

Глава VII. Эволюция живого

В настоящее время подавляющее большинство ученых считает, что современное разнообразие жизни на Земле сложилось в ходе длительной эволюции. Меняется генетическое разнообразие популяций, эволюционируют виды, сообщества, биогеоценозы и биосфера в целом. Что же касается механизмов эволюции, ее движущих сил, направленности и т.д., то существует ряд гипотез, по-разному их объясняющих. Все они основаны на том или ином фактическом материале.

§ 45. Механизмы эволюции

В середине XIX века был предложен механизм эволюционного процесса, в ходе которого возникает гармоничное устройство живых организмов, приспособленных для жизни в определенных условиях. Это **естественный отбор**, т.е. выживание и участие в размножении наиболее приспособленных особей.

Основой для действия отбора является генетическая неоднородность популяций (§31), которая создается преимущественно процессами мутирования и рекомбинации.

Кроме естественного отбора, связанного с влиянием природных факторов, существует **искусственный отбор**, который целенаправленно проводит человек, создавая новые породы и сорта домашних животных и растений.

Результат отбора - длительное и направленное изменение генетической структуры популяции или вида в целом. В зависимости от результата выделяют несколько форм отбора: **движущий**, **стабилизирующий** и т.д.

Открытие механизма эволюции принадлежит двум выдающимся английским натуралистам - Чарльзу Дарвину и Альфреду Уоллесу, пришедшим к очень близким взглядам независимо друг от друга. Кроме того, Дарвин сформулировал и другое важное заключение - общность происхождения всех живых существ. Так как Дарвин дал более четкое и полное обоснование своих эволюционных представлений, то именно он считается основоположником современной теории эволюции.

Французский исследователь Жан Батист Ламарк был одним из первых, кто сформулировал эволюционные представления в более или менее полном виде. Было это в начале XIX века.

Ламарк считал, что эволюция определяется сочетанием изменчивости всех живых существ, их врожденного стремления к совершенствованию и наследования приобретенных в результате совершенствования признаков.

Наиболее известный пример такого толкования эволюции - это объяснение того, как возникла длинная шея у жирафа. Ламарк утверждал следующее:

- Пусть существовал вид животных, питавшихся листьями деревьев.

- Могло случиться так, что все листья, до которых могли дотянуться животные, были съедены.

- Стремясь дотянуться до высоко расположенных листьев, предок жирафа должен был постепенно вытягивать шею.

- Постоянное упражнение привело к удлинению шеи, и следующее поколение оказывалось более длинношеим, чем предыдущее. - Упражняясь, особи этого поколения в свою очередь также удлинляли шею, что в конце концов привело к появлению нового вида - жирафов.

Сейчас мы знаем, что изменения в строении организма, вызванные упражнениями органов, развиваются в пределах нормы реакции признака и являются модификациями (§30), т.е. наследоваться не могут.

Реальность крайне высокой изменчивости была установлена в наблюдениях Дарвина и Уоллеса. Особенно наглядна изменчивость у одомашненных видов. Дарвин описал резко различные породы домашнего голубя. Часто они так не похожи друг на друга, что любой систематик того времени должен был бы их отнести к разным видам (рис. 45 - 1).

Заслуга Дарвина еще и в том, что он разграничил две формы изменчивости: модификационную и наследственную (он называл их определенной и неопределенной изменчивостью).

Для Дарвина и Уоллеса также было очевидно, что в природе численность любого вида не беспредельна. И тогда родилась мысль о том, что в популяциях происходит **борьба за существование**, т.е. борьба за жизненные ресурсы. В результате не все особи одного вида выживают, а точнее - не все способны оставить жизнеспособное потомство, происходит отбор наиболее приспособленных. Достаточно совсем незначительных изменений, улучшающих приспособленность, и через несколько поколений потомки таких особей будут преобладать в популяции.

Для количественной характеристики отбора можно использовать так называемую **относительную приспособленность** (w). Эта мера меняется от 0 до 1. При $w=0$ все особи гибнут, не оставляя потомства. При $w=1$ все возможности передачи генетической информации следующему поколению реализуются. Дополнение относительной приспособленности до 1, т.е. величина $1-w$, называется **коэффициентом отбора**. Фактически это скорость уменьшения частоты того или иного генотипа в результате отбора.

Таким образом, отбор направлен на отдельные особи, т.е. целостные организмы. Естественно отбор идет по фенотипам, но результаты отбора проявляются в изменении генетической структуры

популяции (§31). Отбор возможен только в том случае, когда в популяции есть генетическая неоднородность.

Так, в начале XX века Вильгельм Иогансен экспериментировал с семенами разных растений фасоли и вел селекцию на увеличение и уменьшение размеров семян. Отбор был успешным, и вскоре он получил растения с мелкими и крупными семенами. Далее Иогансен решил проверить, насколько успешным будет отбор, если вести его среди растений, которые имеют одинаковую наследственность. Для этого путем многократного самоопыления фасоли он получил наборы генетически идентичных растений - линии. Однако высаженные на экспериментальном участке генетически одинаковые растения давали разные по размеру семена. Как и в предыдущем случае, Иогансен начал вести отбор на увеличение и уменьшение размера семян. Однако отбор был безуспешным. Растения, выращенные из самых крупных семян, давали в среднем такие же семена, как и растения, выращенные из самых мелких. Таким образом, в данном случае есть изменчивость, есть отбор, но нет эволюции. Следовательно, материалом для эволюции может быть только наследственная изменчивость.

Если использовать в качестве примера возможную эволюцию жирафа, то, с точки зрения Дарвина и его последователей, она должна была идти так:

- Среди предков жирафа всегда поддерживалась изменчивость по длине шеи.

- При изменении природных условий (например, во время засухи, когда травы и кустарники погибали) преимущество получали особи с длинной шеей. Формы с короткой шеей погибали.

- В результате особи с более длинными шеями оставляли потомство.

- Через ряд поколений благодаря направленному отбору появились жирафы современного типа.

В 1859 г. Дарвин напечатал свою знаменитую книгу “Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь”. В ней он привел известные в то время доказательства эволюции и обосновал свою теорию. В очень краткой форме сущность представлений Дарвина можно сформулировать в виде триады: изменчивость - наследственность - естественный отбор.

Однако Дарвин хорошо представлял себе то, что предлагаемая им концепция может решить далеко не все проблемы. Можно себе хорошо представить и даже проверить в эксперименте, как действует естественный отбор на популяционно-видовом уровне организации живого. Но что определяет эволюцию на надвидовом уровне?

