

Макроэволюция и доказательства эволюции живой природы

Как общее происхождение объясняет
разнообразие жизни?



Зачем изучать макроэволюцию в школе



Эволюционная теория объединяет генетику, анатомию, экологию и палеонтологию. Она показывает, как из изменчивости, отбора и изоляции возникают новые виды и крупные группы организмов, а данные Дарвина подтверждаются современными исследованиями ДНК и распространения видов.

2

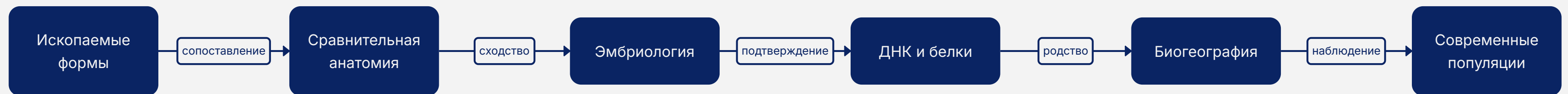
микроэволюции
и макроэволюции — это два уровня
одного эволюционного процесса.

Школьный курс биологии

**От популяционных изменений
до крупных таксонов эволюция
идёт непрерывно, но в разном
масштабе.**

Основные линии доказательств эволюции

Независимые данные из разных разделов биологии сходятся в одной картине общего происхождения.



Переходные формы в палеонтологической летописи



Археоптерикс — между рептилиями и птицами

Археоптерикс сочетал черты двух разных групп: зубы, длинный хвост и когти на крыльях соседствовали у него с настоящим перьевым покровом. Такие находки помогают увидеть, как новые признаки складываются постепенно, а не возникают сразу в готовом виде.



Тиктаалик — шаг к суше

Тиктаалик показывает переход от рыб к наземным позвоночным. Его плавники содержали внутренние кости, а строение головы и шеи делало возможной опору на мелководье. Это пример формы, приспособленной к жизни на границе двух сред.



