

§ 48. Основные доказательства эволюции

Современная наука обладает множеством данных, доказывающих эволюционное развитие живой природы. Они свидетельствуют о происхождении всех живых существ от общих предков, позволяют устанавливать ход *филогенеза* — исторического развития различных групп организмов, как ныне существующих, так и вымерших, выявлять степень их эволюционного родства. На сегодняшний день доказательства эволюции накоплены в рамках целого ряда биологических дисциплин. Рассмотрим важнейшие из этих доказательств.

Сравнительно-анатомические доказательства эволюции. Сравнительная анатомия занимается выявлением общих черт и различий в строении организмов. Высокая степень сходства исследуемых организмов указывает на общность их происхождения и близкое эволюционное родство. Например, передние конечности различных позвоночных животных устроены по единому плану (рис. 114). Они состоят из трех отделов: плеча, включающего плечевую кость, предплечья с локтевой и лучевой костями и кисти, в которой выделяют запястье, пясть и фаланги пальцев.

При этом у разных позвоночных животных передние конечности могут выполнять одинаковые или различные функции, выглядеть сходным

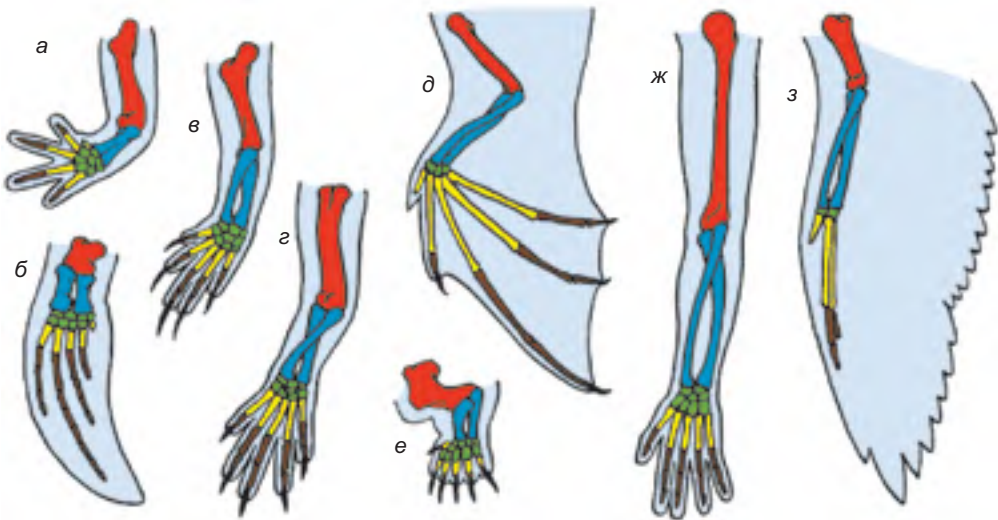


Рис. 114. Гомологичные органы — передние конечности позвоночных животных: а — лягушки; б — кита; в — ящерицы; г — крокодила; д — летучей мыши; е — крота; ж — человека; з — птицы

образом или в значительной степени отличаться по внешнему виду. Те или иные кости в их составе могут иметь разную форму и относительные размеры, срастаться или даже отсутствовать. Однако сходство строения передних конечностей позвоночных, обусловленное единством их происхождения, очевидно. Органы, которые независимо от выполняемых функций (они могут быть одинаковыми или разными) имеют единый план строения и *общее происхождение*, называются **гомологичными**. Следовательно, передние конечности позвоночных животных представляют собой гомологичные органы.

Примерами гомологичных органов могут служить ядовитые железы змей и слюнные железы других позвоночных. Жало пчелы гомологично яйцекладу кузнечика и некоторых других насекомых. Гомологичными по отношению друг к другу являются мясистый стебель кактуса и донце луковичи репчатого лука (это видоизмененные стебли), усики гороха и ловчие аппараты насекомоядного растения росянки (видоизмененные листья) и т. д.

Наличие гомологичных органов указывает на эволюционное родство организмов, их происхождение от общих предков. Различия между гомологичными органами, которые могут проявляться во внешнем виде и выполняемых функциях, свидетельствуют о дивергенции — эволюционном расхождении признаков у родственных организмов, приспособляющихся к разным условиям среды.

Аналогичными называют органы, имеющие внешнее сходство и выполняющие одинаковые функции, но *различные по происхождению*. Например, разное происхождение имеют крылья птиц (передние конечности) и насекомых (выросты хитинового покрова), корневые шишки георгина (видоизмененные корни) и клубни картофеля (видоизмененные побеги). Ключки барбариса по происхождению являются листьями, а шипы ежевики — выростами покровной ткани (рис. 115). Аналогичны друг другу копательные конечности крота и медведки, раковина виноградной улитки и панцирь черепахи (см. рис. 115).

Факты наличия аналогичных органов у разных организмов не свидетельствуют об их эволюционном родстве. Однако они указывают на то, что в ходе эволюции у различных групп организмов, живущих в сходных условиях среды и ведущих сходный образ жизни, под действием естественного отбора развивались похожие приспособления.