Дарвин выделил несколько затруднений, встречаемых его теорией. Так, в палеонтологических данных редки переходные формы. Дарвин считал, что это связано с неполнотой данных. Вместе с тем сейчас о вымерших животных и растениях мы знаем много больше, чем современники Дарвина, однако проблема сохраняется.

Есть признаки, приспособительное значение которых сомнительно, т.е., по сути дела, бесполезные. Действовал ли естественный отбор на них?

Есть и признаки крайне сложные (в том числе поведенческие, такие как сложные врожденные формы поведения - инстинкты). Их эволюционное появление тоже трудно представить. Сам Дарвин в качестве примера приводил изящно и экономично организованные соты медоносных пчел.

Во времена Дарвина не знали природу неопределенной изменчивости. Только в начале XX века генетики установили, что это - мутации. Синтез генетики и теории эволюции получил название **синтетической теории эволюции** (§ 48).

Дарвин постулировал, а генетики позднее подтвердили, что мутации - основной материал для отбора - возникают случайным образом.

Убедительные доказательства этому получено в опытах с кишечной палочкой и фагом T1, который вызывает ее гибель (рис. 45 - 2). Если высевать бактерии в чашки Петри на питательную среду, содержащую фаговые частицы, то иногда некоторые бактерии не погибают, а начинают расти и образовывать колонии. То есть они оказываются устойчивыми к действию фага. Можно было бы думать, что именно содержание фага в питательной среде индуцирует мутации, и в результате возникают устойчивые мутанты. Американские генетики Джошуа и Эстер Ледерберги применили **метод реплик**. Суть его в следующем. Они взяли болванку диаметром, равным диаметру чашки Петри, обтянутую стерильным бархатом, прикоснулись ею к бактериям, растущим на среде без фага, а затем перенесли отпечаток в несколько чашек Петри со средой, содержащей фаговые частицы. Во всех этих чашках появились колонии устойчивых к фагу бактерий, причем ориентация их была одинаковой во всех чашках. Это доказывало, что мутации произошли спонтанно еще до встречи бактерий с фаговыми частицами, а при переносе бактерий на зараженную среду произошел отбор мутантов.

Кроме мутационного процесса, материал для отбора поставляют рекомбинационный процесс и изменение генетической структуры популяции, связанное с колебаниями ее численности (§§ 31, 33), они также носят случайный характер. Направление эволюции определяет отбор, говорят, что ему принадлежит “творческая” роль.

Есть несколько типов отбора, отличающихся друг от друга по своим результатам. Так, **движущий** (или **направленный**) **отбор** приводит к тому, что среднее значение признака сдвигается в каком-то определенном направлении (рис. 45 - 3). Именно эту форму отбора имел в виду Дарвин. Примеры движущего отбора можно обнаружить чаще всего. Среди них - выработка в разных групп вредителей устойчивости к ядохимикатам, а у бактерий-возбудителей заболеваний - к антибиотикам.

Известное проявление движущего отбора - так называемый индустриальный меланизм, явление, связанное с загрязнением среды в результате промышленных выбросов. Например, в Великобритании был выявлен устойчивый сдвиг в сторону преобладания темной формы бабочки

березовой пяденицы (рис. 45 - 4). Эксперименты показали, что светлые бабочки хорошо маскируются на стволах деревьев, покрытых лишайниками. Но в результате загрязнения лишайники погибают, стволы деревьев темнеют. Птицы быстро обнаруживают светлых насекомых на темных стволах деревьев и поедают их. Темная же форма в этих условиях получает преимущество.

Искусственный отбор - это, как правило, тоже направленный отбор. Но в этом случае его ведут не по приспособленности, а по тем признакам, которые интересуют человека. Вы все хорошо представляете разнообразие пород собак (рис. 45 - 5), среди которых есть огромные и очень маленькие. Некоторые породы доведены отбором до такого состояния, что фактически могут считаться разными видами, так как заведомо не могут скрещиваться.

Конечно, при искусственном отборе для передачи отселектированных признаков из поколения в поколение часто приходится использовать специальные меры, например, скрещивать только определенных животных (см. гл. IX).

Другой тип отбора - **разрывающий**, или **дизруптивный** (лат. *disruptus* - разорванный) (рис. 45 - 6). Такой отбор идет тогда, когда обстановка благоприятствует каким-то двум (и более) формам с разными генотипами. В результате в одном месте могут устойчиво встречаться несколько разных морф разного вида.

Хорошо изученный пример - это растущий на горных лугах Кавказа большой погребок. Если луг не выкашивается, то погребок на этом лугу цветет все лето. На лугу, который выкашивается каждый год в середине лета, очень часто встречаются раннецветущие и рано плодоносящие погребки. Кроме того, появляется форма, которая цветет позднее. Подобные растения ко времени покоса еще очень низки, и коса их не срезает. После покоса эти погребки начинают быстро расти, зацветают и плодоносят. Так появляются две субпопуляции погребков, которые между собой не скрещиваются.

Две морфы у двухточечной божьей коровки (рис. 31 - 1) - это также результат дизруптивного отбора: красная форма лучше перезимовывает, но сильнее погибает летом, а черная форма лучше выживает в летний период.

Представление о **стабилизирующем** (или **центростремительном**) **отборе** было развито в основном в трудах нашего выдающегося эволюциониста и зоолога Ивана Ивановича Шмальгаузена. Эта форма отбора характерна для ситуации, когда условия обитания длительное время остаются почти неизменными. Тогда выживают организмы со средним значением признака, а вот уклонившиеся особи гибнут (рис. 45 - 7). Со временем это приводит к сужению нормы реакции.

Один из наиболее известных примеров действия стабилизирующего отбора - это судьба домовых воробьев, пострадавших после сильного снегопада и ветра в Нью-Йорке. Погибли особи либо с очень длинными, либо с укороченными крыльями.

Можно представить себе и противоположную ситуацию, например, расширение экологической ниши. В этом случае отбор будет благоприятствовать формам с широкой нормой реакции, которые сохраняют среднее значение признака (или признаков). Такой тип отбора был назван Джорджем Симпсоном **центробранным**. Часто его называют **дестабилизирующим**.

Нередко отбор в целом сравнивают с ситом, через которое проходит популяция. Эта поверхностная аналогия позволяет в какой-то степени понять именно его упорядочивающую (поддерживающую) роль. Но, как можно видеть, на популяционно-видовом уровне отбор, значительно и направленно изменяя фенотипическую и генотипическую структуру популяции, может выполнять и другую роль - творческую.

