

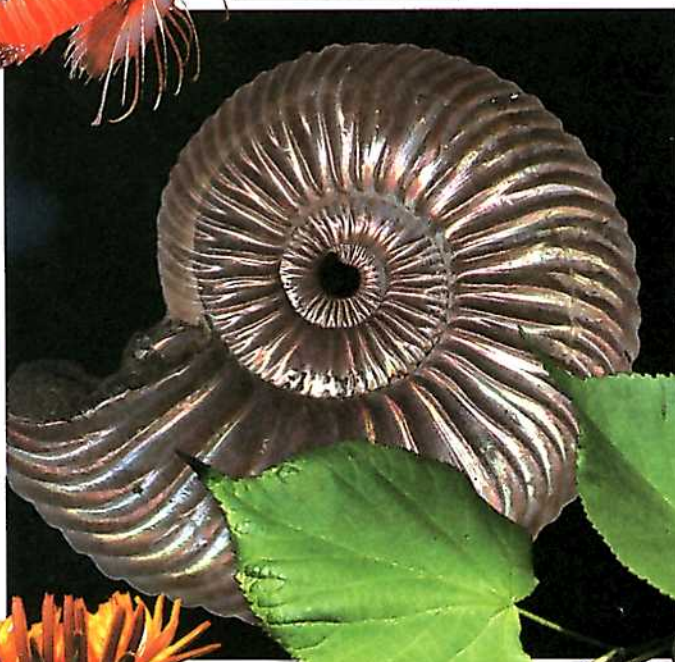
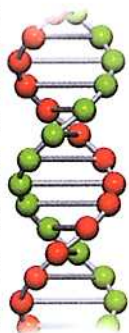
БИОЛОГИЯ

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

— ПРОФИЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ

11

КЛАСС



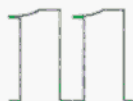
дрофа

В. Б. ЗАХАРОВ, С. Г. МАМОНТОВ, Н. И. СОНИН, Е. Т. ЗАХАРОВА

БИОЛОГИЯ

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

ПРОФИЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ



КЛАСС

УЧЕБНИК
ДЛЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
УЧРЕЖДЕНИЙ

Под редакцией
академика РАЕН,
профессора В. Б. Захарова

*Рекомендовано
Министерством образования и науки
Российской Федерации*

5-е издание, стереотипное



МОСКВА

ДРОФА

2010

УДК 373.167.1:57
ББК 28.0я72
Б63

Биология. Общая биология. Профильный уровень. 11 кл. : Б63 учеб. для общеобразоват. учреждений / В. Б. Захаров, С. Г. Мамонтов, Н. И. Сонин, Е. Т. Захарова. — 5-е изд., стереотип. — М. : Дрофа, 2010. — 283, [5] с. : ил.

ISBN 978-5-358-08811-5

Учебник знакомит учащихся с важнейшими закономерностями живого мира. Он дает представление об эволюции органического мира, взаимоотношениях организма и среды.

Учебник адресован учащимся 11 класса общеобразовательных учреждений.

УДК 373.167.1:57
ББК 28.0я72

ISBN 978-5-358-08811-5

© ООО «Дрофа», 2005
© ООО «Дрофа», 2007, с изменениями

Предисловие

Дорогие друзья!

Мы продолжаем изучение основ общебиологических знаний, начатое нами в 10 классе. Объектами нашего внимания будут этапы исторического развития живой природы — эволюция жизни на Земле и становление и развитие экологических систем. Для изучения этих важнейших вопросов вам в полном объеме понадобятся знания, приобретенные в прошлом году, так как в основе процессов развития лежат закономерности наследственности и изменчивости. Особое внимание в учебнике уделяется анализу взаимоотношений между организмами и условиями устойчивости экологических систем. Учебный материал ряда разделов значительно расширен за счет изложения общебиологических закономерностей как наиболее трудных для понимания. В других разделах приведены только основные сведения и понятия.

Очень широк круг вопросов, с которыми вы познакомитесь в 11 классе, однако не все из них в учебнике подробно освещены. Для более подробного знакомства с теми или иными вопросами биологии в конце учебника дан список дополнительной литературы. Кроме того, не все закономерности известны или до конца изучены, ведь сложность и многообразие жизни столь велики, что одни ее явления мы только начинаем понимать, а другие еще ждут изучения.

Учебный материал в книге структурирован так же, как и в учебнике «Общая биология. 10 класс» (В. Б. Захаров, С. Г. Мамонтов, Н. И. Сонин).

Авторы выражают благодарность М. Т. Григорьевой за подготовку текста на английском языке, а также Ю. П. Дашкевичу, профессору Н. М. Черновой и доктору медицинских наук А. Г. Мустафину за ценные замечания, сделанные ими при подготовке девятого издания учебника.

Академик РАЕН, профессор В. Б. Захаров



РАЗДЕЛ

1



Учение об эволюции органического мира

Мир живых организмов обладает рядом общих черт, которые всегда вызывали у человека чувство изумления. Во-первых, это необычайная сложность строения организмов; во-вторых — очевидная целенаправленность, или приспособительный характер, многих признаков; а также огромное разнообразие жизненных форм.

Вопросы, порождаемые этими явлениями, совершенно очевидны. Каким образом возникли сложные организмы? Под действием каких сил сформировались их приспособительные признаки? Каково происхождение разнообразия органического мира и как оно поддерживается? Какое место в органическом мире занимает человек и кто его предки?

Во все века человечество пыталось найти ответы на приведенные здесь и многие другие подобные вопросы. В донаучных обществах объяснения выливались в легенды и мифы, некоторые из них послужили основой различных религиозных учений. Научная трактовка воплощена в теории эволюции, которой и посвящен настоящий раздел.

Под эволюцией живого мира понимают закономерный процесс исторического развития живой природы с момента самого возникновения жизни на нашей планете до современности. Сущность этого процесса состоит как в непрерывном приспособлении живого к постоянно меняющимся условиям окружающей среды, так и в появлении все более сложно устроенных форм живых организмов. В ходе биологической эволюции осуществляется преобразование видов, на этой основе возникают новые виды; постоянно происходит также и исчезновение видов — их вымирание.



Закономерности развития живой природы. Эволюционное учение

Все есть и не есть, потому что хотя и настанет момент, когда оно есть, но оно тут же перестает быть... Одно и то же и молодо и старо, и мертво и живо, то изменяется в это, это, изменяясь, снова становится тем.

Гераклит

Основной труд Ч. Дарвина «Происхождение видов», в корне изменивший представление о живой природе, появился в 1859 г. Этому событию предшествовала более чем двадцатилетняя работа по изучению и осмыслению богатого фактического материала, собранного как самим Дарвином, так и другими учеными. В этой главе вы познакомитесь с основными предпосылками эволюционных представлений, первой эволюционной теорией Ж.-Б. Ламарка; узнаете о теории Ч. Дарвина об искусственном и естественном отборе; о современных представлениях о механизмах и скорости видообразования.

В настоящее время описано более 600 тыс. растений и не менее 2,5 млн видов животных, около 100 тыс. видов грибов и более 8 тыс. прокариот, а также до 800 видов вирусов. Исходя из соотношения описанных и не определенных пока современных видов живых организмов, ученые делают предположение о том, что современная фауна и флора представлена около 4,5 млн видов организмов. Кроме того, используя палеонтологические и некоторые другие данные, исследователи подсчитали, что за всю историю Земли на ней обитало не меньше 1 миллиарда видов живых организмов.

Рассмотрим, как в различные периоды истории человечества люди представляли себе сущность жизни, многообразие живого и возникновение новых форм организмов.

1.1. История представлений о развитии жизни на Земле

Первая попытка систематизировать и обобщить накопленные знания о растениях и животных и их жизнедеятельности была осуществлена Аристотелем (IV в. до н. э.), но еще задолго до него в литературных памятниках различных народов древности излагалось много интересных сведений об организации живой природы, главным образом связанных с агрономией, животноводством и медициной. Сами же биологические знания уходят корнями в глубокую древность и базируются на непосредственной практической деятельности людей. По наскальным рисункам кроманьонского человека (13 тыс. лет до н. э.) можно установить, что уже в то время люди хорошо различали большое число животных, служивших объектом их охоты.

1.1.1. Античные и средневековые представления о сущности и развитии жизни

В Древней Греции в VIII—VI вв. до н. э. в недрах целостной философии природы возникли первые зачатки античной науки. Основоположники греческой философии Фалес, Анаксимандр, Анаксимен и Гераклит искали материальное первоначало, из которого в силу естественного саморазвития

возник мир. Для Фалеса этим первоначалом была вода. Живые существа, согласно учению Анаксимандра, образуются из неопределенной материи — «апейрона» по тем же законам, что и объекты неживой природы. Ионийский философ Анаксимен считал материальным первоначалом мира воздух, из которого все возникает и в который все возвращается обратно. Душу человека он также отождествлял с воздухом.

Величайшим из древнегреческих философов был Гераклит из Эфеса. Его учение не содержало специальных положений о живой природе, однако оно имело огромное значение как для развития всего естествознания, так и для становления представлений о живой материи. Гераклит впервые ввел в философию и науку о природе четкое представление о *постоянном изменении*. Первоначалом мира ученый считал огонь; он учил, что всякое изменение есть результат борьбы: «Все возникает через борьбу и по необходимости».

Большое влияние на развитие представлений о живой природе оказали исследования и умозрительные концепции других ученых античности: Пифагора, Эмпедокла, Демокрита, Гиппократ и многих других (см. главу 2 учебника «Общая биология. 10 класс»).

В древнем мире были собраны многочисленные для того времени сведения о живой природе. Систематическим изучением животных занимался Аристотель, описавший более 500 видов животных и расположивший их в определенном порядке: от просто устроенных ко все более сложным. Намеченная Аристотелем последовательность тел природы начинается с неорганических тел и через растения идет к прикрепленным животным — губкам и асцидиям, а затем к подвижным морским организмам. Аристотель и его ученики изучали также строение растений.

Во всех телах природы Аристотель различал две стороны: материю, обладающую различными возможностями, и форму — душу, под влиянием которой реализуется данная возможность материи. Он различал три вида души: растительную, или питающую, присущую растениям и животным; чувствующую, свойственную животным, и разум, которым, помимо двух первых, наделен только человек.

На протяжении всего средневековья труды Аристотеля были основой представлений о живой природе.

С установлением христианской церкви в Европе распространяется официальная точка зрения, основанная на библейских текстах: все живое создано Богом и остается неизменным. Такое направление в развитии биологии средневековья называют *креационизмом* (от лат. *creatio* — создание, творение). Характерной чертой этого периода является описание существующих видов растений и животных, попытки их классификации, которые в большинстве своем носили чисто формальный (по алфавиту) или прикладной характер. Было создано множество систем классификаций животных и растений, в которых за основу произвольно принимались отдельные признаки.

Интерес к биологии возрос в эпоху Великих географических открытий (XV в.) и развития товарного производства. Интенсивная торговля и открытие новых земель расширяли сведения о животных и растениях. Из Индии и Америки в Европу завезли новые растения — корицу, гвоздику, картофель, кукурузу, табак. Ботаники и зоологи описывали множество новых невиданных ранее растений и животных. В практических целях они указывали, какими полезными или вредными свойствами обладают эти организмы.

1.1.2. Система органической природы К. Линнея

Потребность в упорядочении быстро накапливающихся знаний привела к необходимости систематизировать их. Создаются практические системы, в которых растения и животные объединяют в группы в зависимости от их пользы для человека или приносимого ими вреда. Например, выделяли лекарственные растения, садовые или огородные культуры. Понятия «домашний скот» или «ядовитые животные» служили для обозначения самых разных по своему строению и происхождению животных. Вследствие удобства практическая классификация видов применяется до сих пор.

Однако ученых классификация живых организмов по признаку полезности удовлетворить не могла. Они искали такие свойства, которые позволили бы объединять растения и животных в группы по сходству в строении и жизнедеятельности. Первоначально в основу систематики брали один или небольшое число произвольно выбранных признаков.

Понятно, что при этом в одну и ту же группу попадали совершенно неродственные организмы.

На протяжении XVI—XVII вв. продолжалась работа по описанию животных и растений, их систематизации. Большой вклад в создание системы природы внес выдающийся шведский естествоиспытатель Карл Линней. Ученый описал более 8000 видов растений и свыше 4000 видов животных, установил единообразную терминологию и порядок описания видов. Он объединил сходные виды в роды, сходные роды — в отряды, а отряды — в классы. Таким образом, в основу своей классификации он положил принцип *иерархичности* (т. е. соподчиненности) таксонов (от греч. taxis — расположение, порядок; это систематическая единица того или иного ранга). В системе Линнея самым крупным таксоном был класс, самым мелким — вид, разновидность. Это был чрезвычайно важный шаг на пути к установлению естественной системы. Линней закрепил использование в науке бинарной (т. е. двойной) номенклатуры для обозначения видов. С тех пор каждый вид называется двумя словами: первое слово означает род и является общим для всех входящих в него видов, второе слово — собственно видовое название. С развитием науки в систему были введены некоторые дополнительные категории: семейство, подкласс и др., а высшим таксоном стал тип. Но принцип построения системы остался неизменным. Например, систематическое положение домашней кошки можно описать следующим образом. Кошка домашняя (либийская) входит в род мелких кошек семейства кошачьих отряда хищных класса млекопитающих подтипа позвоночных типа хордовых. Наряду с домашней кошкой род мелких кошек включает европейскую дикую лесную кошку, амурского лесного кота, камышового кота, рысь и некоторых других.