Рудименты — это органы, которые были хорошо развиты у предков тех или иных организмов, но в ходе эволюции утратили свое основное значение и сохранились у современных видов в зачаточном состоянии. Закладка таких органов происходит в эмбриональном периоде онтогенеза, однако полностью они не развиваются, оставаясь в течение всей жизни недоразвитыми.



Рис. 115. Примеры аналогичных органов у растений (колючки барбариса и шипы ежевики) и животных (раковина виноградной улитки и панцирь черепахи)

Так, рудиментами являются зачатки тазовых костей у китообразных и ряда змей, редуцированные глаза у некоторых обитателей пещер и почвы, например у крота, недоразвитые крылья у нелетающей птицы киви и жужжальца (вторая пара крыльев) у двукрылых насекомых. Более 90 рудиментов насчитывают у человека. Это копчик, аппендикс, третье веко, мышцы, поднимающие волосы, двигающие ушные раковины и т. д. Наличие рудиментарных органов указывает на родство современных видов с их эволюционными предками, у которых данные органы были хорошо развиты и в полной мере выполняли свойственные им функции. Постепенная редукция этих органов в ходе эволюции служит доказательством действия движущей формы естественного отбора.

Проявление у отдельных особей того или иного вида признака, свойственного отдаленным предкам, но утраченного этим видом в ходе эволюции, называют **атавизмом**. Атавизмы свидетельствуют о родственных связях ныне существующих видов с их предками и указывают на то, что

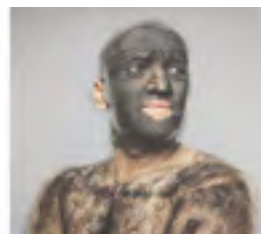
у современных организмов сохранились гены предков, контролирующие данные признаки. Однако в норме действие этих генов подавлено. Таким образом, атавизмы, в отличие от рудиментов, представляют собой отклонения от нормы. Примерами атавизмов могут служить: наличие добавочных пальцев на ногах у лошадей (рис. 116), развитых задних конечностей у дельфинов, «рыбьих» чешуй на отдельных участках кожи у современных земноводных. У человека атавизмами являются наличие хвоста, дополнительных сосков, густого волосяного покрова тела (см. рис. 116).



Двухпалость
у лошади



Дополнительные соски
у человека



Густой волосяной покров
тела у человека

Рис. 116. Примеры атавизмов

Палеонтологические доказательства эволюции. Палеонтология занимается изучением ископаемых остатков вымерших организмов, восстановлением их облика, выявлением сходства и различий древних и современных видов. Сопоставление палеонтологических находок, полученных из геологических пластов разных эпох, дает возможность проследить эволюцию органического мира во времени, установить связи вымерших форм с ныне существующими.

Важнейшими доказательствами эволюции, позволяющими выявить преемственность между различными систематическими группами организмов, являются **ископаемые переходные формы**. Так называются вымершие организмы, которые сочетали в себе признаки древних и исторически более молодых групп (рис. 117). Например, изучение *зверозубых ящеров* (одна из групп ископаемых рептилий), обладавших чертами сходства как с более примитивными рептилиями, так и со зверями, позволило прояснить ряд деталей, касающихся эволюционного перехода от пресмыкающихся к млекопитающим. Переходной формой от древних кистеперых рыб к современным земноводным являются вымершие амфибии *стегоцефалы*. Исследование ископаемых растений *риниофитов* дало возможность установить эволюционную связь между водорослями и споровыми растениями.



Зверозубый ящер



Стегоцефал



Ринофиты

Рис. 117. Ископаемые переходные формы

В некоторых случаях изучение палеонтологических находок позволяет связывать определенные ископаемые формы друг с другом и с современными видами в единые **филогенетические ряды**. Они представляют собой последовательности ископаемых форм, отражающие ход исторического развития (филогенеза) видов, существующих в настоящее время. Такие ряды построены для многих видов позвоночных и беспозвоночных животных. Одним из примеров может являться филогенетический ряд современной лошади (рис. 118), названия эволюционных предков которой приведены не для запоминания.



Рис. 118. Филогенетический ряд современной лошади (показаны изменения внешнего вида и строения конечностей)

Эмбриологические доказательства эволюции. Убедительные доказательства исторического развития живой природы и существования эволюционных связей между различными группами организмов предоставляет эмбриология. Как вы уже знаете, эта наука изучает эмбриональное развитие организмов. Так, данные эмбриологии свидетельствуют о сходстве зародышевого развития животных. Все они в начале своего индивидуального развития проходят этап дробления зиготы, стадию однослойного

зародыша — бластулы, а затем двухслойной гастролы. У всех, за исключением губок и кишечнополостных, формируется третий зародышевый листок — мезодерма и т. д. Особенно четко прослеживается сходство развития зародышей в пределах отдельных типов и классов животных.