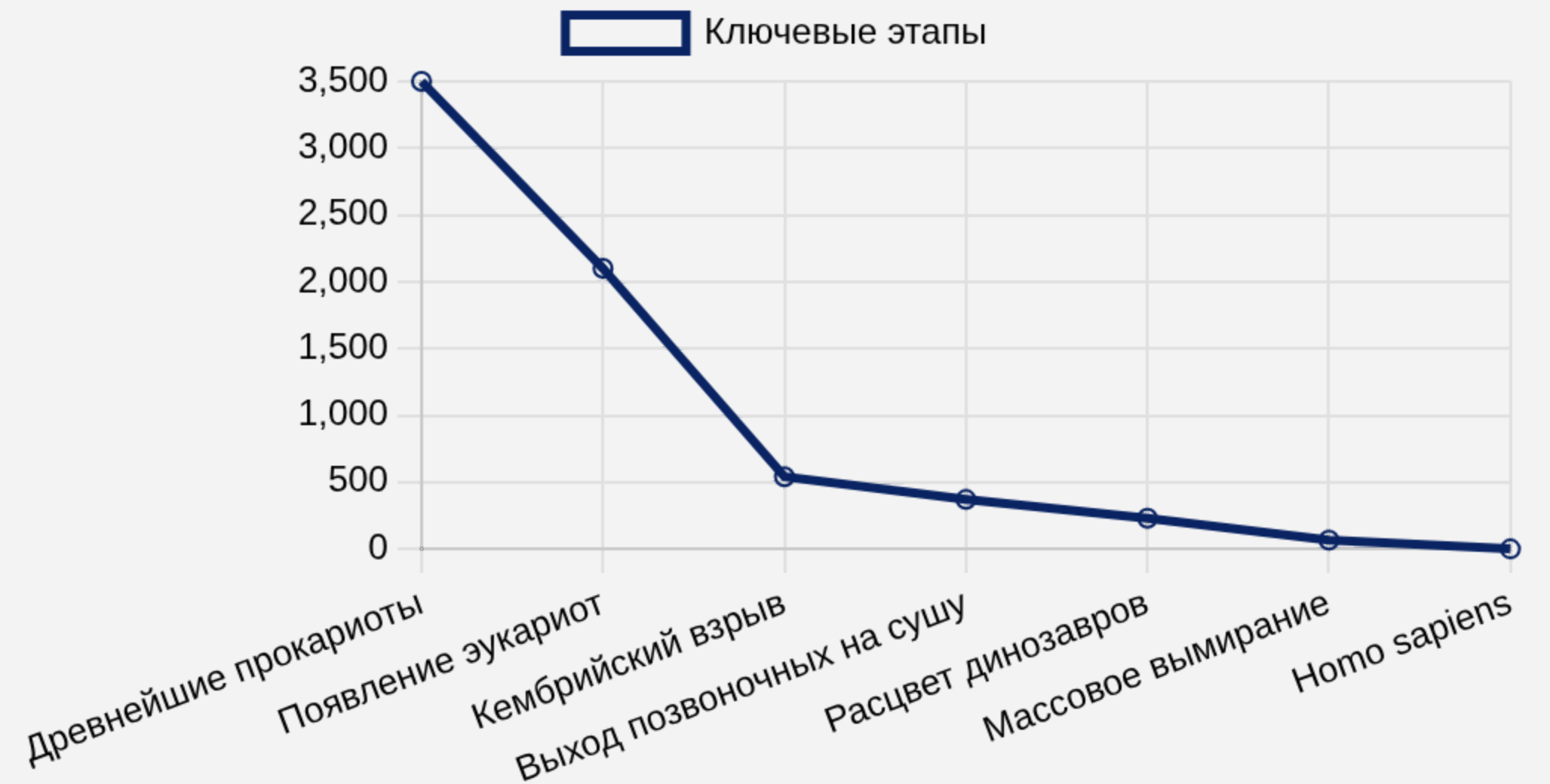
Эволюционные ряды млекопитающих

Ряды лошадей и китов особенно наглядны: в них прослеживается постепенное изменение конечностей, черепа, зубов и способов передвижения. Такие последовательности показывают не отдельный случай, а долгий исторический путь преобразования органов и образа жизни.

Ключевые этапы истории жизни на Земле

На шкале времени особенно заметны огромные промежутки между крупными преобразованиями.

Чем крупнее эволюционный скачок, тем больше времени требуется для его накопления и закрепления.



Обобщённые данные геохронологической шкалы
и палеонтологии

Сравнительная анатомия: гомологичные, аналогичные



Гомологичные органы

Передние конечности человека, кита, летучей мыши и кошки имеют общий план строения, хотя выполняют разные функции. Такое сходство указывает на единое происхождение и последующее расхождение признаков в разных условиях среды.

Аналогичные органы

Крыло птицы и крыло насекомого решают одну задачу — полёт, но возникли независимо и устроены по-разному. Аналогия показывает не родство, а сходный результат действия отбора в похожих условиях.

Рудименты

Рудиментарные структуры сохранились от предков, но утратили прежнее значение: к ним относят аппендикс у человека, тазовые кости у китов, крылья у нелетающих птиц. Они напоминают об исторической преемственности организмов.

Атавизмы

Иногда у отдельной особи проявляется признак далёких предков, например хвостовой отросток у человека. Такие случаи редки, но особенно наглядно показывают, что наследственная информация хранит следы эволюционного прошлого.

Сравнение основных доказательств эволюции

Линия	Что изучает	Пример	Вывод
Палеонтология	Ископаемые формы	Археоптерикс, тиктаалик	Есть переходные формы
Сравнительная анатомия	Строение органов	Гомологичные конечности	Общий план строения
Эмбриология	Раннее развитие	Зародыши позвоночных	Общее происхождение

Школьный курс биологии, обобщение по основным линиям доказательств

Разные методы исследования описывают эволюцию с разных сторон, но приводят к согласованным выводам.

Каждая линия доказательств самостоятельна, но вместе они дают более сильное и надёжное объяснение эволюции.