Линней создал самую совершенную для того времени систему органического мира, включив в нее всех известных тогда животных и все известные растения. Будучи крупным ученым, он во многих случаях правильно объединил виды организмов по сходству строения. Однако произвольность в выборе признаков для классификации (у растений — строение тычинок и пестиков; у животных — строение клюва у птиц, строение зубов у млекопитающих) привела Линнея к ряду ошибок.

Линней создавал искусственность своей системы и указывал на необходимость разработки естественной системы природы. Он писал: «Искусственная система служит только до тех пор, пока не найдена естественная».

Однако, что означало для ученого XVIII в. понятие «естественная система»? Как теперь известно, естественная система отражает происхождение животных и растений и основана на их родстве и сходстве по совокупности существенных черт строения. Во времена господства религиозных представлений ученые полагали, что виды организмов созданы независимо друг от друга Творцом и неизменны. «Видов столько, — говорил Линней, — сколько различных форм создал в начале мира Всемогуший». Поэтому поиски естественной системы природы означали для биологов попытки проникновения в план творения, которым руководствовался Бог, создавая все живое на Земле. Совершенство строения видов, взаимное соответствие внутренних органов, приспособленность к условиям существования объяснялись мудростью Творца.

Однако среди философов и естествоиспытателей XVII—XIX вв. была распространена и иная система представлений об изменяемости организмов, базировавшаяся на взглядах некоторых античных ученых. Такое направление в развитии биологии носит название *трансформизма* (от лат. *transformo* — превращаю, преобразую). Сторонниками трансформизма были такие выдающиеся ученые, как Р. Гук, Ж. Ламетри, Д. Дидро, Ж. Бюффон, Эразм Дарвин, И. В. Гете и многие другие. Трансформисты допускали возможность целесообразности реакций организмов на изменения внешних условий, но не доказывали эволюционные преобразования организмов.

Научное толкование происхождения органической целесообразности дал только Чарлз Дарвин.

1.1.3. Развитие эволюционных идей.

Эволюционная теория Ж.-Б. Ламарка

Несмотря на господство взглядов о неизменности живой природы, биологи продолжали накапливать фактический материал, который противоречил этим представлениям.

Открытие микроскопа в XVII в. и его применение в биологических исследованиях сильно расширили кругозор ученых. Оформилась как наука эмбриология, возникла палеонтология. Ученым, создавшим первую *эволюционную теорию*, был выдающийся французский естествоиспытатель Жан-Батист Ламарк.

В отличие от многих своих предшественников теория эволюции Ламарка опиралась на факты. Мысль о непостоянстве видов возникла у ученого вследствие глубокого изучения строения растений и животных. Своими трудами Ламарк внес большой вклад в биологию. Сам термин «биология» введен им. Занимаясь систематикой животных, Ламарк обратил внимание на сходство существенных черт строения у животных, не относящихся к одному виду. На основе сходства Ламарк выделил 10 классов беспозвоночных вместо двух классов у Линнея (Насекомые и Черви). Среди них такие группы, как «Ракообразные», «Паукообразные», «Насекомые», сохранились до наших дней, другие группы — «Моллюски», «Кольчатые черви» — возведены в ранг типа. Известное несовершенство систематики Ламарка объясняется уровнем науки того времени, но в ней есть главное — стремление избежать искусственности группировок. Можно сказать, что Ламарк заложил основы естественной системы классификации. Он же впервые поставил вопрос о причинах сходства и возникновения различий у животных. «Мог ли я рассматривать ... ряд животных от самых совершенных из них до несовершеннейших, — писал Ламарк, — и не попытаться установить, от чего может зависеть этот столь замечательный факт? Не должен ли был я предположить, что природа последовательно создавала различные тела, восходя от простейшего к наиболее сложному?» Обратим внимание на слова «природа создавала». Впервые со времен Лукреция ученый осмеливается сказать, что не Бог создавал организмы разной степени сложности, а природа на основе естественных законов.

Ламарк приходит к идее эволюции. Величайшая его заслуга заключается в том, что эволюционная идея у него тщательно разработана, подкреплена многочисленными фактами и поэтому превращается в теорию. В основу ее положено представление о развитии, постепенном и медленном,

от простого к сложному, и о роли внешней среды в преобразовании организмов.

В своем основном труде «Философия зоологии», опубликованном в 1809 г., Ламарк приводит многочисленные доказательства изменяемости видов. К числу таких доказательств Ламарк относит изменения под влиянием одомашнивания животных и окультуривания растений при переселении организмов в другие места обитания с иными условиями существования. Важную роль в возникновении новых видов Ламарк отводит постепенным переменам гидрогеологического режима на поверхности Земли и климатических условий. Таким образом, в анализ биологических явлений Ламарк включает два новых фактора — *фактор времени* и *условия внешней среды*. Это был большой шаг вперед по сравнению с механистическими представлениями сторонников неизменности видов. Однако, каковы же механизмы изменчивости организмов и образования новых видов?

Ламарк считал, что их два: во-первых, *стремление организмов к совершенствованию* и, во-вторых, *прямое влияние внешней среды и наследование признаков, приобретенных в течение жизни организма*.

Взгляды Ламарка на механизм эволюции оказались ошибочными. Пути приспособления живых организмов к окружающей среде и видообразование спустя 50 лет вскрыл Ч. Дарвин.

Огромная заслуга Ламарка заключается в том, что он создал первую теорию эволюции органического мира, ввел принцип историзма как условие понимания биологических явлений и выдвинул в качестве главной причины изменяемости видов условия внешней среды.

Теория Ламарка не получила признания современников. В его время наука не была готова к принятию идеи эволюционных преобразований; сроки, о которых говорил Ламарк, — миллионы лет — казались невообразимыми. Доказательства причин изменяемости видов не были достаточно убедительными. Отводя решающую роль в эволюции прямому влиянию внешней среды, *упражнению и неупражнению органов* и наследованию приобретенных признаков, Ламарк не мог объяснить возникновения приспособлений, обусловленных «мертвыми» структурами. Например, окраска скорлупы

птичьих яиц носит явно приспособительный характер, но объяснить этот факт с позиций теории Ламарка невозможно. Теория Ламарка исходила из представлений о слитной наследственности, свойственной целому организму и каждой из его частей. Идея о том, что наследственность — свойство организма как целого, была возрождена в трудах Т. Д. Лысенко. Однако открытие вещества наследственности — ДНК и генетического кода устранило самый предмет спора. Ламаркизм и неоламаркизм рухнули сами собой.

Таким образом, хотя представления о неизменности видов не были поколеблены, их сторонникам становилось все труднее объяснять новые и новые факты, открываемые биологами. В первой четверти XIX в. были сделаны большие успехи в сравнительной анатомии и палеонтологии. Большие заслуги в развитии этих областей биологии принадлежат французскому ученому Ж. Кювье. Исследуя строение органов позвоночных животных, он установил, что все органы животного представляют собой части одной целостной системы. Вследствие этого строение каждого органа закономерно соотносится со строением всех других. Ни одна часть тела не может изменяться без соответствующего изменения других частей. Это означает, что каждая часть тела отражает принципы строения всего организма. Так, если у животного имеются копыта, вся его организация отражает травоядный образ жизни: зубы приспособлены к перетиранию грубой растительной пищи, челюсти имеют определенную форму, желудок многокамерный, кишечник очень длинный и т. д. Если у животного кишечник служит для переваривания мяса, соответствующее строение имеют и другие органы: острые зубы для разрывания, челюсти для захвата и удержания добычи, когти для ее схватывания, гибкий позвоночник, способствующий прыжкам, и т. д. Соответствие строения органов животных друг другу Кювье назвал *принципом корреляций* (соотносительности). Руководствуясь принципом корреляций, Кювье изучал кости вымерших видов и восстанавливал облик и образ жизни этих животных.

Палеонтологические данные неопровержимо свидетельствовали о смене форм животных на Земле. Факты вступали в противоречие с библейской легендой. Первоначально сторонники неизменности живой природы объясняли такое

противоречие очень просто: вымерли те животные, которых Ной не взял в свой ковчег во время всемирного потопа. О подобных рассуждениях Дарвин впоследствии с иронией запишет в своем дневнике: «Теория, по которой мастодонт и пр. вымерли по той причине, что дверь в ковчег Ноя была сделана слишком узкой». Ненаучность ссылок на библейский потоп стала очевидной, когда была установлена разная степень древности вымерших животных. Тогда Кювье выдвинул *теорию катастроф*. Согласно этой теории причиной вымирания были периодически происходившие крупные геологические катастрофы, уничтожавшие на больших территориях животных и растительность. Потом эти территории заселялись видами, проникавшими из соседних областей. Последователи и ученики Ж. Кювье, развивая его учение, утверждали, что катастрофы охватывали весь земной шар. После каждой катастрофы следовал новый акт творения. Таких катастроф и, следовательно, актов творения они насчитывали 27.

Теория катастроф получила широкое распространение. Однако были ученые, которые сомневались в теории, которая, по словам Энгельса, «на место одного акта божественного творения ... ставила целый ряд повторных актов творения и делала из чуда существенный рычаг природы». К числу таких ученых относились русские биологи К. Ф. Рулье и Н. А. Северцов. Экологические исследования К. Ф. Рулье и изучение географической изменчивости видов Н. А. Северцовым привели их к мысли о возможности родства между видами и происхождении одного вида от другого. Труды Н. А. Северцова высоко оценивал Ч. Дарвин.

Спорам приверженцев неизменности видов и стихийных эволюционистов положила конец глубоко продуманная и фундаментально обоснованная теория видообразования, созданная Ч. Дарвином.

Слайд 1.3



Up to the beginning of the XIX century mostly descriptive methods were used in biology. Later prominent achievements in the field of natural history have determined the need for theories, explaining processes that take place in nature. The first such attempt was

undertaken in 1809 by J.-B. Lamarck, who created the theory of evolution of living organisms. The great merit of his studies is connected with the fact, that he has suggested the historic principle as a basis for understanding of all the biological phenomenons, and considered the changes in the environment as the main reason for specific variation. However, his ideas on the process of evolution turned to be erroneous. Mechanisms of adaptations to the environment in living organisms, as well as the species formation were clarified by Charles Darwin only 50 years later.

Опорные точки



1. В античную эпоху бытовали стихийно-материалистические представления о живой природе.
2. Доминирующими в средние века были представления о создании мира Творцом и неизменности живой природы.
3. Эволюционной единицей Ламарк считал отдельный организм.
4. Всю живую природу Ламарк рассматривал как непрерывный ряд изменяющихся от простого к сложному форм — градаций.
5. Достижения в области палеонтологии внесли существенный вклад в развитие эволюционных идей.

Вопросы для повторения и задания



1. Что такое практическая система классификации живых организмов?
2. Какой вклад внес в биологию К. Линней?
3. Почему система Линнея называется искусственной?
4. Изложите основные положения эволюционной теории Ламарка.
5. Какие вопросы не получили ответа в эволюционной теории Ламарка?
6. В чем сущность принципа корреляций Ж. Кювье? Приведите примеры.

7. В чем заключаются отличия трансформизма от эволюционной теории?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

Терминология



Каждому термину, указанному в левой колонке, подберите соответствующее ему определение, приведенное в правой колонке на русском и английском языках.

Select the correct definition for every term in the left column from English and Russian variants listed in the right column.

1. Креационизм
Creationism

А. Представления об изменении и превращении форм организмов, происхождении одних организмов от других.
Notions on the changes and transformations of organisms, and on the origin of one species from another.

2. Трансформизм
Transformism

Б. Идеалистическое учение в биологии, утверждающее, что все живое на Земле является результатом акта божественного творения.
Idealistic doctrine in biology, asserting that all the living beings on the Earth are the result of God's creation.

3. Эволюция
Evolution

В. Объяснение исторических смен форм живых организмов глобальными катастрофами и следующими за ними актами нового божественного творения.

Explanation of historic alteration of living forms through global catastrophes and further recreations of living beings by God.

**4. Теория катастроф
Catastrophism**

Г. Раздел биологии, задачей которого является описание всех существующих и вымерших организмов, а также их классификация.
A branch of biology dealing with descriptions of all existing and extinct species as well as with their classification.

**5. Систематика
Systematics**

Д. Необратимое и в известной мере направленное историческое развитие живой природы.
Irreversible and to a certain extent directional historic development of living nature.

Вопросы для обсуждения



Что было известно о живой природе в древнем мире?

Чем можно объяснить господство представлений о неизменности видов в XVIII в.?

Как объяснил Кювье палеонтологические данные о смене форм животных на Земле? Изложите теорию катастроф Кювье.

Какой вклад в биологию внес Ж.-Б. Ламарк?

1.2. Предпосылки возникновения теории Ч. Дарвина

Чтобы полнее оценить все значение переворота в биологической науке, совершенного Ч. Дарвином, обратим внимание на состояние науки и социально-экономические условия первой половины XIX в., когда создавалась теория естественного отбора.

1.2.1. Естественнаучные предпосылки теории Ч. Дарвина

XIX век был периодом открытия фундаментальных законов мироздания. К середине века в естествознании было сделано много крупных открытий. Французский ученый П. Лаплас математически обосновал теорию И. Канта о развитии Солнечной системы (см. гл. 2 учебника «Общая биология. 10 класс»). Идею развития вносит в философию Г. Гегель. А. И. Герцен в «Письмах об изучении природы», изданных в 1845—1846 гг., изложил идею исторического развития природы от неорганических тел до человека. Он утверждал, что в естествознании верными обобщениями могут быть лишь те, которые основываются на принципе исторического развития. Были открыты законы сохранения энергии, утвердился принцип атомного строения химических элементов. В 1861 г. А. М. Бутлеров создает теорию строения органических соединений. Пройдет немного времени и Д. И. Менделеев опубликует (1869) свою знаменитую Периодическую систему элементов.