Вопросы

- Сравните взгляды Дарвина и Ламарка.
- Чем различаются естественный и искусственный отбор?
- В опыт взяли 50% растений, гомозиготных по доминантному гену (AA) и 50% - по рецессивному (aa). Они начинают размножаться с помощью перекрестного опыления. Гомозиготы aa обладают пониженной приспособленностью, только половина из них способна участвовать в размножении и оставлять потомство. Какова будет частота гаметы a через 2 поколения? Через 5 поколений? Через 10 поколений?
- Имелось две популяции одного вида с одинаковыми численностью и генофондом, находящихся в одинаковых условиях. В одной из них появился ген, который приводит к резкому снижению численности потомства, в среднем до двух особей на одну родительскую пару за все время репродуктивного периода. В другой популяции численность потомков одной пары превышает пятьдесят особей. Как вы думаете, какова судьба этих популяций? Свой вывод обоснуйте.

§46. Микроэволюция

Каждая популяция обладает свойственным только ей генофондом (§31). Кроме того, на нее влияет такое сочетание абиотических и биотических факторов, которое на поверхности Земли больше нигде не

повторяется. Именно поэтому соседние популяции одного вида обычно непохожи друг на друга. Изменения идут в популяциях постоянно, но результаты их различны. В одних случаях популяции могут сохранять стабильность (§33), в других - эволюционные процессы приводят к значительному их изменению. Один вид может смениться другим. Нередко происходит полное исчезновение, или вымирание, того или иного вида.

Если популяции изолированы друг от друга и не обмениваются генетической информацией, то в результате изначальных различий генофондов и постепенной эволюции расхождения между ними достигают такого уровня, что особи из разных популяций не способны скрещиваться или давать плодовитое потомство. Это означает появление новых видов. Всю совокупность эволюционных процессов и явлений на популяционно-видовом уровне принято называть **микроразволюцией**.

Для того, чтобы межпопуляционные различия накопились и достигли уровня межвидовых, в свою очередь, также требуется **репродуктивная изоляция** популяций. Причины ее могут быть различны.

Наиболее распространена **географическая изоляция**, когда ареал вида разделен на части различными географическими барьерами (§34). Со временем популяции будут **дивергировать** (лат. *divergo* - отклоняюсь), различия между ними будут нарастать и могут достичь видового уровня, т.е. произойдет **видообразование**. Такое видообразование называют **географическим** или **аллопатрическим** (греч. *allos* - другой, *patris* - родина). Оно широко распространено в природе, и его обычно рассматривают как основной способ видообразования.

Результатом аллопатрического видообразования обычно являются эндемичные виды. В качестве примера можно привести фауну островов. Чем раньше остров отделился от материка, тем более своеобразный набор видов его населяет. Так, на изученных Ч. Дарвином Галапагосских островах, отделенных от побережья Южной Америки около 1000 км, только 15% видов птиц одинаковы с материковыми, а 85% - уникальны.

Подобные же примеры дает нам изучение фауны озер тектонического происхождения. Так, в озере Байкал существуют десятки эндемичных видов планарий и сотни - бокоплавов.

С аллопатрическим видообразованием обычно связано существование так называемых **викарирующих видов** (лат. *vicarius* - замещающий). Это близкие виды, ареалы которых географически как бы дополняют друг друга. Можно думать, что существование форм с такими ареалами отражает завершившийся процесс видообразования. Когда-то существовавший исходный вид был расселен широко, его обширный ареал был разделен географическими барьерами на части, и в пределах каждой части сформировался свой особый вид (рис. 46 - 1).

Так, два очень близких вида саранчовых - итальянский и светлокрылый прус, видимо, сформировались во время похолоданий четвертичного периода в

результате расчленения обширного ареала их общего предка на западную и восточную части. Сейчас эти виды занимают очень близкие экологические ниши - предпочитают полупустыни, питаются близкими видами растений, развиваются в одни и те же сроки. Но итальянский прус распространен от Средиземноморья до приалтайских степей и способен к массовому размножению, а светлокрылый - расселен от тех же степей до Тихого океана и не дает всплеск численности. Области их распространения перекрываются в узкой полосе в несколько десятков километров шириной.

При экологической изоляции, когда дивергируют популяции, занимающие одну территорию, происходит **экологическое** или **симпатрическое** (греч. *syn* - вместе) **видообразование**.

Примеров симпатрического видообразования, известно не так много. Один из них - это кавказский погремок (§ 45), популяции которого репродуктивно изолированы за счет разных сроков размножения. Можно себе представить дивергенцию популяций насекомых, специализированных на питании разными видами растений (§ 32) и т.д.

К симпатрическому относят видообразование у растений, связанное с полиплоидизацией. Так, возникшие тетраплоидные формы будут репродуктивно изолированы от исходных диплоидных растений, т.к. гибриды между ними - триплоиды, стерильны из-за нарушений, возникающих в мейозе. Таким образом, предком нового вида может являться единственная особь, а сам процесс появления нового вида ограничен одним поколением. Такое видообразование называют **внезапным** (или мгновенным).

Обычно же эволюционирует популяция в целом. Процесс распространения мутаций в популяции занимает много поколений. Кроме того, каждая вновь возникшая мутация обычно приносит лишь небольшие изменения в фенотип. Требуется длительное время, прежде чем в результате накопления мутаций возникла репродуктивная изоляция. Это **постепенное видообразование**. Судя по палеонтологическим данным, имеющимся для ряда млекопитающих (от полевок до зубров), оно занимает от 5 до 300 тысяч лет.

Образование двух и более новых видов на основе расхождения (дивергенции) популяций исходного вида - не единственный путь видообразования. Если вид представлен одной популяцией или между популяциями сохраняется интенсивный генетический обмен, то такой вид будет эволюционировать как единое целое. В случае говорят о **филетическом видообразовании**. Оно не сопровождается увеличением числа видов.

Известны примеры удивительного постоянства видов. В настоящее время находят "живые ископаемые" - виды, существующие без явных морфологических изменений десятки и сотни миллионов лет (из растений - голосеменное гингко, из животных - кистеперая рыба латимерия (рис. 46 - 2), пресмыкающееся гаттерия).

Вопросы

- Объясните подробно причину стерильности гибридов между ди- и тетраплоидами?
- Могут ли триплоиды давать потомство хотя бы с невысокой частотой? А если могут, от чего зависит эта частота?
- Попробуйте определить, что такое вид (вспомните материал §§ 34-35).
- Приведите примеры непрерывной и прерывистой географической изменчивости.
- Как вы думаете, какие причины могут приводить к вымиранию видов?