Эмбриологические доказательства общего происхождения

Ранние стадии

У зародышей позвоночных сначала особенно заметны общие признаки: жаберные дуги, хвостовой отдел, сегментация тела и закладка нервной трубки. На этом этапе сходство выражено сильнее всего.

Сходство развития

Похожие эмбриональные программы у родственных групп животных показывают, что разнообразие взрослых форм вырастает из общих исходных этапов развития, а не возникает независимо с самого начала.

Рост и специализация

По мере развития эмбрионы начинают различаться: одни структуры усиливаются, другие исчезают или меняют форму. Именно тогда закладываются особенности будущего строения взрослых организмов.

Молекулярно-генетические доказательства эволюции

Универсальный генетический код

Одинаковый принцип записи наследственной информации у всех организмов — важный аргумент в пользу общего происхождения жизни. Он делает возможным сравнение генов у самых разных групп.

Сходство последовательностей

Чем ближе виды родственны, тем больше совпадений в ДНК и белках. Сравнение последовательностей позволяет оценивать степень родства точнее, чем внешнее сходство или сходные условия обитания.

Консервативные молекулы

Для филогенетических построений часто используют рРНК, цитохром с и другие устойчивые молекулы. Они меняются медленно, поэтому хорошо сохраняют следы древнего родства между группами организмов.

Практическая точность

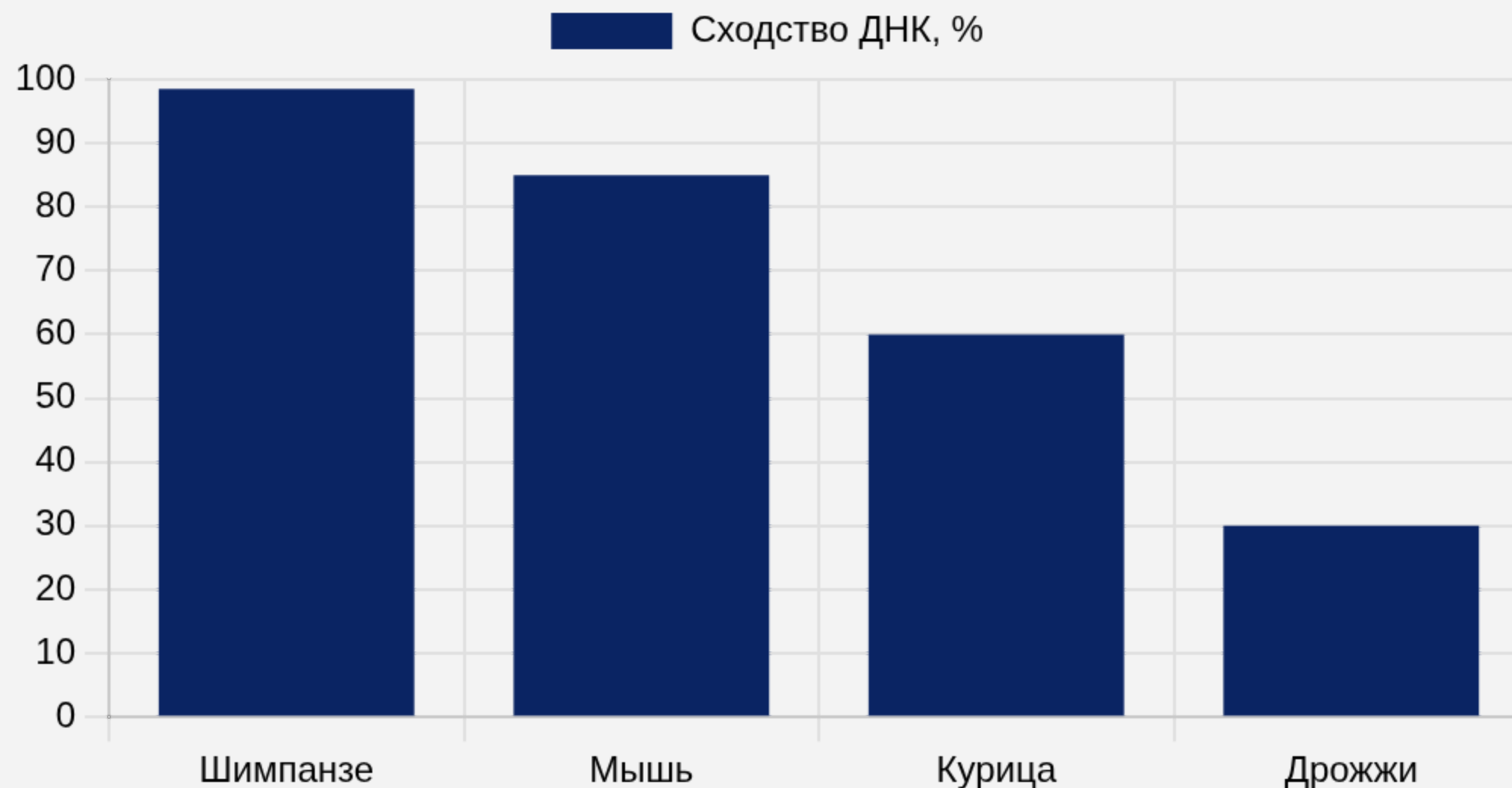
Генетические данные помогают проверять классификацию, уточнять эволюционные связи и выявлять близких родственников видов. Именно поэтому молекулярная биология стала одним из самых надёжных доказательств эволюции.