Такова была научная обстановка, в которой работал Ч. Дарвин. Рассмотрим конкретные предпосылки его учения.

Геологические предпосылки. Английский геолог Ч. Лайель доказал несостоятельность представлений Кювье о внезапных катастрофах, изменяющих поверхность Земли, и обосновал противоположную точку зрения: поверхность планеты изменяется непрерывно и не под влиянием каких-то особых сил, а под действием обычных повседневных факторов — колебаний температуры, ветра, дождя, прибое и жизнедеятельности растительных и животных организмов. К числу постоянно действующих природных факторов Лайель отнес землетрясения, извержения вулканов.

Сходные мысли задолго до Лайеля высказывали М. В. Ломоносов в своем труде «О слоях земных» и Ламарк. Но Лайель подкрепил свои взгляды многочисленными и строгими доказательствами. Теория Лайеля оказала большое влияние на формирование мировоззрения Ч. Дарвина.

Достижения в области цитологии и эмбриологии. В биологии был сделан ряд крупных открытий, которые оказались несовместимыми с представлениями о неизменяемости

природы, об отсутствии родства между видами. Клеточная теория Т. Шванна показала, что в основе строения всех живых организмов лежит единообразный структурный элемент — клетка.

Исследования развития зародышей позвоночных позволили обнаружить у эмбрионов птиц и млекопитающих жаберные дуги и жаберное кровообращение, что наталкивало на мысль о родстве рыб, птиц, млекопитающих и происхождении наземных позвоночных от предков, ведущих водный образ жизни. Русский академик К. Бэр показал, что развитие всех организмов начинается с яйцеклетки и что на ранних стадиях развития обнаруживается поразительное сходство в строении зародышей животных, относящихся к разным классам.

В развитии биологии большую роль сыграла разработанная Ж. Кювье теория типов. Хотя Ж. Кювье был убежденным сторонником неизменности видов, установленное им сходство строения животных в пределах типа объективно указывало на их возможное родство и происхождение от одного корня.

Итак, в самых разных областях естествознания (геология, палеонтология, биогеография, эмбриология, сравнительная анатомия, учение о клеточном строении организмов) собранные учеными материалы противоречили представлениям о божественном происхождении и неизменяемости природы. Правильно объяснить все эти факты, обобщить их, создать теорию эволюции сумел великий английский ученый Ч. Дарвин.

1.2.2. Экспедиционный материал Ч. Дарвина

Проследим основные этапы жизненного пути, формирование мировоззрения Дарвина и его систему доказательств.

Чарлз Роберт Дарвин родился 12 февраля 1809 г. в семье врача. В университете он обучался сначала на медицинском, потом на богословском факультете и собирался стать священником. В то же время он проявлял большую склонность к естественным наукам, увлекался геологией, ботаникой и зоологией. После окончания университета (1831) Дарвина предлагают место натуралиста на корабле «Бигль», от-

Рис. 1.1.
Скелеты ленивцев
в Южной Америке
(справа —
современный вид,
слева — ископаемый)



правляющемся в кругосветное путешествие для картографических съемок. Дарвин принимает приглашение, и пять лет, проведенных им в экспедиции (1831—1836), стали поворотным пунктом в его собственной научной судьбе и в истории биологии.

Во время путешествия наблюдения, сделанные очень точно и профессионально, заставили Дарвина задуматься над причинами сходства и различий между видами. Главная его находка, обнаруженная в геологических отложениях Южной Америки, — это скелеты вымерших гигантских неполнозубых, очень сходных с современными броненосцами и ленивцами (рис. 1.1). Еще большее впечатление произвело на Дарвина изучение видового состава животных на Галапагосских островах.

На этих вулканических островах недавнего происхождения Дарвин обнаружил близкие виды выюров, сходные с материковым видом, но приспособившиеся к разным источникам питания — твердым семенам, насекомым, нектару цветков растений (рис. 1.2). Нелепо было бы предполагать, что для каждого вновь возникающего вулканического острова Творец создает свои особые виды животных. Разумней сделать другой вывод: птицы попали на остров с материка и изменились вследствие приспособления к новым условиям обитания. Таким образом, Дарвин ставит вопрос о роли



Рис. 1.2. Разнообразие дарвиновых вьюрков на Галапагосских островах и о. Кокос (в зависимости от характера пищи)

условий среды в видообразовании. Аналогичную картину Дарвин наблюдал и у берегов Африки. Животные, обитающие на островах Зеленого мыса, несмотря на некоторое сходство с материковыми видами, все же отличаются от них существенными чертами. С позиции сотворения видов Дарвин не мог объяснить особенности развития описанного им грызуна туко-туко, живущего в норах под землей и рождающего зрячих детенышей, которые затем слепнут.

Перечисленные и многие другие факты поколебали веру у Дарвина в сотворение видов. Вернувшись в Англию, он поставил перед собой задачу: разрешить вопрос о происхождении видов.

Опорные точки



1. Бурное развитие естественных наук в XIX в. предоставляло все большее количество фактов, противоречивших представлениям о неизменности природы.
2. Изучение природы Южной Америки и Галапагосских островов позволило Дарвину сделать первые предположения о механизмах изменения видов.

Вопросы для повторения и задания



1. Какие данные геологии послужили предпосылкой эволюционной теории Дарвина?
2. Охарактеризуйте естественнонаучные предпосылки формирования эволюционных взглядов Ч. Дарвина.
3. Какие наблюдения Ч. Дарвина поколебали его веру в неизменность видов?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

1.3. Эволюционная теория Ч. Дарвина

Основной труд Ч. Дарвина — «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение избранных пород в борьбе за жизнь», в корне изменивший представления о живой природе, появился в 1859 г. Этому событию предшествовала более чем двадцатилетняя работа по изучению и осмысливанию богатого фактического материала, собранного как самим Ч. Дарвином, так и другими учеными.

1.3.1. Учение Ч. Дарвина об искусственном отборе

Дарвин вернулся в Англию из кругосветного путешествия убежденным сторонником изменчивости видов под влиянием условий обитания. Данные геологии, палеонтологии, эмбриологии и других наук также указывали на изменчивость органического мира. Однако большинство ученых не признавали эволюции: никто не наблюдал превращения одних видов в другие. Поэтому Дарвин сосредоточил свои усилия на раскрытии механизма эволюционного процесса. С этой целью он обратился к практике сельского хозяйства Англии. В этой стране вывели к этому времени 150 пород голубей, много пород собак, крупного рогатого скота, кур и т. д. Интенсивно велась работа по селекции новых пород животных и сортов культурных растений. Сторонники по-

стоянства видов утверждали, что каждый сорт, каждая порода имеют особого дикого предка. Дарвин доказал, что это не так. Все породы кур происходят от дикой банкивской курицы, домашние утки — от дикой кряковой утки, породы кроликов — от дикого европейского кролика. Предками крупного рогатого скота были два вида диких туров, а собаки — волк и для некоторых пород, возможно, шакал. При этом породы животных и сорта растений могут очень резко различаться. Рассмотрите рисунок 1.3. На нем показаны некоторые породы домашнего голубя. У них неодинаковые пропорции тела, размеры, оперение и т. д., хотя все они происходят от одного предка — дикого скалистого голубя.

Чрезвычайно разнообразны головные придатки у петухов (рис. 1.4), причем они типичны для каждой породы. Аналогичная картина наблюдается среди сортов культурных растений. Очень отличаются между собой, например, сорта капусты. Из одного дикого вида человеком получены кочанная капуста, цветная капуста, кольраби, кормовая капуста, стебель которой превышает рост человека, и др. (см. рис. 11.2 учебника «Общая биология. 10 класс»).

Сорта растений и породы животных служат для удовлетворения потребностей человека — материальных или эстетических. Одно это убедительно доказывает, что они созданы человеком. Каким же образом человек получил многочисленные сорта растений и породы животных, на какие закономерности опирается он в своей работе? Ответ на этот вопрос Дарвин нашел, изучая методы английских фермеров. В основе их методов лежал один принцип: разводя животных или растения, искали среди особей экземпляры, несущие нужный признак в наиболее ярком выражении, и оставляли для размножения только такие организмы. Если, например, поставлена задача повысить урожайность пшеницы, селекционер из огромной массы растений выбирает несколько лучших экземпляров с наибольшим числом колосков. В следующем году высеиваются зерна только этих растений и среди них снова отыскиваются организмы, имеющие наибольшее количество колосков. Так продолжается несколько лет, и в результате появляется новый сорт многоколосковой пшеницы.

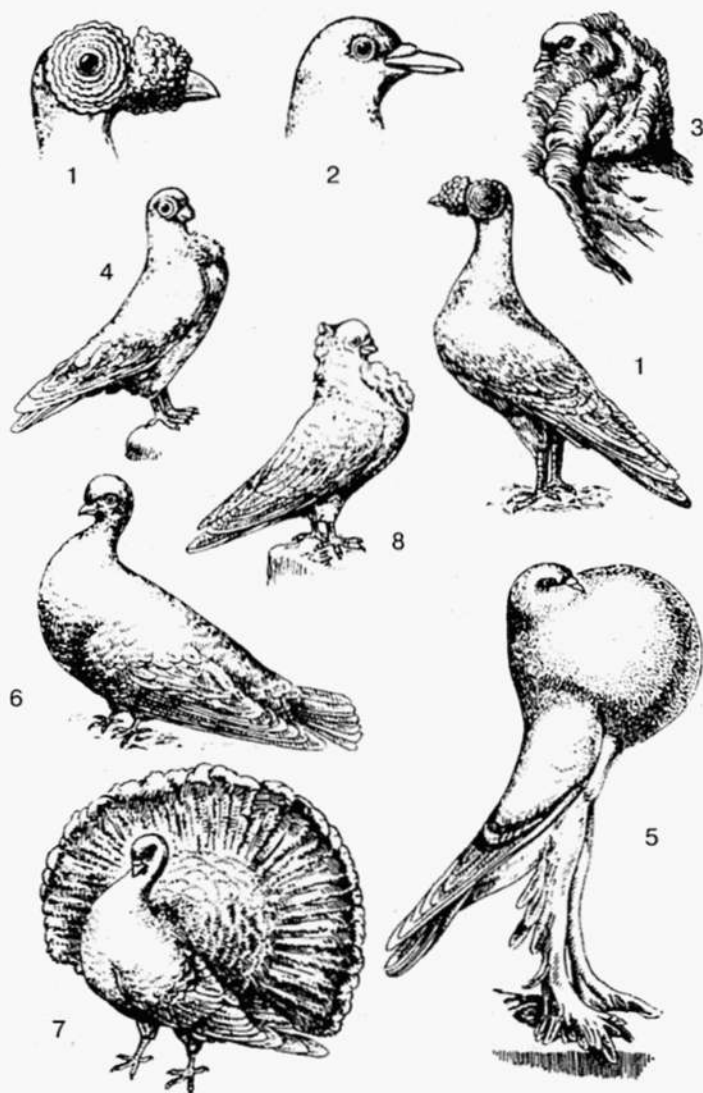


Рис. 1.3. Породы домашнего голубя:
1 — гонец, 2 — дикий голубь, 3 — яkobинец,
4 — совиный голубь, 5 — дутыш, 6 — турман,
7 — трубастый голубь, 8 — кудрявый голубь

В основе всей работы по выведению нового сорта растений (или породы животных) лежит и изменчивость признаков у организмов, и отбор человеком таких изменений, которые наиболее уклоняются в желательную для него сторону. В ряду поколений такие изменения накапливаются и становятся устойчивым признаком породы или сорта. Для отбора имеет значение только *индивидуальная, неопределенная* (наследственная) изменчивость.

Поскольку мутации — явление достаточно редкое, искусственный отбор может быть успешным только в том случае, если он проводится среди большого числа особей. Известны также случаи, когда к возникновению новой породы приводит единичная крупная мутация. Так появились анконская порода коротконогих овец, такса, утка с крючковатым клювом, некоторые сорта растений. Особи с резко измененными признаками были сохранены и использованы для создания новой породы.

Следовательно, *под искусственным отбором понимается процесс создания новых пород животных и сортов культурных растений путем систематического сохранения и размножения особей с определенными, ценными для человека признаками и свойствами в ряду поколений.*

Дарвин выделил две формы искусственного отбора — *сознательный, или методический, и бессознательный.*

Методический отбор. Сознательный отбор заключается в том, что селекционер ставит перед собой определенную задачу и ведет отбор по одному-двум признакам. Такой прием позволяет достигнуть больших успехов. Дарвин приводит пример быстрого выведения новых пород. Когда была поставлена задача превратить свисающий гребень испанского петуха в стоячий, то уже через пять лет была получена намеченная форма. Куры, имеющие «бороды», были выведены через шесть лет. Возможности искусственного отбора в изменении и преобразовании строения и свойств чрезвычайно велики. Например, полудикая корова дает удой 700—800 л молока в год, а отдельные особи современных молочных пород — до 10 000 л. У мериноса число волос на единицу площади почти в 10 раз больше, чем у беспородных овец. Очень велики различия в строении тела у различных пород собак — борзой, бульдога, сенбернара, пуделя или шпица.