§ 47. Макроэволюция

Эволюционный процесс, создающий и закрепляющий различия генофондов популяций, не заканчивается образованием видов. Затем непохожесть новых видов продолжает углубляться. Различия достигают уровня межродовых, межсемейственных и т.д. Подобные расхождения могут возникать не только за счет эволюционных изменений видов, но и в результате вымирания промежуточных форм. Это - процесс **макроэволюции**.

Исследования макроэволюции основываются в первую очередь на вымерших живых существах, а также на их сопоставлении с современными видами и на сравнении современных представителей различных таксонов. Основная цель макроэволюционных исследований - это установление закономерностей развития органического мира.

Новые признаки, которые сначала возникают у небольшого числа особей, а потом распространяются по популяции, могут быть разными. Их общая черта состоит в том, что они, как правило, приспособительны, адаптивны. Иногда они могут быть нейтральными.

Одни изменения незначительны, например, увеличение или уменьшение размеров хвоста, изменений в окраске и т.д. Другие же могут быть очень существенными, усложнять и совершенствовать строение организмов, давая им возможность выйти за пределы среды, в которой обитали их предки. Такого рода изменения называются **ароморфозами** (греч. *aigo* - поднимаю и *morphosis* - форма) (рис. 47 - 1). Оказавшись в новой среде, организмы быстро дивергируют, занимая все доступные экологические ниши. При этом одни приспособления к окружающей среде заменяются на другие без усложнения организмов. Такие изменения называют **идиоадаптациями** (греч. *idios* - особый) (рис. 47 - 1).

Одним из наиболее значительных ароморфозов было появление многоклеточности (§ 21). Многоклеточность дала возможность быстрой дальнейшей эволюции за счет появления различных вариантов строения.

В основе возникновения млекопитающих также лежит ароморфоз. В этом случае усложнение организмов было связано с появлением постоянной и высокой температуры тела, совершенствованием строения легочной и кровеносной систем.

Ароморфозы - это не только появление новых признаков, но и значительная перестройка всего индивидуального развития организмов. Например, выход позвоночных на сушу - это типичный ароморфоз, который сопровождался многочисленными изменениями всех жизненных органов. В то же время способность к обитанию в воздушной среде, появившуюся еще у двоякодышащих рыб и позволившую им переживать периоды засухи в норах на дне пересохших водоемов, следует рассматривать скорее как идиоадаптацию.

Все ароморфозы, а также и многие идиоадаптации, могут быть представлены как своеобразные шаги по пути **морфологического** или **мофофизиологического прогресса**, т.е. постепенного усложнения организованности живых существ в ходе эволюции жизни на Земле. Можно наблюдать и **регресс** (лат. regressus - движение назад), т.е. упрощение строения, часто связанное с освоением особых экологических ниш. В этом случае происходит специализация организма.

Если специализация проявляется в одностороннем развитии одних органов и частичной редукции других, то это - путь **теломорфоза** (греч. telos - конец) (рис. 47 - 1). Может происходить и **дегенерация** (лат. degenero - вырождаюсь) - общее упрощение организма, часто связанное с переходом к прикрепленному образу жизни или к паразитизму. В последнем случае у видов нередко исчезают органы чувств, движения, пищеварительная система.

Развитие представлений о направлениях эволюции связаны с именами наших соотечественников И.И.Шмальгаузена и Алексея Николаевича Северцова, а также американского палеонтолога Джорджа Симпсона.

На путь ароморфоза легче вступают неспециализированные или малоспециализированные организмы. По-видимому, они более или менее одинаково приспособлены к разным условиям, поэтому потенциально способны эволюционировать в нескольких направлениях. В то время как существование специализированных организмов сильно зависит от конкретной среды обитания.

Поясним это на конкретном примере. Представим себе, что некий вид растений занимает ареал, охватывающий разные природные зоны. Пусть от этого

вида отделился подвид, который стал приспосабливаться к обитанию во влажном районе. В конечном счете, этот подвид может стать настолько отличным от исходного вида, что превратится в самостоятельный вид. Этот вид приобретет новые признаки, которые позволяют ему существовать в условиях повышенной влажности. При этом признаки, обеспечивающие устойчивость к засухе, будут утрачены, так как против них будет действовать отбор. Теперь представим себе, что условия обитания этих двух видов - специализированного и неспециализированного - изменились. Если климат становится более влажным, то специализированный влаголюбивый вид будет процветать, но и неспециализированный сможет адаптироваться. Если же, наоборот, климат становится более засушливым, то неспециализированный вид приспособится и к этим условиям, так как сохраняет признаки, необходимые для существования при дефиците воды. В то же время вид, приспособившийся к жизни в условиях увлажнения, может и исчезнуть, поскольку ему для адаптации к сухости надо пройти более длинный эволюционный путь. Таким образом, неспециализированный вид потенциально может дать начало большему числу видов, чем вид, далеко зашедший в своей специализации.

Вы знаете, что особи одного вида конкурируют за ресурсы, необходимые для жизни, и в этой борьбе побеждают более приспособленные. Что же происходит с неудачниками - теми, кто проигрывает соревнование за обладание ограниченными ресурсами? Судьба их незавидна. Такие особи либо гибнут, либо вытесняются на край ареала, в неблагоприятные для вида условия, и влачат там жалкое существование.

Среди неудачников идет отбор на приспособленность к новым (неблагоприятным) условиям, причем этот отбор намного более жесткий, чем отбор среди особей, живущих в благоприятных для вида условиях. Соответственно, и эволюция среди неудачников идет быстрее. В некоторых случаях это может приводить к сильному отклонению в строении особей, которые оказались в неблагоприятных условиях, от исходного вида, и в конечном счете может сформироваться новый вид. Можно сказать, что эволюцию двигают неудачники. Так, однако, происходит не всегда. Дело в том, что для того, чтобы шел отбор, необходима сама возможность выбора. Понятно, что чем больше особей, тем большее число разнообразных вариантов в их строении, поведении, устойчивости к болезням и т.п. можно обнаружить, а значит, имеется материал для отбора. В то же время, численность популяций неудачников обычно невелика, а потому маловероятно, чтобы среди них возникли особи, обладающие особенностями, выгодными в неблагоприятных условиях. Поэтому, хотя эволюция среди неудачников может идти быстро, для того, чтобы это произошло, нужно счастливое стечение обстоятельств.