Сходство ДНК у человека с разными организмами

Генетическое сходство особенно хорошо отражает степень родства, потому что изменения в ДНК накапливаются постепенно и сохраняются в потомстве.

Чем дальше эволюционное родство, тем ниже сходство последовательностей; это подтверждает общее происхождение видов.



Обобщение данных сравнительной молекулярной биологии, используемых в школьном курсе биологии.

Биогеография как доказательство эволюции



Островная изоляция

Длительная изоляция островов приводит к формированию уникальных комплексов видов, которые не встречаются больше нигде. Поэтому Австралия, Мадагаскар и Галапагосы особенно важны для изучения эволюции.



Эндемики

Эндемичные виды ограничены одним регионом и особенно часто возникают там, где расселение затруднено. Их появление показывает, как географические барьеры направляют расхождение популяций.



Барьер расселения

Горы, океаны, пустыни и ледники разрывают ареалы и уменьшают обмен генами между популяциями. В результате локальные формы накапливают различия и могут стать самостоятельными видами.

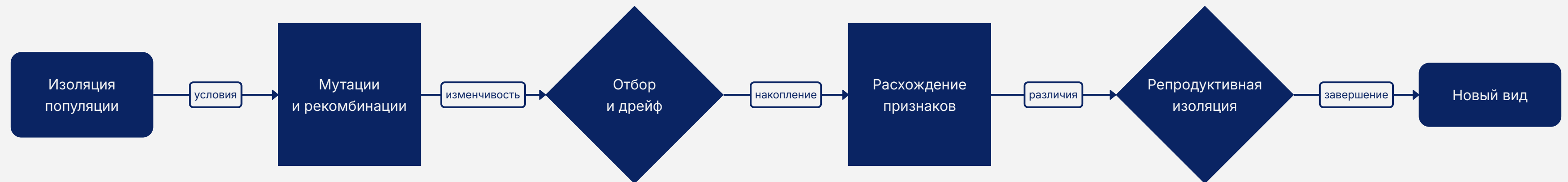


Общее происхождение

Похожие условия среды не всегда означают близкое родство. Биогеография показывает, что решающую роль часто играет история расселения, а не только внешнее сходство мест обитания.

Как происходит видообразование

Схема основана на последовательности факторов: изоляция, наследственная изменчивость, отбор, расхождение популяций и репродуктивная изоляция.