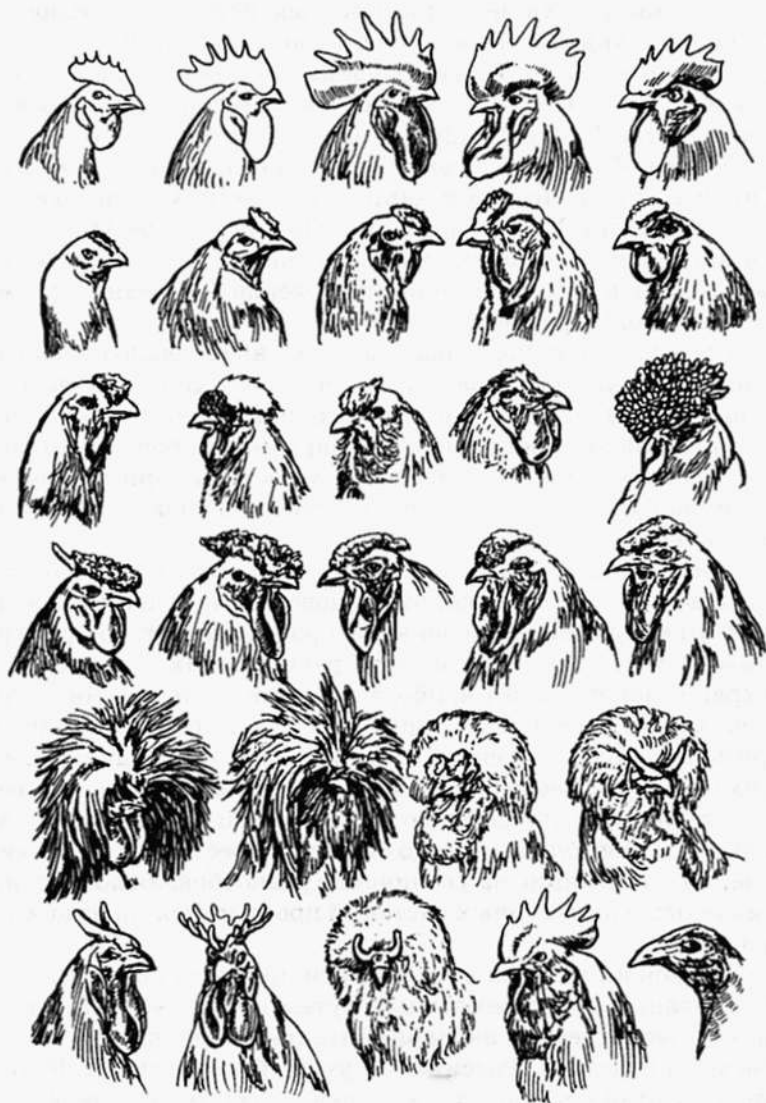


Рис. 1.4. Головные придатки
у петухов различных пород

Условия успеха методического искусственного отбора — большое исходное число особей. Такой отбор невозможен при мелкотоварном (крестьянском) сельскохозяйственном производстве. Новую породу нельзя вывести, если в хозяйстве имеется 1—2 лошади или несколько овец.

Таким образом, изучение методов селекции, применявшихся в крупнотоварном капиталистическом сельском хозяйстве Англии XIX в., позволило Дарвину сформулировать принцип искусственного отбора и с помощью этого принципа объяснить не только причину совершенствования форм, но и их многообразие.

Однако домашние животные, так значительно отличающиеся от диких предков, появились еще у доисторического человека, задолго до сознательного применения методов селекции. Как это произошло? По Дарвину, в процессе приручения диких животных человек осуществлял примитивную форму искусственного отбора, которую он назвал *бессознательным*.

Бессознательный отбор. Бессознательным такой отбор называется в том смысле, что человеком не ставилось цели вывести какую-то определенную породу или сорт. Например, убивали и съедали в первую очередь худших животных, а сохранялись при этом наиболее ценные (более удобная корова, хорошо несущаяся курица и т. д.). Дарвин приводит в пример жителей Огненной Земли, в период голода поедающих собак, кошек, которые хуже ловят выдр, а лучших собак стараются сохранить во что бы то ни стало. Бессознательный отбор существует до сих пор в крестьянском хозяйстве, но его влияние на увеличение разнообразия домашних животных и культурных растений проявляется гораздо медленнее.

Ч. Дарвин не имел возможности привести примеры одомашнивания диких животных путем искусственного отбора, осуществляемого экспериментально. В наши дни такие примеры имеются. Российский ученый академик Д. К. Беляев, работая с разводимыми в неволе серебристо-черными лисами (семейство собачьих), обнаружил интересное явление. Животные очень различались между собой по своему поведению и по реакции на человека. Д. К. Беляев выделил среди них три группы: агрессивных, стремящихся напасть

на человека, трусливо-агрессивных, боящихся человека и в то же время желающих на него напасть, и относительно спокойных с выраженным исследовательским инстинктом. Среди этой последней группы ученый проводил отбор по поведенческим реакциям: оставлял для размножения более спокойных животных, у которых интерес к окружающему преобладал над реакцией страха и защиты. В результате отбора в ряде поколений удалось получить особей, которые вели себя как домашние собаки: легко вступали в контакт с человеком, радовались ласке и т. д. Самое поразительное, что при отборе по поведенческим признакам у животных изменились морфологические и физиологические признаки: опустились уши, хвост загнулся крючком (как у сибирских лаек), на лбу появилась звездочка, столь характерная для домашних (нечистопородных) собак. Если дикие лисы размножаются раз в год, то одомашненные — два раза. Изменились и некоторые другие признаки.

В описанном примере обнаруживается взаимосвязь между изменениями строения и поведения животных. Такую взаимосвязь заметил еще Дарвин и назвал ее *коррелятивной*, или *соотносительной*, изменчивостью. Например, развитие рогов у овец и коз сочетается с длиной шерсти. У комолых животных шерсть короткая. Собаки бесшерстных пород обычно имеют отклонения в строении зубов. Развитие хохла на голове кур и гусей сочетается с изменением черепа. У кошек пигментация шерсти связана с функционированием органов чувств: белые голубоглазые кошки всегда глухие. Коррелятивная изменчивость основана на *плейотропном* (множественном) действии генов.



1. Ч. Дарвин выделил две основные формы искусственного отбора: методический и бессознательный.
2. Достижения сельского хозяйства Англии в XIX в. в области выведения многочисленных пород домашних животных и сортов растений послужили для Ч. Дарвина моделью процессов, происходящих в природе.

3. Крупнотоварное сельскохозяйственное производство Англии рассматривают как социально-экономическую предпосылку теории Ч. Дарвина.

Вопросы для повторения и задания



1. Как разрешил Ч. Дарвин вопрос о предках домашних животных?
2. Приведите примеры многообразия пород домашних животных и сортов культурных растений. Чем объясняется это многообразие?
3. В чем состоит основной метод выведения новых сортов и пород?
4. Как меняется строение и поведение животных в процессе одомашнивания? Приведите примеры.

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

1.3.2. Учение Ч. Дарвина о естественном отборе

Искусственный отбор, т. е. сохранение особей с полезными для размножения признаками и устранение всех остальных, проводит человек, ставящий перед собой определенные задачи. Признаки, накапливаемые при искусственном отборе, полезны для человека, но необязательно выгодны для животных. Дарвин высказал предположение, что в природе сходным путем накапливаются признаки, полезные только для организмов и вида в целом, в результате чего образуются виды и разновидности. В этом случае требовалось установить наличие неопределенной индивидуальной изменчивости у диких животных и растений. Кроме того, необходимо было доказать существование в природе какого-то направляющего фактора, действующего аналогично воле человека в процессе искусственного отбора.

Всеобщая индивидуальная изменчивость и избыточная численность потомства. Дарвин показал, что у представителей диких видов животных и растений индивидуальная изменчивость представлена очень широко. Индивидуальные

отклонения могут быть полезными, нейтральными или вредными для организма. Все ли особи оставляют потомство? Если нет, то какие факторы сохраняют особей с полезными признаками и устраняют всех остальных?

Дарвин обратился к анализу размножения организмов. Все организмы оставляют значительное, иногда очень многочисленное потомство. Одна особь сельди выметывает в среднем около 40 тыс. икринок, осетр — 2 млн, лягушки — до 10 тыс. икринок. На одном растении мака ежегодно созревает до 30—40 тыс. семян. Даже медленно размножающиеся животные потенциально способны оставить огромное число потомков. Самки слонов приносят детенышей в возрасте между 30 и 90 годами. За 60 лет они рожают в среднем 6 слонят. Расчеты показывают, что даже при такой низкой интенсивности размножения через 750 лет потомство одной пары слонов составило бы 19 млн особей. На основе этих и многих других примеров Дарвин приходит к выводу о том, что в природе любой вид животных и растений *стремится к размножению в геометрической прогрессии*. В то же время число взрослых особей каждого вида остается относительно постоянным.

Каждая пара организмов дает гораздо больше потомков, чем их доживает до взрослого состояния. Большая часть появившихся на свет организмов, следовательно, гибнет, не достигнув половой зрелости. Причины гибели разнообразны: недостаток корма из-за конкуренции с представителями своего же вида, нападение врагов, действие неблагоприятных физических факторов среды — засухи, сильных морозов, высокой температуры и пр. Отсюда следует второй вывод, сделанный Дарвином: в природе происходит непрерывная борьба за существование. Этот термин должен пониматься в широком смысле, как любая зависимость организмов от всего комплекса условий окружающей его живой природы. Иначе говоря, *борьба за существование* — это совокупность многообразных и сложных взаимоотношений, существующих между организмами и условиями среды. Когда лев отнимает добычу у гиены, подразумевается борьба за пищу. Про растение на окраине пустыни можно сказать, что оно ведет борьбу против засухи, но точно так же предполагается, что его жизнь зависит от влажности.

Формы борьбы за существование и естественный отбор.

Дарвин выделил три основные формы борьбы за существование: а) *межвидовую*, б) *внутривидовую*, в) *борьбу с неблагоприятными условиями среды*.

Межвидовая борьба. Примеры межвидовой борьбы многочисленны. И волки, и лисы охотятся на зайцев. Между волками и зайцами, а также между лисами и зайцами идет напряженная борьба за существование. Отсутствие добычи обрекает хищников на голод и гибель. В то же время между хищниками — волками и лисами — тоже существует конкуренция за пищу. Это не значит, что они непосредственно вступают в борьбу друг с другом, но успех одного означает неуспех другого. Травоядные животные смогут выжить и оставить потомство только в том случае, если они сумеют избежать хищников и будут обеспечены пищей. Но растительностью питаются разные виды млекопитающих, а кроме того, насекомые и моллюски: что досталось одному, не достанется другому. Существование трав в свою очередь зависит не только от поедания их животными, но и от других условий — опыления цветков насекомыми, конкуренции с другими растениями за свет, влагу и т. д. Беспрепятственное размножение микроорганизмов сдерживают, помимо прочих факторов, антибиотики, выделяемые грибами, и фитонциды, образуемые зелеными растениями. К межвидовой борьбе относятся и взаимоотношения в форме паразитизма. Паразиты ослабляют организм хозяина, делают его менее конкурентоспособным.

Внутривидовая борьба. В приведенных примерах межвидовых взаимоотношений напряженность борьбы между видами ослабляется тем, что, как правило, организмы имеют не один, а несколько источников питания. Например, лиса питается не только зайцами, но и мышами и птицами. У особей же одного вида потребности в пище, территории и других условиях существования одинаковы. Поэтому конкуренция между ними наиболее острая. Дарвин считал внутривидовую борьбу самой напряженной. Например, птицы одного вида конкурируют из-за мест гнездования. Самцы многих видов млекопитающих и птиц в период размножения вступают друг с другом в борьбу за право обзавестись семьей (половой отбор).

Борьба с неблагоприятными условиями внешней среды. Факторы неживой природы оказывают огромное влияние на выживаемость организмов. Много растений гибнет во время холодных малоснежных зим. В сильные морозы смертность увеличивается и среди животных, обитающих в почве (кроты, дождевые черви). Зимой при недостатке растворенного в воде кислорода погибает рыба. Семена растений нередко заносятся ветром в неблагоприятные места обитания и не прорастают.

Все формы борьбы за существование сопровождаются истреблением огромного количества организмов или приводят к тому, что часть их не оставляет потомства.

Кто же выживает в этой постоянно происходящей борьбе за существование? Наблюдения показывают, что для растительных и животных организмов характерна всеобщая изменчивость признаков, свойств и бесконечное разнообразие их комбинаций. Даже в потомстве одной пары родителей нет совершенно одинаковых особей (за исключением монозиготных близнецов). В борьбе за существование выживают и оставляют потомство индивидуумы, обладающие таким комплексом признаков и свойств, который позволяет наиболее успешно конкурировать с другими особями. Таким образом, в природе происходят процессы избирательного уничтожения одних особей и преимущественного размножения других — явление, названное Дарвином *естественным отбором* или *выживанием наиболее приспособленных*. При изменении условий внешней среды полезными для выживания могут оказаться какие-то иные, чем прежде, признаки. В результате меняется направление давления отбора, перестраивается генетическая структура вида, благодаря размножению широко распространяются новые признаки — *появляется новый вид*.

Следовательно, *виды изменяются в процессе приспособления к условиям внешней среды*. Движущей силой изменения видов, т. е. эволюции, является *естественный отбор*. Материалом для отбора служит наследственная (неопределенная, индивидуальная, мутационная) изменчивость. Изменчивость, обусловленная прямым влиянием внешней среды на организмы (групповая, модификационная), не имеет значения для эволюции, поскольку по наследству не передается.