Впервые эту закономерность обнаружил российский эмбриолог К. Бэр в начале XIX в. Детально исследовав зародышевое развитие позвоночных животных, принадлежащих к разным классам, он выяснил, что **на ранних этапах онтогенеза зародыши различных организмов развиваются сходно и лишь на более поздних стадиях между ними появляются различия** (рис. 119). Это обобщение впоследствии было названо **законом зародышевого сходства**. Сходство развития эмбрионов различных животных, наблюдаемое на ранних стадиях, свидетельствует об общности их происхождения. Возникающие впоследствии отличия указывают на дивергенцию, которая осуществлялась в ходе эволюции и привела к появлению различных систематических групп.



Рис. 119. Развитие зародышей позвоночных животных (а, б, в — последовательные стадии)

Молекулярно-генетические доказательства эволюции. Живые организмы имеют удивительно сходный химический состав. У всех форм жизни, за исключением некоторых вирусов, хранителем наследственной информации является ДНК. Кодлируемые ею белки играют первостепен-

ную роль в осуществлении различных процессов жизнедеятельности. Поставщиком энергии для протекания этих процессов служит, главным образом, АТФ. Для синтеза биомолекул живые организмы используют преимущественно одни и те же структурные компоненты. Например, ДНК построена из четырех основных типов нуклеотидов, а белки — из 20 видов аминокислот.

Высокая степень сходства проявляется не только в строении биологических молекул, но и в их функционировании. Так, у живых организмов сходным образом протекают процессы энергетического обмена и реакции матричного синтеза. Реализация наследственной информации, зашифрованной с помощью универсального генетического кода, у всех организмов осуществляется благодаря транскрипции и трансляции, с участием мРНК, тРНК и рРНК. Эти и многие другие факты доказывают родство живых организмов и единство происхождения жизни на Земле.



На сегодняшний день наука обладает множеством данных, доказывающих историческое развитие органического мира. К сравнительно-анатомическим доказательствам эволюции относят наличие у живых организмов гомологичных и аналогичных органов, рудиментов и атавизмов. Палеонтологическими доказательствами являются ископаемые переходные формы и филогенетические ряды. Закон зародышевого сходства — важнейшее обобщение в области эмбриологии, доказывающее эволюцию живой природы. Общие черты живых организмов, связанные со сходством их химического состава, строения и функционирования биомолекул, процессов хранения и реализации генетической информации и т. д. рассматриваются как молекулярно-генетические доказательства эволюции.



1. Что представляют собой гомологичные органы? Аналогичные? Приведите примеры. О чем свидетельствует наличие у живых организмов гомологичных органов? Аналогичных?
2. Приведите примеры рудиментов и атавизмов у различных организмов. В чем заключаются принципиальные различия между рудиментами и атавизмами? Почему и те, и другие являются доказательствами эволюции?
3. Что изучает палеонтология? Какое научное значение имеет исследование ископаемых переходных форм? Что представляют собой филогенетические ряды?
4. Сформулируйте закон зародышевого сходства. Почему он считается одним из важнейших обобщений, доказывающих эволюцию органического мира?
5. Какие факты могут рассматриваться в качестве молекулярно-генетических доказательств эволюционного процесса?

6*. Как вы думаете, для чего в современной науке может использоваться метод сравнения аминокислотного состава определенных белков (гемоглобина, инсулина и т. п.) и нуклеотидных последовательностей соответствующих генов у разных видов живых организмов?

7*. У зародышей млекопитающих на ранних этапах развития формируются жаберные щели и жаберные мешки. Однако впоследствии они преобразуются не в жабры, а в такие структуры, как слуховые трубы, миндалины, вилочковую железу (тимус) и др. Попробуйте объяснить данные факты с точки зрения эволюционной теории.

§ 49. Прогресс и регресс в эволюции.

Пути достижения биологического прогресса.

Способы осуществления эволюционного процесса

Прогресс и регресс в эволюции. Как вы уже знаете, возникновение надвидовых систематических групп (родов, семейств и т. д.) в ходе исторического развития живой природы называют макроэволюцией.

Анализ макроэволюционных процессов показывает, что развитие органического мира происходило от низших форм жизни к высшим, т. е. от примитивных организмов к сложноорганизованным. Однако в современном мире наряду с организмами, имеющими высокий уровень организации, такими как млекопитающие, птицы, цветковые растения и др., широко распространены и сравнительно просто устроенные, например, бактерии и протисты. В то же время многие группы довольно высокоорганизованных организмов (зверозубые ящеры, динозавры, семенные папоротники, риниофиты и т. д.) исчезли с лица Земли. Это дает основание выделить два основных направления эволюционного процесса — биологический прогресс и биологический регресс.

Биологический прогресс — направление эволюции, которое сопровождается повышением приспособленности организмов той или иной группы к условиям окружающей среды. Результатом этого является увеличение численности особей видов, входящих в состав данной систематической группы, их расселение в новые местообитания, что ведет к расширению ареалов и способствует видообразованию. Со временем на основе образовавшихся видов возникают новые роды, семейства и т. д. Таким образом, биологический прогресс является следствием эволюционного успеха определенных групп организмов и ведет эти группы к процветанию.

Биологический регресс, наоборот, характеризуется снижением приспособленности организмов определенной систематической группы к среде обитания. Он проявляется в уменьшении численности особей, сокращении ареалов и даже полном исчезновении видов. Снижение биологического разнообразия в пределах той или иной систематической группы, которое