспособленности	направленно
Дрейф	Сдвиг частот	случайно
Изоляция	Расхождение популяций	ограничивает обмен

Обобщение по теме «Движущие силы эволюции»; школьный курс общей биологии

Изоляция и накопление различий между популяциями

1

Географический барьер

Горы, реки, моря и расстояния физически разделяют группы особей. Обмен генами сокращается, поэтому в каждой популяции начинают по-разному изменяться частоты аллелей и накапливаться наследственные особенности.

2

Экологическое разделение

Разные условия обитания — влажность, температура, пища, место размножения — заставляют популяции приспосабливаться к собственной среде. Это поддерживает расхождение признаков даже при близком соседстве групп.

3

Поведенческие и репродуктивные барьеры

Различия в брачном поведении, сроках размножения или несовместимости гамет препятствуют скрещиванию. Внутри каждой изолированной группы наследственные изменения закрепляются быстрее, чем при свободном обмене генами.

4

Основа видообразования

Чем дольше сохраняется изоляция, тем больше различаются генофонды популяций. В итоге накопленные отличия могут стать настолько устойчивыми, что между группами формируется новый вид.

Как популяция проходит через кризис и восстанавливается



Выжили немногие — изменился весь генофонд

После резкого сокращения численности случайно остаются не самые «лучшие», а те, кому просто повезло. Именно их аллели становятся основой будущего поколения, поэтому восстановленная популяция уже не похожа на прежнюю.



Бутылочное горлышко сужает наследственную вариативность

Когда численность падает почти до минимума, многие редкие аллели исчезают безвозвратно. Затем популяция может быстро увеличиться, но её наследственное разнообразие остаётся беднее, чем до катастрофы.



Катастрофа, после которой история идёт заново

Пожар, засуха или эпидемия оставляют после себя небольшую группу выживших. Из этого случайного набора особей начинается новый этап развития популяции, а её генофонд отражает не только отбор, но и случайность.

Announcement

laking Ace

Making A



Bus
Trade Re

Issue

Синтетическая теория эволюции

Объединение наук

Синтетическая теория эволюции связывает генетику, дарвинизм и экологию. Она объясняет эволюцию не как единичное событие, а как длительное изменение наследственной структуры популяций.

1

Источник изменчивости

Мутации создают новые аллели, а рекомбинация формирует их новые сочетания. Именно поэтому в популяции постоянно возникает материал, на который могут воздействовать дальнейшие эволюционные процессы.

2

Роль отбора

Естественный отбор не создает наследственные варианты, а отбирает те, которые лучше подходят к условиям среды. Благодаря этому полезные признаки становятся более распространёнными.

3

Случайность и обмен генами

Дрейф генов может случайно закреплять или терять аллели, особенно в малых популяциях. Миграции, напротив, переносят аллели между группами и изменяют их генетическую структуру.

4

Эволюция как изменение генофонда

В рамках этой теории главным объектом изучения становится популяция. Её генофонд меняется под действием нескольких факторов одновременно, а итогом может быть адаптация или расхождение линий.

5

Примеры эволюционных изменений в природе и жизни человека

1

Быстрая устойчивость бактерий

После применения антибиотиков выживают клетки с устойчивыми аллелями. Они размножаются быстрее остальных, и уже за короткое время в популяции преобладают резистентные формы.

2

Адаптация к химическим воздействиям

По тому же принципу у насекомых формируется устойчивость к инсектицидам. Человек создаёт сильное давление отбора, а популяция отвечает ростом доли выживших генотипов.