Следует различать морфологический и **биологический прогресс**. Последний выражается в том, что устойчиво увеличивается численность особей популяции или вида, расширяется ареал, происходит дивергенция и образование новых видов. Биологический прогресс далеко не всегда совпадает с морфологическим. Другими словами, хорошая приспособленность организмов не обязательно связана со сложной организацией. Именно поэтому мы наблюдаем сейчас сосуществование в экосистемах организмов самых разных

уровней организации: бактерий и цветковых растений, цианобактерий и приматов.

Большой вклад в понимание закономерностей макроэволюции внесли эмбриологические исследования.

Немецкий натуралист Фриц Мюллер во второй половине XIX века, исследуя индивидуальное развитие различных видов ракообразных, обнаружил, что в ходе онтогенеза многие животные как бы повторяют эволюцию.

Такие же наблюдения сделаны при изучении других видов. Например, в развитии зародыша млекопитающего можно выделить стадию, на которой он напоминает рыбу - у него имеются жаберные щели, которые потом исчезают (рис. 47 - 2). У зародыша бесхвостых млекопитающих, в частности человека, на определенной стадии образуется хвост, который потом также редуцируется.

Э.Геккель абсолютизировал эти закономерности и сформулировал **биогенетический закон**, согласно которому эволюция идет за счет добавления новых стадий развития и новых признаков к уже существующим у предкового организма. Однако, это закон не является универсальным. Уже Мюллер обнаружил то, что новые признаки, приводящие к существенному отклонению от предковой формы, могут появляться и на начальных стадиях онтогенеза. В этом случае онтогенез может и не отражать филогенез.

Некоторое подтверждение биогенетического закона получено в генетических экспериментах при изучении развития насекомых. В частности, показано, что усложнение организации беспозвоночных в линии, ведущей к насекомым, связано с увеличением числа регулирующих генов. Новые гены возникают в результате дубликации предшествующих и их последующей дивергенции.

Не удивительно, что зародыши разных классов позвоночных на больше похожи друг на друга ранних стадиях развития, чем на поздних этапах (рис. 47 - 2). Онтогенез можно представить как цепь событий, и каждое последующее событие зависит от предыдущего. В этих условиях малейшее отклонение в "траектории" онтогенеза на начальных этапах может привести к значительному отклонению в конце пути, т.е. у взрослого организма. Поэтому ранние стадии развития более консервативны, т.к. они более жестко контролируются естественным отбором.

Сопоставление данных анализа нуклеотидных и аминокислотных последовательностей с морфологическими исследованиями выявило несовпадение скоростей их эволюционных изменений. Так, скорости аминокислотных замен в белках лягушек и млекопитающих принципиально не отличаются, в то время как морфологическое разнообразие млекопитающих и лягушек не сопоставимо.

Подобное несоответствие обнаруживается при сравнении аминокислотных и нуклеотидных последовательностей человека и высших обезьян. Их морфологические различия настолько значительны, что систематики отнесли их к разным семействам. Однако данные молекулярного анализа свидетельствуют о том, что их белки и ДНК идентичны на 99%. Другими словами, морфологическая эволюция в филогенетической линии, приведшей к человеку, происходила с очень большой скоростью и не сопровождалась большим изменением молекулярных признаков.

Вопросы

- В чем выражается усложнение организации многоклеточных по сравнению с одноклеточными?
- Какие новые экологические ниши, по вашему мнению, смогли занять многоклеточные на первых этапах своего возникновения?
- Что такое идиоадаптация? Приведите примеры.
- Охарактеризуйте различия морфологического и биологического прогресса. Приведите примеры.
- Приведите пример регресса, связанного с паразитизмом. Поясните.
- Приведите примеры узкой специализации организмов, теломорфоза.
- Может ли в результате регресса образоваться вид организмов, абсолютно похожий на предковую форму?

§48. Теории эволюции

Выход в свет книги Дарвина “Происхождение видов...” положил начало многолетним спорам об эволюции, ее механизмах и закономерностях. Против эволюционистов ополчились сторонники представлений о неизменности видов, созданных Богом, да и в среде последователей эволюционных взглядов не было единодушия.

В настоящее время большинство биологов придерживаются **синтетической теории эволюции**, которая является развитием дарвинизма и основана на широком использовании достижений генетики (§45). Кроме неё, существуют разнообразные теории эволюции, обычно называемые **недарвиновскими**.

Таких теорий довольно много. В них эволюция объясняется не так или не совсем так, как это делал Дарвин. Часто в этих теориях нет доказательств того, что Дарвин не прав, просто предлагаются еще и другие механизмы эволюции. Поэтому они нередко дополняют, а не отвергают дарвиновские представления.

Синтетическая теория эволюции (СТЭ) была создана в 30-40-годы XX века благодаря исследованиям наших выдающихся соотечественников С.С.Четверикова, Юрия Александровича Филипченко, Ф.Г. Добржанского, И.И.Шмальгаузена, Николая Ивановича Вавилова, Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского, американского эволюциониста Эрнста Майра, англичанина Джулиана Хаксли и многих других.

СТЭ дает убедительное объяснение механизмов эволюции (§45), утверждая, что единственным направляющим фактором эволюции является отбор, а материал для отбора поставляют изменения генофонда популяции в результате случайных мутаций, рекомбинаций или колебаний численности. Таким образом, эволюция возможна только при наличии генетического разнообразия особей в популяции или, другими словами, эволюционируют не особи, а популяции.

Не только отбор может играть творческую роль. Получены убедительные доказательства того, что в небольших популяциях эволюция может направляться генетико-автоматическими процессами (§31).

Кроме этого, в СТЭ сформулировано положение о том, что эволюция идет в результате постепенного накопления мелких генетических изменений.

В СТЭ вид выступает как изолированный генофонд, внутри которого возможен обмен генетической информацией между разными популяциями, какими бы различными они не были. Отсюда вытекает одно важное следствие: этот критерий вида нельзя использовать для тех организмов, которые размножаются без полового процесса.

Еще одно важное положение СТЭ касается характера эволюции, которая сопровождается процессом дивергенции таксонов. В результате дивергенции, с одной стороны, каждый вид может дать начало двум или нескольким дочерним видам, а с другой, каждый вид имеет своим предком только один вид или одну популяцию.

Не все накопленные биологией и палеонтологией факты находят свое объяснение в синтетической теории эволюции.