Образование новых видов. Возникновение новых видов Дарвин представлял себе как длительный процесс накопления полезных индивидуальных изменений, увеличивающихся из поколения в поколение. Почему это происходит? Жизненные ресурсы (пища, места для размножения и пр.) всегда ограничены. Поэтому самая ожесточенная борьба за существование происходит между наиболее сходными особями. Напротив, между различающимися в пределах одного вида особями одинаковых потребностей меньше, а конкуренция слабее. Поэтому несхожие особи имеют преимущество в оставлении потомства. С каждым поколением различия становятся все более выраженными, а промежуточные формы, сходные между собой, вымирают. Так из одного вида образуется два или несколько. Явление расхождения признаков, ведущее к видообразованию, Дарвин назвал *дивергенцией* (от лат. *divergo* — отклоняюсь, отхожу). Понятие дивергенции Дарвин иллюстрирует примерами, имеющимися в природе. Конкуренция между четвероногими хищниками привела к тому, что часть их перешла на питание падалью, другие переселились в новые места обитания, из них некоторые сменили даже среду обитания — стали жить в воде или на деревьях и т. д.

Причиной дивергенции могут стать и неодинаковые условия внешней среды в разных районах территории, занимаемой видом. Например, две группы особей какого-либо вида вследствие этого будут накапливать различные изменения. Возникает процесс расхождения признаков. Через определенное число поколений такие группы становятся разновидностями, а затем — видами.

Действие естественного отбора можно наблюдать в эксперименте.

В нашей стране широко распространен богомол обыкновенный — крупное хищное насекомое (длина тела у самок достигает 48—76 мм), питающееся разнообразными мелкими насекомыми — тлями, клопами, мухами. Окраска разных особей этого вида бывает зеленой, желтой и бурой. Богомолы зеленого цвета встречаются среди травы и кустарников, бурые — на растениях, выгорающих от солнца. Неслучайность такого распределения животных ученые доказали в эксперименте на расчищенной от травы площадке

блекло-бурого цвета. К колышкам на площадке были привязаны богомолы всех трех цветов. За время опыта птицами были уничтожены 60% желтых, 55% зеленых и только 20% бурых богомол, у которых окраска тела совпадала с цветом фона. Аналогичные опыты были поставлены с куколками бабочки-крапивницы. В случае несоответствия окраски куколки окраске фона птицами уничтожалось гораздо больше куколок, чем в случае совпадения фона с окраской. Водоплавающие птицы в бассейне ловят преимущественно рыбу, окраска которой не соответствует цвету дна.

Важно отметить, что для выживания имеет значение не один какой-либо признак, а комплекс признаков. В том же опыте с богомолами, очень простом по сравнению с реальными природными условиями, среди бурых особей, защищенных окраской тела, птицы склевывали беспокойных, активнодвигающихся насекомых. Спокойные малоподвижные богомолы избегали нападения. Один и тот же признак в зависимости от окружающих условий может способствовать выживанию или, напротив, привлекать внимание врагов. На рисунке 1.5 приведены две формы бабочки березовой пяденицы. Светлая форма мало заметна на светлых стволах и деревьях, покрытых лишайниками, в то время как мутантная темноокрашенная форма хорошо видна на них (А). Темные бабочки преимущественно склевываются птицами. Ситуация меняется вблизи промышленных предприятий: копоть, покрывающая стволы деревьев, создает защитный фон для мутантов, в то время как светлая бабочка хорошо заметна (Б).

Мутации и половой процесс создают генетическую неоднородность внутри вида. Их действие, как видно из приведенных примеров, ненаправленно. *Эволюция же — процесс направленный*, связанный с выработкой приспособлений по мере прогрессивного усложнения строения и функций животных и растений. Существует лишь один *направленный эволюционный фактор — естественный отбор*.

Под действие отбора могут попасть либо отдельные особи, либо целые группы. В любом случае отбор сохраняет наиболее приспособленные к данной среде организмы. Нередко отбор сохраняет признаки и свойства, невыгодные для отдельной особи, но полезные для группы особей или вида

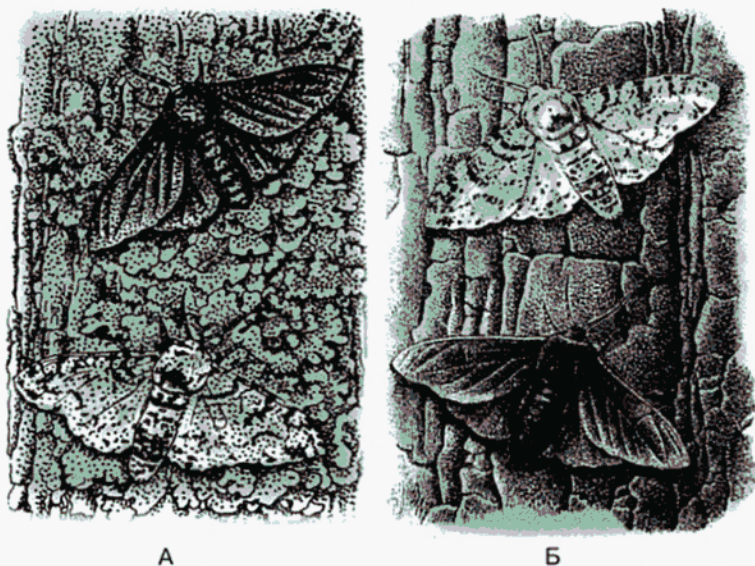


Рис. 1.5. *Формы бабочки березовой пяденицы*

в целом. Примером такого приспособления служит зазубренное жало пчелы. Ужалившая пчела оставляет жало в теле врага и погибает, но гибель особи способствует сохранению пчелиной семьи.

Факторами отбора служат условия внешней среды, точнее, весь комплекс *абиотических* и *биотических* условий среды. В зависимости от этих условий отбор действует в разных направлениях и приводит к неодинаковым эволюционным результатам. В настоящее время различают несколько форм естественного отбора, из которых ниже будут рассмотрены только основные.

Дарвин показал, что принцип естественного отбора объясняет возникновение всех без исключения основных характеристик органического мира: от признаков, свойственных крупным систематическим группам живых организмов, до мелких приспособлений. Теорией Дарвина завершились длительные поиски естествоиспытателей, которые пытались найти объяснение многим чертам сходства, наблюдаемым

у организмов, относящихся к разным видам. Дарвин объяснил это сходство родством и показал, как идет образование новых видов, как происходит эволюция.

С общетеоретической точки зрения главное в учении Дарвина — это идея развития живой природы, противостоящая представлению о застывшем неизменяющемся мире. Признание учения Дарвина стало переломным моментом в истории биологических наук. Факты, накопленные в додарвиновский период развития биологии, получили новое освещение. Возникли новые направления в биологии — эволюционная эмбриология, эволюционная палеонтология и др.

Учение Дарвина служит естественнонаучной основой для понимания биологических механизмов развития жизни на Земле. Материалистическое объяснение целесообразности строения живых организмов, происхождения и многообразия видов является общепринятым в науке.

Труд Дарвина явился одним из крупнейших достижений естествознания XIX в.

Опорные точки



1. Для особей любого вида характерна всеобщая индивидуальная (наследственная) изменчивость.
2. Численность потомства в пределах каждого вида организмов очень велика, а пищевые ресурсы всегда ограничены.

Вопросы для повторения и задания



1. Что такое естественный отбор?
2. Что такое борьба за существование? Каковы ее формы?
3. Какая форма борьбы за существование является наиболее напряженной и почему?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

Вопросы для обсуждения



Вспомните материал предыдущих глав. Какие процессы, происходящие в природе, снижают интенсивность внутривидовой борьбы за существование? Каков биологический смысл этого явления?

В чем заключаются, по вашему мнению, биологические причины сохранения жизни особей, устраненных от размножения?

1.4. Современные представления о механизмах и закономерностях эволюции. Микроэволюция

В основе эволюционной теории Ч. Дарвина лежит представление о виде. Что же такое вид и насколько реально его существование в природе?

1.4.1. Вид. Критерии и структура

Видом называют совокупность особей, сходных по строению, имеющих общее происхождение, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство. Все особи одного вида имеют одинаковый кариотип, сходное поведение и занимают определенный ареал (область распространения).

Одна из важных характеристик вида — его репродуктивная изоляция, т. е. существование механизмов, препятствующих притоку генов извне. Защищенность генофонда данного вида от притока генов других, в том числе близкородственных, видов достигается разными путями.

Сроки размножения у близких видов могут не совпадать. Если сроки одни и те же, то не совпадают места размножения. Например, самки одного вида лягушек мечут икру по берегам рек, другого вида — в лужах. При этом случайное осеменение икры самцами другого вида исключается. У мно-

гих видов животных наблюдается строгий ритуал поведения при спаривании. Если у одного из потенциальных партнеров для скрещивания ритуал поведения отклоняется от видового, спаривания не происходит. Если все же спаривание произойдет, сперматозоиды самца другого вида не смогут проникнуть в яйцеклетку, и яйца не оплодотворятся. Фактором изоляции также служат предпочитаемые источники пищи: особи кормятся в разных биотопах, и вероятность скрещивания между ними уменьшается. Но иногда (при межвидовом скрещивании) оплодотворение все же происходит. В этом случае образовавшиеся гибриды либо отличаются пониженной жизнеспособностью, либо оказываются бесплодными и не дают потомства. Известный пример — мул — гибрид лошади и осла. Будучи вполне жизнеспособным, мул бесплоден из-за нарушения мейоза: *негомологичные хромосомы не конъюгируют*. Перечисленные механизмы, предотвращающие обмен генами между видами, имеют неодинаковую эффективность, но в комплексе в природных условиях они создают непроницаемую генетическую изоляцию между видами. Следовательно, *вид — реально существующая, генетически неделимая единица органического мира*.

Каждый вид занимает более или менее обширный ареал (от лат. *ареа* — область, пространство). Иногда он сравнительно невелик: для видов, обитающих в Байкале, он ограничивается этим озером. В других случаях ареал вида охватывает огромные территории. Так, черная ворона почти повсеместно распространена в Западной Европе. Восточная Европа и Западная Сибирь населены другим видом — серой вороной. Существование определенных границ распространения вида не означает, что все особи свободно перемещаются внутри ареала. Степень подвижности особей выражается расстоянием, на которое может перемещаться животное, т.е. *радиусом индивидуальной активности*. У растений этот радиус определяется расстоянием, на которое распространяется пыльца, семена или вегетативные части, способные дать начало новому растению.

Для виноградной улитки радиус активности составляет несколько десятков метров, для северного оленя — более ста километров, для ондатры — несколько сот метров. Вследст-

вие ограниченности радиусов активности лесные полевки, обитающие в одном лесу, имеют немного шансов встретиться в период размножения с лесными полевыми, населяющими соседний лес. Травяные лягушки, мечущие икру в одном озере, изолированы от лягушек другого озера, расположенного в нескольких километрах от первого. В обоих случаях изоляция неполная, поскольку отдельные полевки и лягушки могут мигрировать из одного местообитания в другое.

Особи любого вида распределены внутри видового ареала неравномерно. Участки территории с относительно высокой плотностью населения чередуются с участками, где численность вида низкая или особи данного вида совсем отсутствуют. Поэтому вид рассматривается как совокупность отдельных групп организмов — популяций.

Популяция — это совокупность особей данного вида, занимающих определенный участок территории внутри ареала вида, свободно скрещивающихся между собой и частично или полностью изолированных от других популяций. Реально вид существует в виде популяций. Генофонд вида представлен генофондами популяций. Популяция — это элементарная единица эволюции.

Опорные точки



1. Вид представляет собой реально существующую элементарную единицу живой природы.
2. Основой существования вида как генетической единицы живой природы является его репродуктивная изоляция.
3. Подавляющее большинство видов живых организмов состоит из отдельных популяций.
4. Популяция, по современным представлениям, является элементарной эволюционной единицей.

Вопросы для повторения и задания



1. Дайте определение вида.
2. Расскажите, какие биологические механизмы препятствуют обмену генами между видами.
3. В чем причина бесплодности межвидовых гибридов?

4. Что такое ареал вида?
5. Что такое радиус индивидуальной активности организмов? Приведите примеры радиуса индивидуальной активности для растений и животных.
6. Что такое популяция? Дайте определение.

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

1.4.2. Эволюционная роль мутаций

Благодаря изучению генетических процессов в популяции живых организмов эволюционная теория получила дальнейшее развитие. Большой вклад в популяционную генетику внес русский ученый С. С. Четвериков. Он обратил внимание на насыщенность природных популяций рецессивными мутациями, а также на колебания частоты генов в популяциях в зависимости от действия факторов внешней среды и обосновал положение о том, что эти два явления — ключ к пониманию процессов эволюции.

Действительно, *мутационный процесс — постоянно действующий источник наследственной изменчивости*. Гены мутируют с определенной частотой. Подсчитано, что в среднем одна гамета из 100 тыс. — 1 млн гамет несет вновь возникшую мутацию в определенном локусе. Поскольку одновременно мутируют многие гены, то 10—15% гамет несут те или иные мутантные аллели. Поэтому природные популяции насыщены самыми разнообразными мутациями. Благодаря комбинативной изменчивости мутации могут широко распространяться в популяциях. Большинство организмов *гетерозиготно* по многим генам. Можно было бы предположить, что в результате полового размножения среди потомства будут постоянно выплываться гомозиготные организмы, а доля гетерозигот должна неуклонно падать. Однако этого не происходит. Дело в том, что в подавляющем большинстве случаев гетерозиготные организмы оказываются лучше приспособленными к условиям существования, чем гомозиготные.

Вернемся к примеру с бабочкой березовой пяденицей.