Наблюдаемая эволюция в современном мире

Антибиотикорезистентность

У бактерий устойчивые формы возникают быстро, особенно при частом и неправильном применении препаратов. Так формируются штаммы, опасные при туберкулёзе, стафилококковых и других инфекциях.

Устойчивость к инсектицидам

У насекомых отбор сохраняет особей, которые легче переносят обработку. В результате численность резистентных популяций растёт, а защита урожая требует новых методов и чередования средств.

Изменчивость вирусов

Вирусы быстро накапливают мутации и меняют антигенные свойства. Из-за этого эпидемиологический контроль должен быть постоянным, а профилактические меры и вакцины — своевременно обновляться.

Эволюция под наблюдением

Такие примеры показывают, что отбор действует не только в далёком прошлом. Эволюционные процессы продолжают сейчас и могут быть зафиксированы в течение нескольких поколений.

Примеры быстрых эволюционных изменений

Сравнение показывает, как разные факторы отбора вызывают быстрые изменения в популяциях и создают практические проблемы для человека.

При сильном селективном давлении устойчивые варианты быстро увеличивают долю в популяции, поэтому профилактика и контроль должны постоянно меняться.

Объект	Фактор	Результат	Значение
Бактерии	Антибиотики	Устойчивые штаммы	Рациональное применение
Насекомые	Инсектициды	Резистентные популяции	Защита урожая
Сорные растения	Гербициды	Устойчивые формы	Новая агротехника
Вирусы	Иммунное давление	Новые штаммы	Обновление вакцин

Обобщение примеров из школьного курса биологии и медицинской практики.

Дивергенция органов у позвоночных



01. Общий план

Пятипалая конечность позвоночных имеет единый исходный план: плечо, предплечье, кисть и пальцы. Этот общий набор элементов прослеживается у разных групп животных, несмотря на различия в функциях.

02. Разные функции

Один и тот же скелетный план лежит в основе руки человека, крыла птицы, ласта кита и передней конечности крота. Различия связаны с хватанием, полётом, плаванием и рытьём.

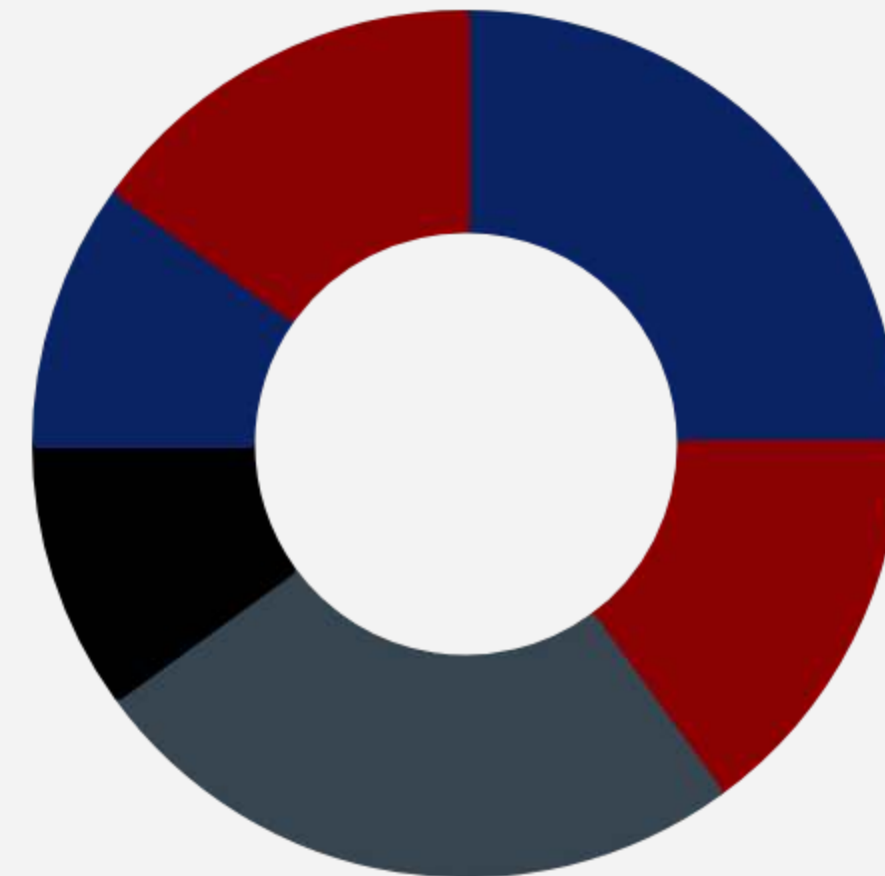
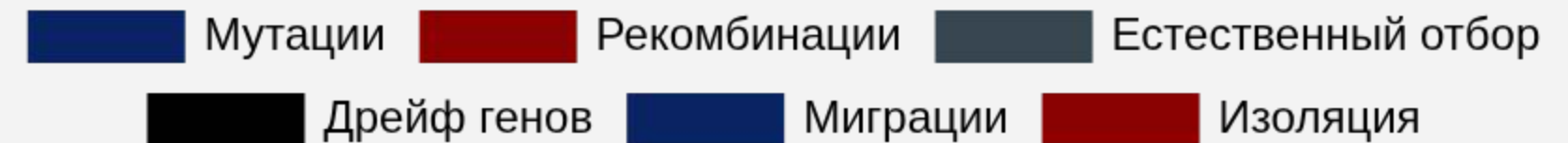
03. Дивергенция