Многие исследователи (особенно палеонтологи, изучавшие вымершие виды) обращали внимание на отсутствие промежуточных форм и наличие сравнительно коротких временных промежутков, когда происходили массовые вымирания и, наоборот, появления живых существ. Так появились теории, в которых предлагались иные ведущие механизмы эволюции - например, резкие крупные перестройки организации либо канализированность эволюции. Роль дарвиновской триады - естественного отбора, изменчивости и

наследственности - при этом либо отрицалась вообще, либо этим механизмам отводились последние места.

Другие эволюционисты пытались развить представления о том, что на протяжении геологического времени характер законов эволюции меняется. Грубо говоря, в какие-то временные промежутки эволюция может определяться теми механизмами, которые выделили Дарвин и Уоллес, а на других этапах - иными законами.

Остановимся только на нескольких, может быть, наиболее интересных из таких теорий.

Вскоре после выхода в свет книги Дарвина русские естествоиспытатели Карл Федорович Кесслер и Петр Алексеевич Кропоткин выступили против односторонности в оценке борьбы за существование. Ей может быть противопоставлена **взаимопомощь**, которая особенно характерна для взаимоотношений между особями одного вида. По мнению Кропоткина, основывавшегося на анализе многочисленных данных по поведению особей в семьях и стадах, взаимопомощь вообще является главным фактором эволюции. В нашем веке эти представления в какой-то степени родились заново в виде представлений о так называемом **групповом отборе** (отбор действует на группы особей и отбирает целые группы) и **альтруизме**.

Наш соотечественник - палеонтолог Дмитрий Николаевич Соболев считал, что характер эволюционного процесса определяется типичными для истории Земли **циклическими катастрофами**, т.е. катастрофами, которые повторяются через какие-то промежутки времени. В этом отношении он был близок к воззрениям Кювье (§43). Вместе с тем Соболев предполагал, что на различных стадиях цикла сменяется значение разных эволюционных законов (наследственности и сохранения видов, эволюции и органического роста, обратимости эволюции и упрощения организации, прерывистости).

Теорию **нормогенеза** (греч. *nomos* - закон), или закономерного эволюционного изменения видов, разработал крупнейший русский биолог и географ Лев Семенович Берг в начале XX века. Согласно его представлениям, эволюция является закономерным развертыванием эволюционных задатков вида. То, как будет эволюционировать вид, определяется скрытыми внутренними факторами. Поэтому эволюция вида и надвидовых таксонов закономерна.

Берг не считал необходимым объяснять, почему вид изменяется в какую-то одну сторону. Он полагал, что способность вида изменяться направленно, нужно принимать как факт, что это внутреннее свойство живого. В споре с Дарвином главным аргументом Берг считал то, что наблюдаемая в природных популяциях изменчивость не случайна.

Сейчас понятно, что изменчивость особей внутри вида всегда в какой-то степени ограничена - канализирована. Ограниченность изменчивости, ее канализированность отнюдь не противоречит дарвиновскому принципу отбора.

Автором другой известной недарвиновской теории эволюции видов - теории **системных мутаций** - является выдающийся немецкий ученый Рихард Гольдшмидт. Он считал, что принцип накопления мелких наследственных уклонений может объяснять, как вид приспосабливается к меняющимся условиям. Новый вид не возникает и в принципе не может возникнуть путем накопления мелких уклонений. Приспосабливающийся вид меняется, реализуя уже существующую изменчивость, само же приспособление заключается в том, что

уже имевшиеся в популяции редкие адаптивные отклонения становятся всеобщими. Невозможно представить себе, писал Гольдшмидт, что из предкового вида птиц, питающегося семенами, путем закрепления мелких отклонений возникнет вид, питающийся нектаром цветов. Слишком много крупных изменений в строении предковой птицы должно возникнуть, прежде чем она сможет перейти к питанию нектаром.

Вот только некоторые необходимые изменения. Необходимо удлинить клюв и изменить форму черепа, уменьшить вес птицы, изменить форму языка (приспособив его к сосанию), изменить строение пищеварительной системы, набор ферментов, переваривающих пищу, и т.д. Главная трудность состоит в том, что любые незначительные отклонения в строении предкового вида способны лишь ухудшить питание семенами, но при этом не позволяют виду питаться нектаром. Естественный отбор не может сохранять бесполезные или вредные отклонения в надежде на то, что когда-нибудь эти отклонения пригодятся. Отбор действует здесь и сейчас. Все должно быть полезно данному виду в данный момент времени.

Новые виды, между тем, возникают. Как это происходит? Согласно Гольдшмидту, родоначальниками новых видов являются мутантные особи, у которых сразу возникло несколько крупных изменений в строении. Гольдшмидт считал, что системные мутации, или макромутации, могут возникать, если меняется не один ген в хромосоме, а вся хромосома как целое.

Если сравнивать таких особей с представителями предкового вида, то это "монстры". Но это могут быть "перспективные монстры", поскольку они, возможно, обладают набором признаков, которые могут служить основой для возникновения нового вида.

Для того, чтобы шла эволюция по Гольдшмидту, необходимо одновременное возникновение в популяции сразу нескольких "перспективных монстров", чтобы они были жизнеспособны и плодовиты и не скрещивались с представителями предкового вида. Дальнейшее совершенствование "перспективных монстров" может осуществляться по Дарвину.

Экспериментальные исследования мутационного процесса в природных популяциях показали, однако, что наследственные отклонения, которые можно было бы считать макромутациями, возникают чрезвычайно редко, и почти всегда резко отклоняющиеся мутантные особи нежизнеспособны. Однако у растений были найдены примеры внезапного видообразования, происходящего почти по Гольдшмидту. Таковы, например, разнообразные полиплоиды, в том числе аллополиплоиды (см. §51). Вероятно, в результате макромутации возникла безволосость у нескольких родов млекопитающих, например, у моржа и представителя грызунов - голубого землекопа. Такие резкие морфологические изменения могут определяться мутациями регуляторных генов и дупликациями, в том числе больших участков хромосом. Предполагается, что значительную роль в функциональной перестройке генома и последующем изменении онтогенеза могут играть мобильные элементы (см. §30).

Идею **квантовой эволюции** развивал американский зоолог и палеонтолог Джордж Симпсон, отмечавший исключительную быстроту эволюционных превращений, связанных с переходом популяций из одного состояния в другое, фактически скачкообразным (т.е. квантированным).