Казалось бы, светлоокрашенных бабочек, гомозиготных по рецессивной аллели (aa), обитающих в лесу с темными стволами деревьев, быстро должны уничтожить враги, и единственной формой в данных условиях обитания должны стать темноокрашенные бабочки, гомозиготные по доминантной аллели (AA). Но на протяжении длительного времени в закопченных лесах Южной Англии постоянно встречаются светлые бабочки березовой пяденицы. Оказалось, что гусеницы, гомозиготные по доминантной аллели, плохо усваивают листья берез, покрытые гарью и копотью, а гетерозиготные гусеницы растут на этом корме гораздо лучше. Следовательно, большая биохимическая гибкость гетерозиготных организмов приводит к их лучшему выживанию, и отбор действует в пользу гетерозигот.

Таким образом, хотя большинство мутаций в данных конкретных условиях оказывается вредным и в гомозиготном состоянии мутации, как правило, снижают жизнеспособность особей, они сохраняются в популяциях благодаря отбору в пользу гетерозигот. Для понимания эволюционных преобразований важно помнить, что мутации, вредные в одних условиях, могут повышать жизнеспособность в других условиях среды. Помимо приведенных примеров можно указать на следующий. Мутация, обуславливающая недоразвитие или полное отсутствие крыльев у насекомых, безусловно вредна в обычных условиях, и бескрылые особи быстро вытесняются нормальными. Но на океанических островах и горных перевалах, где дуют сильные ветры, такие насекомые имеют преимущество перед особями с нормально развитыми крыльями.

Таким образом, *мутационный процесс — источник резерва наследственной изменчивости популяций*. Поддерживая высокую степень генетического разнообразия популяций, он создает основу для действия естественного отбора.

Опорные точки



1. В реально существующих популяциях непрерывно протекает мутационный процесс, приводя к появлению новых вариантов генов и соответственно признаков.

2. Мутации являются постоянным источником наследственной изменчивости.

Вопросы для повторения и задания



1. Какие популяционно-генетические закономерности выявил русский биолог С. С. Четвериков?
2. Какова частота мутирования одного определенного гена в естественных условиях существования особей?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

1.4.3. Генетическая стабильность популяций

Анализируя процессы, протекающие в свободно скрещивающейся популяции, английский ученый К. Пирсон в 1904 г. установил существование закономерностей, описывающих ее генетическую структуру. Это обобщение, получившее название **закона стабилизирующего скрещивания** (закон Пирсона), может быть сформулировано так: *в условиях свободного скрещивания при любом исходном соотношении численности гомозиготных и гетерозиготных родительских форм в результате первого же скрещивания внутри популяции устанавливается состояние равновесия, если исходные частоты аллелей одинаковы у обоих полов.*

Следовательно, какой бы ни была генотипическая структура популяции, т. е. вне зависимости от исходного состояния, уже в первом поколении, полученном от свободного скрещивания, устанавливается состояние популяционного равновесия, описываемое простой математической формулой.

Этот важный для популяционной генетики закон сформулировали в 1908 г. независимо друг от друга математик Г. Харди в Англии и врач В. Вайнберг в Германии. Согласно этому закону, *частота гомозиготных и гетерозиготных организмов в условиях свободного скрещивания при отсутствии давления отбора и других факторов (мута-*

ции, миграция, дрейф генов и т. д.) остается постоянной, т. е. пребывает в состоянии равновесия. В простейшем виде закон описывается формулой:

$$p^2AA + 2pqAa + q^2aa = I,$$

где p — частота встречаемости гена A , q — частота встречаемости аллеля a в процентах.

Необходимо отметить, что закон Харди—Вайнберга, как и другие генетические закономерности, основывающиеся на менделевском принципе случайного комбинирования, математически точно выполняется при бесконечно большой численности популяции. На практике это означает, что популяции с численностью ниже некоторой минимальной величины не удовлетворяют требованиям закона Харди—Вайнберга.

Русский ученый С. С. Четвериков дал оценку свободного скрещивания, указав, что в нем самом заложен аппарат, стабилизирующий частоты генотипов в данной популяции. *В результате свободного скрещивания происходит постоянное поддержание равновесия генотипических частот в популяции.* Нарушение равновесия связано, как правило, с действием внешних сил и наблюдается только до тех пор, пока эти силы оказывают влияние. С. С. Четвериков полагал, что вид, как губка, впитывает в себя мутации часто в гетерозиготном состоянии, сам при этом оставаясь фенотипически однородным.

Если частоты генотипов в популяции значительно отличаются от рассчитанных по формуле Харди—Вайнберга, можно утверждать, что данная популяция не находится в состоянии популяционного равновесия и существуют причины, препятствующие этому. Остановимся на них подробнее.

1.4.4. Генетические процессы в популяциях

В разных популяциях одного вида частота мутантных генов неодинакова. Практически нет двух популяций с совершенно одинаковой частотой встречаемости мутантных признаков. Эти различия могут быть обусловлены тем, что популяции обитают в неодинаковых условиях внешней сре-

ды. Направленное изменение частоты генов в популяциях обусловлено действием естественного отбора. Но и близко расположенные, соседние популяции могут отличаться друг от друга столь же значительно, как и далеко расположенные. Это объясняется тем, что в популяциях ряд процессов приводит к *ненаправленному случайному изменению частоты генов*, или, другими словами, их генетической структуры.

Например, при *миграции* животных или растений на новом месте обитания поселяется незначительная часть исходной популяции. Генофонд вновь образованной популяции неизбежно меньше генофонда родительской популяции, и частота генов в ней будет значительно отличаться от частоты генов исходной популяции. Гены, до того редко встречающиеся, вследствие полового размножения быстро распространяются среди членов новой популяции. В то же время широко распространенные гены могут отсутствовать, если их не было в генотипе основателей новой популяции.

Другой пример. *Природные катастрофы* — лесные или степные пожары, наводнения и т. п. — вызывают массовую неизбирательную гибель живых организмов, особенно малоподвижных форм (растения, моллюски, рептилии, земноводные и др.). Особи, избежавшие гибели, остаются в живых благодаря чистой случайности. В популяции, пережившей катастрофическое понижение численности, частоты аллелей будут иными, чем в исходной популяции. Вслед за спадом численности начинается массовое размножение, начало которому дает оставшаяся немногочисленная группа. Генетический состав этой группы определит генетическую структуру всей популяции в период ее расцвета. При этом некоторые мутации могут совсем исчезнуть, а концентрация других может случайно резко повыситься.

В биоценозах часто наблюдаются *периодические колебания* численности популяций, связанные со взаимоотношениями типа «хищник — жертва». Усиленное размножение объектов охоты хищников на основе увеличения кормовых ресурсов приводит в свою очередь к усиленному размножению хищников. Увеличение же численности хищников вызывает массовое уничтожение их жертв. Недостаток кормовых ресурсов обуславливает сокращение числен-

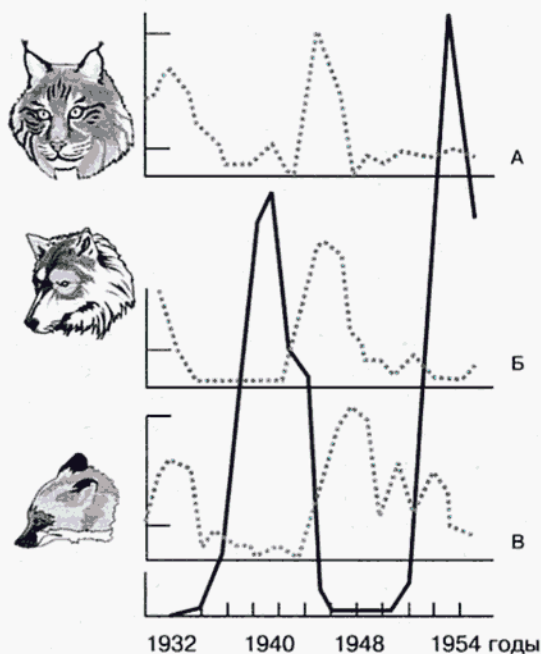


Рис. 1.6.
Колебания численности особей в популяции хищников и жертв. Пунктирная линия:
А — рысь,
Б — волк,
В — лисица;
сплошная линия: заяц-беляк

ности хищников (рис. 1.6) и восстановление размеров популяций жертв. Эти колебания численности («волны численности») изменяют частоту генов в популяциях, в чем и состоит их эволюционное значение.

К изменениям частоты генов в популяциях приводит также ограничение обмена генами между ними вследствие пространственной (географической) *изоляции*. Реки служат преградой для сухопутных видов, горы и возвышенности изолируют равнинные популяции. Каждая из изолированных популяций обладает специфическими особенностями, связанными с условиями жизни. Важное следствие изоляции — *близкородственное скрещивание (инбридинг)*. Благодаря инбридингу рецессивные аллели, распространяясь в популяции, проявляются в гомозиготном состоянии, что снижает жизнеспособность организмов. В человеческих популяциях изоляты с высокой степенью инбридинга встречаются в горных районах, на островах. Сохранила еще зна-

чение изоляция отдельных групп населения по кастовым, религиозным, расовым и другим причинам.

Эволюционное значение различных форм изоляции состоит в том, что она закрепляет и усиливает генетические различия между популяциями, а также в том, что разделенные части популяции или вида подвергаются неодинаковому давлению отбора. Таким образом, изменения частоты генов, вызванные теми или иными факторами внешней среды, служат основой возникновения различий между популяциями и в дальнейшем обуславливают преобразование их в новые виды. Поэтому *изменения популяций в ходе естественного отбора называют микроэволюцией.*

Опорные точки



1. В природе часто встречаются резкие колебания численности особей, связанные с массовой неизбежной гибелью организмов.
2. Генотипы случайно сохранившихся особей определяют генофонд новой популяции в период ее расцвета.

Вопросы для повторения и задания



1. Сформулируйте закон Харди—Вайнберга.
2. Какие процессы приводят к изменению частоты встречаемости генов в популяциях?
3. Почему разные популяции одного вида отличаются по частоте генов?
4. Что такое микроэволюция?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

Вопросы для обсуждения



Каково значение закона Харди—Вайнберга для оценки состояния природных популяций?

В чем причина гетерозиготности природных популяций?

Какова эволюционная роль мутаций?

Почему популяции в настоящее время считают элементарными эволюционными единицами?

1.4.5. Формы естественного отбора

Понятие о естественном отборе существенно расширилось и углубилось благодаря развитию генетики, трудам И. И. Шмальгаузена, С. С. Четверикова и других ученых.

Рассмотрим естественный отбор в свете современных представлений. Под действие отбора могут попасть как отдельные особи, так и целые популяции. В любом случае отбор сохраняет наиболее приспособленные к данным условиям существования организмы. Факторами естественного отбора служат условия внешней среды; в зависимости от этих условий отбор действует в разных направлениях и приводит к неодинаковым эволюционным результатам. Различают несколько форм естественного отбора.

Движущий отбор. Движущая форма естественного отбора способствует *сдвигу среднего значения* признака или свойства и приводит к появлению новой средней нормы вместо старой, переставшей соответствовать новым условиям. Движущая форма естественного отбора действует при изменении условий внешней среды.

Выше был рассмотрен пример с бабочкой березовой пяденицей. Распространение темноокрашенного мутанта этой бабочки — результат движущего отбора. Очень яркими примерами действия отбора в пользу признака, способствующего выживанию, может служить возникновение устойчивости животных к ядохимикатам. Например, среди серых крыс очень быстро распространилась устойчивость к яду, вызывающему кровотечение. Сейчас крысы без вреда для себя поедают приманки, отравленные таким ядом. К аналогичному результату привело использование ядохимикатов в сельском хозяйстве при борьбе с «вредными» насекомыми. После воздействия ядов выживают особи, случайно оказавшиеся устойчивыми к яду. Эти особи имеют преимущество в размножении, благодаря которому признак устойчивости

распространяется и становится преобладающим среди особей данного вида.

Таким образом, ведущая роль в распространении новых признаков внутри данного вида при изменении условий внешней среды принадлежит движущей форме естественного отбора.

Изменение признака может происходить как в сторону его усиления, большей выраженности, так и в сторону ослабления вплоть до полного исчезновения. Примерами утраты признака, как результата действия движущего отбора, могут служить редукция глаз у кротов, ведущих подземный образ жизни, или у пещерных животных, утрата крыльев у некоторых видов птиц и насекомых, редукция корней и листьев у растений-паразитов, пищеварительной системы у ленточных червей и многие другие.

Роль естественного отбора не сводится к отсеvu отдельных признаков, понижающих жизнеспособность или конкурентоспособность организмов. Отбор определяет направление эволюции, последовательно собирая, интегрируя многочисленные случайные отклонения. Следует помнить, что реально в природе отбор сохраняет не отдельные признаки, а целые фенотипы, т. е. весь комплекс признаков, а значит, *определенные комбинации генов, присущие данному организму.*

Отбор нередко сравнивают с деятельностью скульптора. Как скульптор из бесформенной глыбы мрамора создает произведение, поражающее гармоничностью всех его частей, так и отбор создает приспособления и виды, устраняя от размножения менее удачные особи или, другими словами, менее удачные комбинации генов. Поэтому говорят о творческой роли естественного отбора, поскольку результатом его действия являются новые виды организмов, новые формы жизни.