Сходство строения объясняется происхождением от общего предка, а различия — приспособлением к разным условиям среды. Поэтому сравнение конечностей особенно наглядно демонстрирует действие эволюции.

Факторы эволюции и их роль

Разные факторы не действуют по отдельности: наследственная изменчивость создаёт материал, а отбор, дрейф и изоляция определяют его дальнейшую судьбу.

Наиболее устойчивые эволюционные изменения возникают там, где изменчивость сочетается с отбором и закрепляется изоляцией.



Обобщение положений эволюционной теории, принятых в школьной биологии.

Ограничения и особенности эволюционных изменений

■ Нет цели

Эволюция не стремится к заранее заданному результату и не ведёт к универсальному совершенству. Сохраняются те признаки, которые повышают приспособленность именно в данных условиях среды.

■ Компромиссы

Многие адаптации представляют собой баланс между скоростью, защитой, затратами энергии и успехом размножения. Усиление одной функции нередко ослабляет другую, что ограничивает возможные пути изменений.

■ Зависимость от среды

Полезный в одной обстановке признак может стать бесполезным или вредным в другой. Поэтому оценивать эволюционное значение изменения можно только с учётом конкретных экологических условий.

■ Неравномерный темп

Эволюционные преобразования идут не одинаково быстро. Долгие периоды относительной стабильности могут сменяться более заметными этапами изменений, когда условия среды резко меняются.

Значение эволюционных доказательств для науки и практики



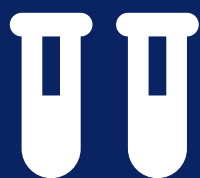
Медицина

Эволюционный подход помогает понимать, почему возникают устойчивые к лекарствам формы микроорганизмов, и почему контроль инфекций должен быть постоянным, а лечение — обоснованным.



Сельское хозяйство

Знания об изменчивости и наследственности используются в селекции растений и животных. Они позволяют отбирать полезные признаки и создавать более продуктивные сорта и породы.



Эпидемиология

Изменение возбудителей, появление новых вариантов и штаммов, а также распространение инфекций легче объяснить с позиций эволюции. Это повышает точность прогнозов и мер профилактики.



История жизни

Филогенетические данные помогают устанавливать родство видов и восстанавливать историю биосферы. Благодаря им можно проследить, как формировалось современное разнообразие живого мира.

Эволюция подтверждена множеством независимых фактов

Разные линии доказательств сходятся в одной картине: живой мир имеет общее происхождение и развивался исторически. Макроэволюция объясняет разнообразие организмов, а эволюция объединяет всю биологию.