Идеи Гольдшмидта и Симпсона получили новое освещение в современной концепции **прерывистой эволюции**, активно развиваемой американскими

палеонтологами Стефаном Гоулдом, Нильсом Эдриджем и Стивеном Стэнли. В ней подчеркивается чередование коротких периодов быстрых изменений и длительных периодов равновесия. Особенно интересны и важны промежутки быстрых изменений. Именно в это время появляются многочисленные виды, значительная часть которых тут же вымирает.

Вопросы

- Какую роль в создании синтетической теории эволюции играли биологи, занимавшиеся вопросами популяционной генетики?
- Имеется два вида: многочисленные популяции одного распространены по широкому ареалу, другой представлен одной локальной популяцией. Можете ли вы прогнозировать судьбу этих двух видов?
- В чем состоит суть "недарвиновских" представлений об эволюции?
- Какие примеры внезапного видообразования вы можете привести?
- Можно ли объяснить прерывистую эволюцию способом, отличным от предложенного Гольдшмитом?

§49. Происхождение человека

Происхождение человека всегда было пробным камнем для сторонников и противников эволюционных воззрений. Сейчас очевидно, что в популяциях человека разумного (*Homo sapiens*), как и в популяциях любого другого вида, текли и текут микроэволюционные процессы, а сходство по многим признакам человека с обезьянами, особенно человекообразными, свидетельствует об их филогенетическом родстве. Палеонтологические находки позволяют судить о том, как постепенно менялись человеческие предки прежде, чем возник род *Homo*, а затем и вид *H. sapiens*, т.е. о макроэволюционных перестройках этой группы.

В настоящее время вид человек разумный является видом-космополитом. Несмотря на внешнее разнообразие, проявляющееся, например, в существовании рас, его генетическая целостность удивительна и подтверждена изучением многих признаков.

Первым, кто поставил вопрос о происхождении человека, был К.Линней. Основываясь на морфологическом сходстве высших обезьян и человека, он поместил человека в класс млекопитающих, отряд приматов. В начале 70-х годов XIX века Ч. Дарвин опубликовал две книги: "Происхождение человека и половой отбор" и "О выражении эмоций у человека и животных", в которых была

обоснована и сформулирована теория происхождения вида *Homo sapiens* от общего с обезьянами предка.

С тех пор эта теория многократно подтверждалась новыми фактами. Споры ученых идут только о конкретном таксономическом статусе вида. Принятая большинством ученых схема предполагает, что человек разумный является в настоящее время единственным представителем рода *Homo* и семейства *Hominidae*. Это семейство вместе с сем. понгид, или человекообразных обезьян, (*Pongidae*: шимпанзе, горилла и орангутан) и гиббоновых (*Hilobatidae*) объединяют в надсемейство гоминоидов, или антропоидов (*Hominioidea*) отряда *Primates* (рис. 49 - 1).

Родственные связи человека и высших обезьян обнаруживаются и при сравнении их кариотипов. У шимпанзе, гориллы и орангутана - 48 хромосом в диплоидном наборе, а у человека - 46. Сравнение рисунка дифференциально окрашенных хромосом (§ 14) показывает, что тот хромосомный материал, который у человека находится в одной паре длинных двуплечих хромосом, у обезьян содержится в двух парах одноплечих хромосом средних размеров. Т.е. у предков человека произошло слияние двух пар хромосом.

Результаты исследования аминокислотных и нуклеотидных последовательностей подтверждают близость человека с человекообразными обезьянами, особенно с шимпанзе и гориллой. Так, отличия последовательностей нуклеотидов у них не превышают 1%. Шимпанзе и человек имеют одинаковые антигены групп крови, и кровь соответствующей группы можно переливать от особей одного вида особям другого. Одинаковы у них и многие клеточные рецепторы, поэтому обезьяны часто заражаются человеческими болезнями (и наоборот).

Все эти факты заставляют пересматривать таксономический статус высших приматов. Есть предложение объединить роды *Homo*, *Gorilla* (горилла) и *Pan* (шимпанзе) в сем. *Hominidae*, и только род *Pongo* оставить в сем. *Pongidae*.

Отряд приматов близок к насекомоядным. В настоящее время существуют животные, которых одни систематики относят к приматам, другие - к насекомоядным. Это тупайи - напоминающие белок мелкие млекопитающие (рис. 49 - 2). Похожими на тупайю были первые представители отряда приматов. Их остатки палеонтологи находят в отложениях, датированных началом палеогена.

В настоящее время отряд приматов представлен двумя подотрядами: полуобезьян (к ним относятся лемуры, лори, долгопяты (рис. 49 - 3)) и обезьян, или высших обезьян (рис. 49 - 4). Последних принято делить на широконосых, обитающих в Америке (игрунки, ревуны), и узконосых - населяющих Азию и Африку (макаки, мартышки, павианы и др.). К высшим обезьянам относят и надсемейство антропоидов (рис. 49 - 1).

Приматы необыкновенно разнообразны, существующие виды объединяют в 12 семейств. Они всеядны или предпочитают растительную пищу. Их эволюция связана с жизнью на деревьях. Они подвижны и обладают хорошей координацией. Их конечности приспособлены к хватательным движениям. У приматов лучше, чем у других млекопитающих, развито зрение.

Расцвет отряда, очевидно, происходил в конце палеогена - начале неогена. Приматы были широко распространены как в Евразии, так и в Северной Америке. Затем сократилось разнообразие полуобезьян. По-видимому, их экологические ниши заняли быстро эволюционирующие грызуны и высшие обезьяны. В конце неогена область распространения приматов в связи с похолоданием значительно сокращается.

Промежуточные между человеком и высшими обезьянами формы до нашего времени не сохранились. Только палеонтологические находки позволяют восстановить историю возникновения человека по признакам постепенно меняющихся частей скелета, черепа, зубов (рис. 49 - 5).

Остатки животных, похожих и на человекообразных обезьян, и на человека, т.е. возможных предков семейств Pongidae и Hominidae, найдены в отложениях, возраст которых оценивается примерно 15-20 миллионов лет. Это дриопитеки.

Человекообразные обезьяны специализировались к жизни в лесу, а первые представители сем. Hominidae - австралопитеки (лат. australis - южный, pithecus - обезьяна) - к обитанию на открытых пространствах саванн и степей.

Главной особенностью гоминид является прямохождение и связанные с ним особенности строения.

Становление прямохождения было постепенным. В ходе эволюции гоминид - от первых австралопитеков к человеку разумному - изменилось строение позвонков, таза, бедер, ступней и пальцев ног. Произошло относительное укорочение рук и удлинение пальцев на руках. Челюсти стали более короткими и слабыми, постепенно исчезли надглазничные валики и затылочный гребень.