Стабилизирующий отбор. Другая форма естественного отбора — *стабилизирующий отбор* — действует в постоянных условиях среды. На значение этой формы отбора указал выдающийся российский ученый И. И. Шмальгаузен. Стабилизирующий отбор направлен на поддержание ранее сложившегося среднего признака или свойства: размеров тела или отдельных его частей у животных, размеров и формы цветка у растений, концентрацию гормонов или глюкозы в крови у позвоночных и т. д. Стабилизирующий отбор со-

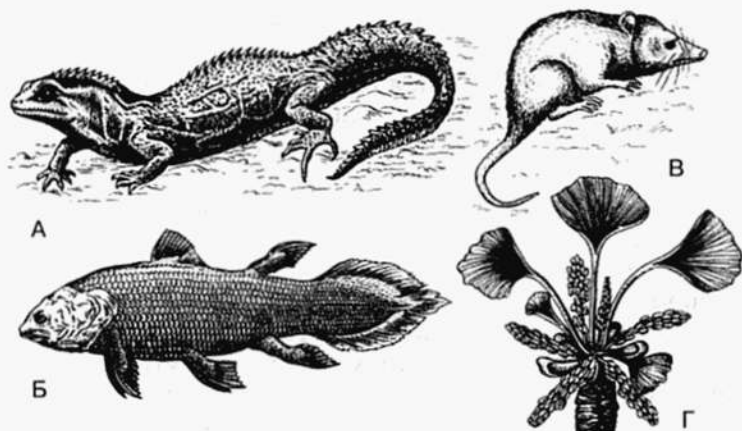


Рис. 1.7. Примеры реликтовых форм:

А — гаттерия, Б — латимерия, В — опоссум, Г — гинкго

храняет приспособленность вида, устраняя резкие отклонения выраженности признака от средней нормы. Так, у насекомоопыляемых растений размеры и форма цветков очень устойчивы. Объясняется это тем, что цветки должны соответствовать строению и размерам тела насекомых-опылителей. Шмель не способен проникнуть в слишком узкий венчик цветка, хоботок бабочки не сможет коснуться слишком коротких тычинок у растений с очень длинным венчиком. В обоих случаях цветки, не вполне соответствующие строению опылителей, не образуют семян. Следовательно, гены, обусловившие отклонение от нормы, устраняются из генофонда вида. Стабилизирующая форма естественного отбора *предохраняет сложившийся генотип от разрушающего действия мутационного процесса*. В относительно постоянных условиях внешней среды наибольшей приспособленностью обладают особи со средней выраженностью признаков, а резкие отклонения от средней нормы устраняются. Благодаря стабилизирующему отбору до наших дней сохранились «живые ископаемые»: кистеперая рыба латимерия, предки которой были широко распространены в палеозойскую эру; представитель древних рептилий гаттерия, внешне похожая на крупную ящерицу, но не утратившая черты строения пресмыкающихся мезозойской эры; реликтовый

таракан, мало изменившийся со времен каменноугольного периода; голосеменное растение гинкго, дающее представление о древних формах, вымерших в юрском периоде мезозойской эры (рис. 1.7). Изображенный на этом же рисунке североамериканский опоссум сохраняет облик, характерный для животных, живших десятки миллионов лет назад.

Половой отбор. Раздельнополые животные различаются по строению органов размножения. Однако нередко различие полов распространяется и на внешние признаки, поведение. Можно вспомнить яркий наряд из перьев у петуха, крупный гребень, шпоры на ногах, громкое пение. Очень красивы самцы фазанов по сравнению с гораздо более скромными курочками. Клыки верхних челюстей — бивни — особенно сильно разрастаются у самцов моржей. Многочисленные примеры внешних различий в строении полов носят название *полового диморфизма* и обусловлены их ролью в половом отборе. *Половой отбор* представляет собой конкуренцию самцов за возможность размножения. Этой цели служат пение, демонстративное поведение, ухаживание. Часто между самцами возникают драки (рис. 1.8). У птиц разбивка

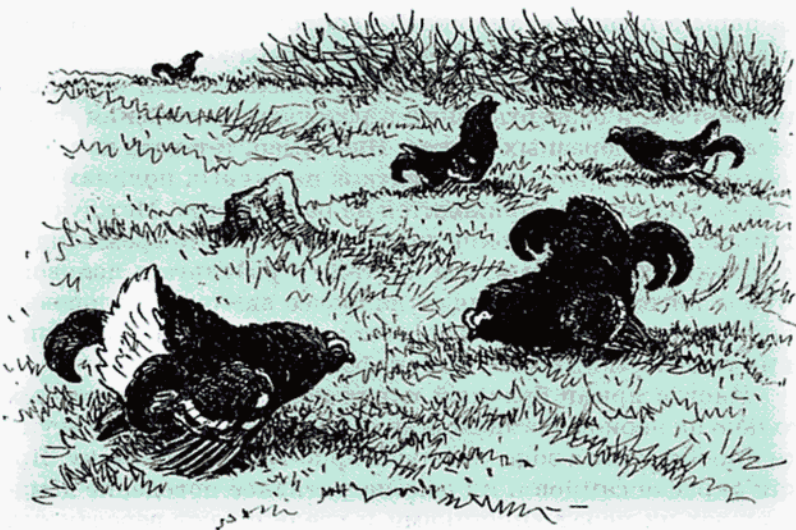


Рис. 1.8. Токующие тетерева



Рис. 1.9. Половой диморфизм в строении приматов:
А — самец носача, Б — самка носача

на пары в период размножения сопровождается брачными играми, или токованием. Токование выражается в том, что птица принимает характерное положение тела, в особых движениях, в разворачивании и раздувании оперения, в издании своеобразных звуков. Например, тетерева на токах собираются по несколько десятков на лесных полянах еще ночью. Разгар тока приходится на раннее утро. Между самцами возникают жестокие драки, а самки в это время сидят на опушках поляны или в кустах. В результате полового отбора потомство оставляют наиболее активные, здоровые и сильные самцы, остальные отстраняются от размножения и их генотипы исчезают из генофонда вида.

Иногда яркий брачный наряд появляется у животных только на период размножения. Самцы остромордой лягушки приобретают в воде красивую ярко-голубую окраску. Яркая окраска самцов и их демонстративное поведение демаскируют их перед хищниками и увеличивают вероятность гибели. Однако это выгодно для вида в целом, так как самки остаются в большей безопасности в период выведения потом-

ства. Связь между неброским внешним видом самок у птиц и заботой о потомстве хорошо видна на примере кулика-плавунчика, обитателя наших северных широт. У этих птиц яйца высиживает только самец. Самка же имеет гораздо более яркую окраску.

Половой диморфизм и половой отбор распространены в животном мире достаточно широко вплоть до приматов (рис. 1.9). Эту форму отбора следует рассматривать как частный случай *внутривидового естественного отбора*.

Опорные точки



1. Естественный отбор представляет собой единственный фактор, направленно изменяющий частоту генов в популяциях.
2. При изменении условий существования движущая форма естественного отбора вызывает дивергенцию, которая может в дальнейшем привести к появлению новых видов.

Вопросы для повторения и задания



1. Какие существуют формы естественного отбора?
2. В каких условиях внешней среды действует каждая форма естественного отбора?
3. В чем заключается причина появления у микроорганизмов, вредителей сельского хозяйства и других организмов устойчивости к ядохимикатам?
4. Что такое половой отбор?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

Вопросы для обсуждения



Как вы считаете, что является главной движущей силой процесса расхождения по признаку формы клюва у дарвиновых вьюрков?

Может ли один и тот же фактор среды в различных местах обитания быть причиной движущего и стабилизирующего отбора? Поясните ответ примерами.

1.4.6. Приспособленность организмов к условиям внешней среды как результат действия естественного отбора

Виды растений и животных удивительно приспособлены к условиям среды, в которых они обитают. Известно огромное количество самых разнообразных особенностей строения, обеспечивающих высокий уровень приспособленности вида к среде. В понятие «*приспособленность вида*» входят не только внешние признаки, но и соответствие строения внутренних органов выполняемым ими функциям, например длинный и сложно устроенный пищеварительный тракт животных, питающихся растительной пищей (жвачные). Соответствие физиологических функций организма условиям обитания, их сложность и разнообразие также входят в понятие приспособленности.

Приспособительные особенности строения, окраски тела и поведения животных. У животных приспособительной является форма тела. Хорошо известен облик водного млекопитающего дельфина. Его движения легки и точны. Самостоятельная скорость движения в воде достигает 40 км/ч. Нередко описывают случаи, как дельфины сопровождают быстроходные морские суда, например эсминцы, движущиеся со скоростью 65 км/ч. Объясняется это тем, что дельфины пристраиваются к носу судна и используют гидродинамическую силу волн, возникающих при движении корабля. Но это не их естественная скорость. Плотность воды в 800 раз выше плотности воздуха. Как дельфину удастся преодолеть ее? Помимо других особенностей строения идеальной приспособленности дельфина к среде обитания и образу жизни способствует форма тела. Торпедовидная форма тела позволяет избежать образования завихрения потоков воды, окружающих дельфина.

Обтекаемая форма тела способствует быстрому передвижению животных и в воздушной среде. Маховые и контурные перья, покрывающие тело птицы, полностью сглаживают его форму. Птицы лишены выступающих ушных раковин, в полете они обычно втягивают ноги. В результате птицы по скорости намного превосходят всех других животных. Например, сокол-сапсан пикирует на свою жертву со скоро-

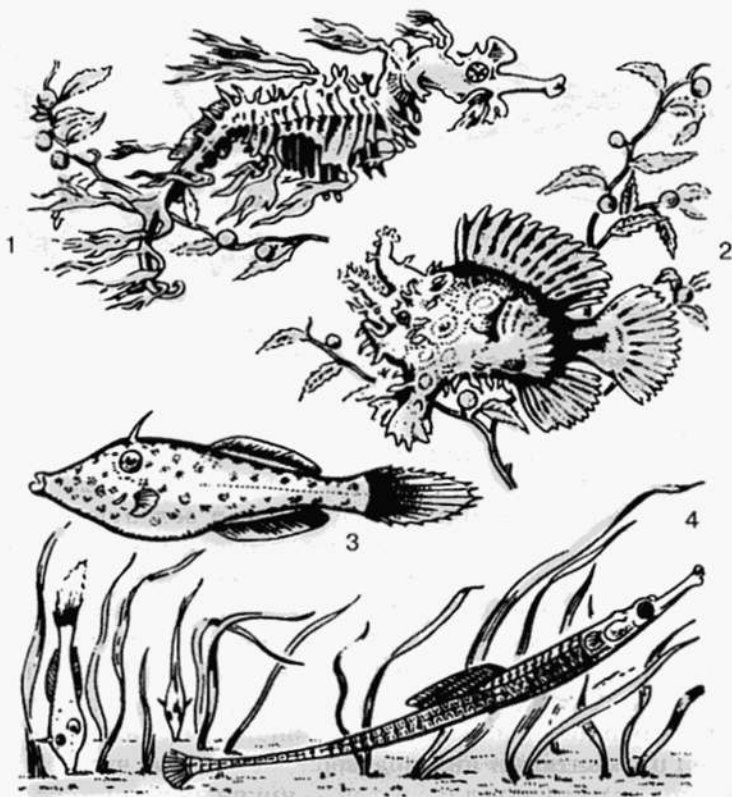


Рис. 1.10. Рыбы зарослей:

- 1 — морской конек-тряпичник, 2 — рыба-клоун,
3 — алятор, 4 — морская игла

стью до 290 км/ч. Птицы быстро двигаются даже в воде. Наблюдали антарктического пингвина, плывущего под водой со скоростью около 35 км/ч.

У животных, ведущих скрытный, затаивающийся образ жизни, полезными оказываются приспособления, придающие им сходство с предметами окружающей среды. Причудливая форма тела у рыб, обитающих в зарослях водорослей (рис. 1.10), помогает им успешно скрываться от врагов. Сходство с предметами среды обитания широко распространено у насекомых. Известны жуки, своим внешним видом



Рис. 1.11.

Палочник так похож на веточку, что почти незаметен

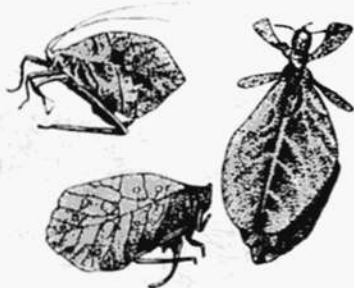


Рис. 1.12.

Насекомые, формой тела схожие с листьями

напоминающие лишайники; цикады, сходные с шипами тех кустарников, среди которых они живут. Насекомые-палочники похожи на небольшую бурую или зеленую веточку (рис. 1.11), а прямокрылые насекомые имитируют лист (рис. 1.12). Плоское тело имеют рыбы, ведущие придонный образ жизни. Средством защиты от врагов служит и *покровительственная окраска*. Птицы, насиживающие яйца на земле, сливаются с окружающим фоном (рис. 1.13). Мало-заметны и их яйца, имеющие пигментированную скорлупу, и вылупляющиеся из них птенцы (рис. 1.14). Защитный характер пигментации яиц подтверждается тем, что у видов, чьи яйца недоступны для врагов — крупных хищников, или у птиц, откладывающих яйца на скалах или закапывающих их в землю, покровительственная окраска скорлупы не развивается.

Покровительственная окраска широко распространена среди самых различных животных. Гусеницы бабочек часто зеленые, под цвет листьев, или темные, под цвет коры или земли. Донные рыбы обычно окрашены под цвет песчаного дна (скаты и камбалы). При этом камбалы способны еще менять окраску в зависимости от цвета окружающего фона (рис. 1.15). Способность менять окраску путем перераспределения пигмента в покровах тела известна и у наземных животных (хамелеон). Животные пустынь имеют, как правило, желто-бурую или песочно-желтую окраску. Однотонная покровительственная окраска свойственна как насеко-



Рис. 1.13. Гага на гнезде

мым (саранча) и мелким ящерицам, так и крупным копытным (антилопы) и хищникам (лев).

Если фон среды не остается постоянным в зависимости от сезона года, многие животные меняют окраску. Например, обитатели средних и высоких широт (песец, заяц, горноста́й, белая куропатка) зимой имеют белую окраску, что делает их незаметными на снегу.