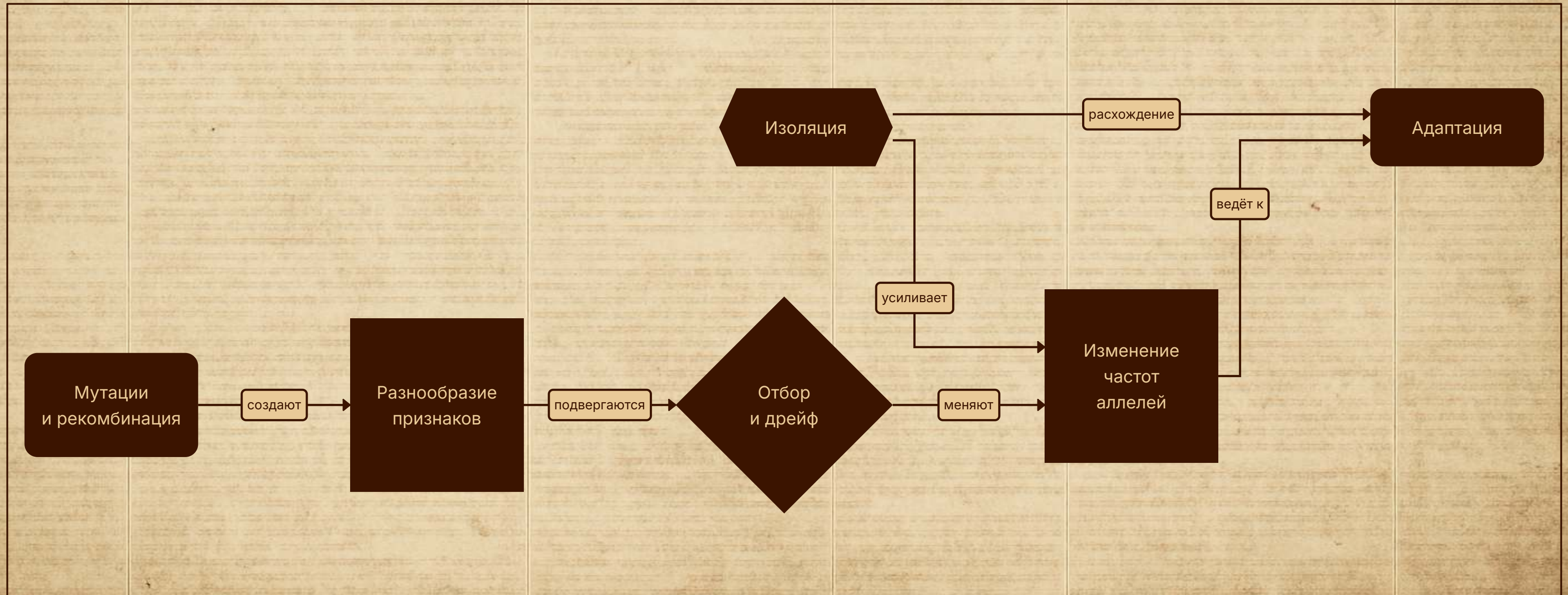
3

Изменения в дикой природе

У бабочек, растений и изолированных популяций признаки тоже могут заметно сдвигаться за несколько поколений. Это показывает, что эволюция идёт постоянно, если есть наследственная изменчивость и различия в выживании.

От наследственной изменчивости к адаптации

Схема отражает последовательность: источник наследственных различий, действие эволюционных факторов и итоговое изменение популяции.



Что ускоряет и что ограничивает эволюцию популяции

Условие	Эффект	Итог
Крупная популяция	меньше дрейф	разнообразие
Малая популяция	сильный дрейф	потеря аллелей
Высокая миграция	обмен генами	сближение
Сильная изоляция	меньше скрещивания	расхождение

Сравнение условий показывает, что скорость эволюции зависит от численности, обмена генами, силы отбора и степени изоляции.

Эволюцию ускоряют отбор, изоляция и малые численности, а замедляют большой запас разнообразия и активный обмен генами.

Announcement

Office

Office of the Secretary of the Department of the Interior, Bureau of Land Management, Washington, D.C. 20240. The following information is being furnished for your information: The Bureau of Land Management is currently reviewing the application for the proposed development of the land in the vicinity of the town of [illegible]. The application was received on [illegible] and is being reviewed in accordance with the provisions of the Federal Land Management Policy Act of 1980. The Bureau is currently conducting a public hearing on the application and is inviting all interested parties to attend the hearing and submit comments. The hearing will be held on [illegible] at [illegible]. Comments should be submitted to the Bureau of Land Management, [illegible], by [illegible]. The Bureau is currently reviewing the application and is inviting all interested parties to attend the hearing and submit comments. The hearing will be held on [illegible] at [illegible]. Comments should be submitted to the Bureau of Land Management, [illegible], by [illegible].

The Bureau is currently reviewing the application and is inviting all interested parties to attend the hearing and submit comments. The hearing will be held on [illegible] at [illegible]. Comments should be submitted to the Bureau of Land Management, [illegible], by [illegible].

The Bureau is currently reviewing the application and is inviting all interested parties to attend the hearing and submit comments. The hearing will be held on [illegible] at [illegible]. Comments should be submitted to the Bureau of Land Management, [illegible], by [illegible].

The Bureau is currently reviewing the application and is inviting all interested parties to attend the hearing and submit comments. The hearing will be held on [illegible] at [illegible]. Comments should be submitted to the Bureau of Land Management, [illegible], by [illegible].

The Bureau is currently reviewing the application and is inviting all interested parties to attend the hearing and submit comments. The hearing will be held on [illegible] at [illegible]. Comments should be submitted to the Bureau of Land Management, [illegible], by [illegible].

The Bureau is currently reviewing the application and is inviting all interested parties to attend the hearing and submit comments. The hearing will be held on [illegible] at [illegible]. Comments should be submitted to the Bureau of Land Management, [illegible], by [illegible].

Главный вывод

Генофонд популяции постоянно меняется под действием мутаций, рекомбинации, отбора, дрейфа, миграций и изоляции. Именно их совместная работа определяет, каким станет вид в будущем.

laking Ace

laking Ace

laking Ace

laking Ace

laking Ace

laking Ace

laking Ace

laking Ace

laking Ace

Bus Trade Rev

They

Issue

THE PLAN