Остатки австралопитеков относят к нескольким видам: *Australopithecus afarensis*, *A. africanus*, *A. boisei*, *A. robustus*. Среди появившихся позже представителей рода *Homo* также выделяют несколько видов: *H. habilis* (умелый), *H. erectus* (прямоходящий), *H. neanderthalensis* (неандертальский) и *H. sapiens* (некоторые исследователи рассматривают неандертальца как подвид человека разумного). Разделение высших обезьян и линии, ведущей к человеку, произошло примерно 5-8 миллионов лет назад.

Для всех видов рода *Номо* уже характерно использование огня и изготовление орудий. Их находят на стоянках древних людей. Постоянное использование орудий и их изготовление привело к развитию кисти руки, способной к тонким движениям. У человека отличается строение черепа (рис. 49 - 5) и головного мозга, прежде всего тех отделов, которые отвечают за речь и психические функции. В ходе эволюции рода произошло значительное увеличение размеров тела и объема черепной коробки (рис. 49 - 6).

В слоях одного возраста находят остатки разных видов гоминид, это свидетельствует о том, что они сосуществовали во времени и, возможно, конкурировали друг с другом (рис. 49 - 7). Представители рода *Номо* начали осваивать внетропические широты. К концу последнего четвертичного оледенения человек разумный уже заселил все континенты, кроме Антарктиды.

Единственный современный вид рода вид - вид *Номо sapiens* является космополитом и представлен несколькими расами. Каждая раса характеризуется цветом глаз, волос, кожи, особенностями черепа и черт лица, параметрами роста и т.д.

Выделяют 3 (или 5) “больших” рас: европеоидную, монголоидную и негро-австралоидную (или австралоидную, американскую, европеоидную, монголоидную, негроидную). Каждую из них делят еще на “малые” расы, или подрасы.

Можно ли считать расы генетически обособленными популяциями или подвидами, т.е. отличаются ли они друг от друга по достаточному набору признаков? Попытки рассматривать расы как подвиды предпринимались. Высказывались даже предположения, что разные расы *H. sapiens* возникли неодновременно и от различных предковых популяций *H. erectus*.

Оказалось, что если сравнить распределение групп крови, разнообразие ряда белков, в частности, ферментов, то можно обнаружить, что степень сходства между расами зависит от того, по какому признаку идет сравнение. Например, по группам крови (ABO-система) близки жители Европы и Африки, а сравнение иммуноглобулинов демонстрирует сходство европейцев и азиатов, в то время как африканцы значительно от них отличаются.

Можно оценить все генетическое разнообразие вида *H. sapiens* и определить, какая доля этого разнообразия обеспечивается расовыми различиями, какая - различиями между популяциями, входящими в одну расу, а какая - индивидуальными особенностями каждого человека. Оказалось, что генетическое разнообразие однородно по всему миру и на 85% определяется индивидуальными особенностями, на 7-10% - межрасовыми и на 5-8% - межпопуляционными различиями. Другими словами, генетическое сходство между коренным жителем Африки и жителем Скандинавии может быть гораздо больше, чем сходство двух представителей негроидной расы.

Специальный анализ этих данных, а также результаты сравнения ДНК митохондрий, свидетельствуют о том, что разделение человеческой популяции на расы произошло гораздо позднее, чем обособился вид *H. sapiens*. Внешние же признаки, по которым выделяют расы, сформировались после того, как произошла миграция первых представителей вида в различные районы Земли, и очевидно, отражают приспособление к особенностям климата.

Так, считается, что развитые носовые пазухи - это приспособление к холодному климату, так как они обеспечивают лучшее прогревание вдыхаемого воздуха. А поскольку развитие костей носа влияет на развитие челюстей, то у особей, населяющих холодные районы, челюсти меньше выступают вперед.

Жизнь человека протекает в окружении других людей. Его мышление, речь, поведение формируются в процессе обучения. Это обучение происходит в социальной среде. Если ребенка изолировать от человеческого общества, то он не сможет развиваться в человека в полном смысле этого слова. Другими словами, человек является не только **биологическим существом**, но и **социальным**. Социальность наблюдается и у животных. Однако соотношение между инстинктами и навыками, полученными в ходе обучения, у человека сильно отличается от того, что наблюдается у представителей других видов.

Численность человека разумного в конце второго тысячелетия нашей эры превысила 6 миллиардов. С развитием медицины и социальным прогрессом резко уменьшилась смертность людей в детском и юношеском возрасте. Однако это не означает, что человек, как биологический вид не подвержен отбору. Отбор не затрагивает морфологические признаки (современный человек практически не отличается от своих предков, живших 100 тысяч лет назад). Но происходит отбор, например, по устойчивости к различным болезнетворным микроорганизмам. Хорошо известны многочисленные случаи заболевания пришлого населения болезнями, которыми не болеют аборигены. И, наоборот, примеры, когда местное население тяжело переносит заболевание, возбудители которого привнесены приезжими. Так, смертность от туберкулеза была необыкновенно высока у американских индейцев, у бушменов Южной Африки, у полинезийцев - всех тех народов, которые до появления европейцев не имели контакта с возбудителем этого заболевания.

По-видимому, идет отбор и на **презиготическом уровне**, т.е. избирательная гибель гамет на стадии формирования и до образования зиготы. Гибнут и зародыши на ранних стадиях развития. Причиной может быть несовместимость признаков родителей. В некоторых случаях установлена связь между гибелью эмбрионов и различными внешними факторами, такими как некоторые лекарственные препараты, химические вещества, используемые в сельском хозяйстве, и др.

Вопросы

- Какие животные принадлежат к отряду насекомоядных?
- Как можно трактовать наличие значительных морфологических различий человека и высших обезьян при сильном сходстве их молекулярных признаков?
- Какой признак (или какие признаки) позволяют человеку приспособиться к условиям жизни в любой части нашей планеты?
- Основываясь на данных, представленных на рис. 49 - 6, предложите возможные филогенетические связи гоминид.
- Как вы думаете, какая форма отбора имеет место при выработке устойчивости к лекарствам и другим химическим веществам?
- Известно, что некоторые супружеские пары не хотят иметь больше, чем одного ребенка. По какому признаку идет отбор у потомков таких родителей?
- Каковы анатомические и физиологические последствия прямохождения (вспомните курсы зоологии и анатомии и физиологии человека)?