Однако нередко у животных наблюдается не скрывающая окраска тела, а, напротив, привлекающая внимание, демаскирующая. Такая окраска свойственна ядовитым, обжигающим или жалящим насекомым: пчелам, осам, жукам-нарывникам. Божью коровку, очень заметную, птицы никогда не склевывают из-за выделяемого насекомым ядовитого секрета. Яркую предупреждающую окраску имеют несъедобные гу-



Рис. 1.14.
Покровительственная окраска яиц и птенцов птиц при выведении потомства на земле

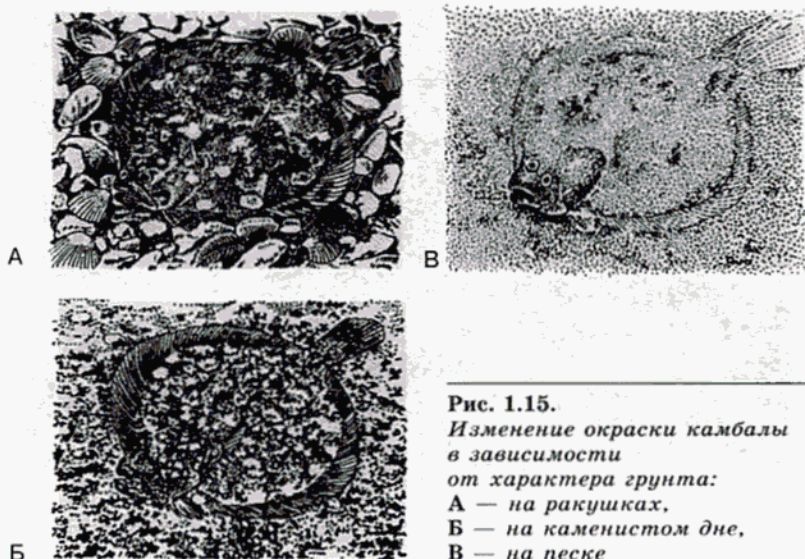


Рис. 1.15.
Изменение окраски камбалы
в зависимости
от характера грунта:
А — на ракушках,
Б — на каменистом дне,
В — на песке

сеницы, многие ядовитые змеи. Яркая окраска заранее предупреждает хищника о бесполезности и опасности нападения. Путем «проб и ошибок» хищники быстро приучаются избегать нападения на жертву с *предупреждающей окраской*.

Защитное действие покровительственной или предупреждающей окраски повышается при сочетании ее с соответствующим поведением. Например, выпь гнездится в камышах. В минуты опасности она вытягивает шею, поднимает вверх голову и замирает. В такой позе ее трудно обнаружить даже на близком расстоянии. Многие другие животные, не обладающие средствами активной защиты, в случае опасности принимают позу покоя и замирают (насекомые, рыбы, амфибии, птицы). Предостерегающая окраска у животных, наоборот, сочетается с демонстративным поведением, отпугивающим хищника.

Эффективность предостерегающей окраски явилась причиной очень интересного явления — подражания, или *мимикрии* (от греч. *mimikos* — подражательный). Мимикрией называется сходство беззащитного или съедобного вида с од-

ним или несколькими неродственными видами, хорошо защищенными и обладающими предостерегающей окраской. С божьей коровкой размерами, формой тела и распределением пигментных пятен очень сходен один из видов тараканов. Некоторые съедобные бабочки подражают формой тела и окраской ядовитым бабочкам, мухи — осам. Возникновение мимикрии связано с накоплением под контролем естественного отбора мелких удачных мутаций у съедобных видов в условиях их совместного обитания с несъедобными.

Понятно, что подражание одних видов другим оправдано: истреблению подвергается значительно меньшая часть особей и того вида, который послужил моделью, и вида-подражателя. Необходимо, однако, чтобы численность вида-подражателя была значительно меньше численности модели. В противном случае мимикрия не приносит пользы: у хищника не будет вырабатываться стойкий условный рефлекс на форму или окраску, которую следует избегать. Каким же образом численность вида-имитатора поддерживается на низком уровне? Оказалось, что генофонд этих видов насыщен летальными мутациями. В гомозиготном состоянии эти мутации вызывают гибель насекомых, в результате чего высокий процент особей не доживает до половозрелого состояния. Подражание окраски скорлупы яиц наблюдается в случае гнездового паразитизма у птиц. Обыкновенная кукушка, как известно, сама не насиживает яиц, а откладывает их в гнезда других видов. Яйца кукушки настолько похожи на яйца вида-хозяина, что самка не может различить их и насиживает вместе со своими (рис. 1.16).

Кроме защитной окраски, у животных и растений наблюдаются и другие средства защиты. У растений нередко образуются иглы и колючки, защищающие их от поедания травоядными животными (кактусы, шиповник, боярышник, облепиха и др.). Такую же роль играют ядовитые вещества, «обжигающие волоски», например у крапивы. Кристаллы щавелевокислого кальция, накапливающиеся в шипах некоторых растений, предохраняют их от поедания гусеницами, улитками и даже грызунами. Образования в виде твердого хитинового покрова у членистоногих (жуки, крабы),

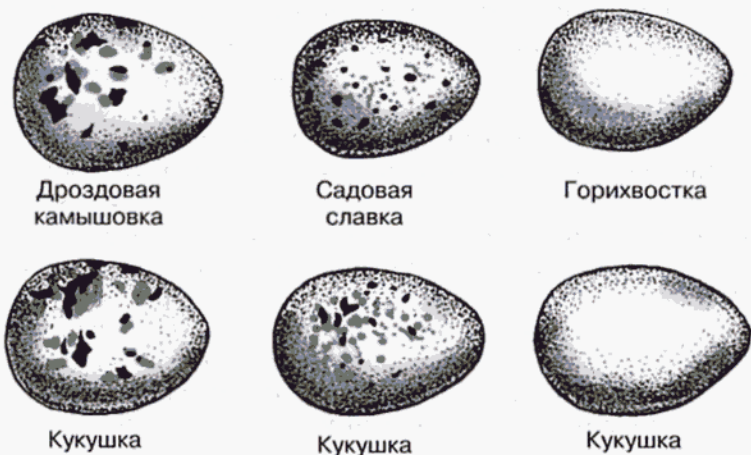


Рис. 1.16. Сходство окраски яиц у различных подвидов кукушки обыкновенной и птиц-хозяев

раковин у моллюсков, чешуи у крокодилов, панциря у броненосцев и черепах хорошо защищают их от многих врагов. Этому же служат иглы у ежа и дикобраза. Все эти приспособления могли появиться лишь в результате естественного отбора, т. е. преимущественного выживания более защищенных особей.

Для выживания организмов в борьбе за существование большое значение имеет *приспособительное поведение*. Помимо затаивания или демонстративного, отпугивающего поведения при приближении врага существует много других вариантов приспособительного поведения, обеспечивающего выживаемость взрослых особей или молоди. Сюда относится запасание корма на неблагоприятный сезон года. Особенно это относится к грызунам. Например, полевка-экономка, распространенная в таежной зоне, собирает зерна злаков, сухую траву, корешки — всего до 10 кг. Роющие грызуны (слепыши и др.) накапливают кусочки корней дуба, желуди, картофель, степной горошек — до 14 кг. Большая песчанка, живущая в пустынях Средней Азии, в начале лета срезает траву и затаскивает ее в норы или оставляет на

поверхности в виде стожков. Корм этот используется во второй половине лета, осенью и зимой. Речной бобр собирает обрубки деревьев, веток и пр., которые складывает в воду возле своего жилища. Склады эти могут достигать объема 20 м³. Запасы кормов делают и хищные животные. Норка и некоторые хорьки запасают лягушек, ужей, мелких зверьков и т. д.

Примером приспособительного поведения служит и время наибольшей активности. В пустынях многие животные выходят на охоту ночью, когда спадает зной.

Опорные точки



1. Вся организация любого вида живых организмов является приспособительной к тем условиям, в которых он обитает.
2. Приспособления организмов к среде обитания проявляются на всех уровнях организации: биохимическом, цитологическом, гистологическом и анатомическом.
3. Физиологические адаптации — пример отражения структурных особенностей организации в данных условиях существования.

Вопросы для повторения и задания



1. Приведите примеры приспособленности организмов к условиям существования.
2. Почему у некоторых видов животных наблюдается яркая демаскирующая окраска?
3. В чем сущность явления мимикрии?
4. Каким путем поддерживается низкая численность вида-подражателя?
5. Распространяется ли действие естественного отбора на поведение животных? Приведите примеры.

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».



Рис. 1.17.

Самец одного из видов
окунеобразных вынашивает
икру во рту



Рис. 1.18.

Самка сумчатой лягушки
вынашивает икру в сумке
на спине (сумка вскрыта)

Забота о потомстве. Особенно большое значение имеют приспособления, обеспечивающие защиту потомства от врагов. Забота о потомстве может проявляться в разной форме. Многие рыбы охраняют икру, откладываемую между камнями, активно отгоняя и кусая приближающихся возможных врагов. Азовские и каспийские бычки откладывают икру в ямки, вырытые в грунте на дне, и затем охраняют ее в течение всего развития. Самец колюшки строит гнездо с выходом и входом. Некоторые американские сомы прилепляют икру на брюхо и носят ее на себе все время развития. Многие рыбы вынашивают икру во рту (рис. 1.17) или даже в желудке. В это время родитель ничего не ест. Вылупившиеся мальки некоторое время держатся вблизи самки (или самца, в зависимости от вида) и при опасности прячутся в рот матери. Существуют виды лягушек, у которых икринки развиваются в специальной выводковой сумке на спине (рис. 1.18) или в голосовых мешках самца.

Наибольшая безопасность потомства достигается, очевидно, тогда, когда зародыши развиваются в теле матери (рис. 1.19). Плодовитость в этих случаях (как и при других формах заботы о потомстве) снижается, однако это компенсируется возрастанием выживаемости молоди.

У членистоногих и низших позвоночных образующиеся личинки ведут самостоятельный образ жизни и не зависят от родителей. Но в некоторых случаях забота родителей о потомках проявляется в форме обеспечения их пищей. Знаменитый французский естествоиспытатель Ж. А. Фабр впервые описал такое поведение у одиночных ос. Осы нападают на жуков, пауков, сверчков, богомолов, гусениц различных бабочек, обездвиживают их, погружая жало

точно в нервные узлы (рис. 1.20), и откладывают на них яйца.

Вылупляющиеся личинки ос обеспечены пищей: они питаются тканями живой жертвы, растут и затем окукливаются.

Описанные примеры заботы о потомстве у членистоногих и низших позвоночных встречаются у очень небольшого числа видов. В большинстве случаев оплодотворенные яйца оставляются на произвол судьбы. Именно этим объясняется очень высокая плодовитость беспозвоночных и низших позвоночных животных. Большое число потомков в условиях высокой истребляемости молоди служит средством борьбы за существование вида.

Значительно более сложные и многообразные формы заботы о потомстве наблюдаются у высших позвоночных. Сложные *инстинкты* и способность к индивидуальному обучению позволяют им со значительно большим успехом выращивать потомство. Так, птицы откладывают оплодотворенные яйца в специальные сооружения — *гнезда*, а не просто в наружную среду, как поступают все виды нижестоящих классов. Яйца развиваются под влиянием тепла, сообщаемого им телом родителей, и не зависят от случайностей погоды. Гнездо родители защищают от врагов теми или иными способами. Выведшихся птенцов не оставляют на произвол судьбы, а длительное время выкармливают и охраняют их. Все это резко повышает эффективность размножения у птиц.

Наивысшей степени развития достигают формы поведения у млекопитающих животных. Это проявляется и в отношении к детенышам. Посмотрите, как нежно прижимает к своему телу детеныша самка енота-полоскуна (рис. 1.21). Звери не только кормят свое потомство, но и обучают ловить добычу. Еще Дарвин отмечал, что хищные звери учат своих детенышей избегать опасностей, в том числе охотников.

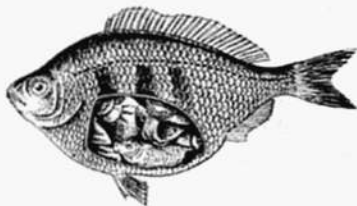


Рис. 1.19. Живородка



Рис. 1.20.

Одиночная оса ординера тащит в свое гнездо парализованного, но живого кузнечика: будущая личинка обеспечена пищей



Рис. 1.21.

Материнский инстинкт у енота-полоскуна

Таким образом, особи с более совершенными формами заботы о потомстве выживают в большем числе и передают эти черты далее по наследству.

Физиологические адаптации. Соответствующая форма и окраска тела, целесообразное поведение обеспечивают успех в борьбе за существование только тогда, когда эти признаки сочетаются с приспособленностью процессов жизнедеятельности к условиям обитания, т. е. физиологическими адаптациями. Без таких адаптаций невозможно поддержание устойчивого обмена веществ в организме в постоянно колеблющихся условиях внешней среды. Приведем некоторые примеры.

У наземных амфибий большое количество воды теряется через кожу. Однако многие их виды проникают даже в пустыни и полупустыни. Выживание амфибий в условиях недостатка влаги в этих местообитаниях обеспечивается целым рядом приспособлений. У них меняется характер активности: она приурочивается к периодам повышенной

влажности. В умеренной зоне жабы и лягушки активны ночью и после выпадения дождей. В пустынях лягушки охотятся только ночью, когда влага конденсируется на почве и на растительности, а днем укрываются в норах грызунов. У пустынных видов амфибий, размножающихся во временных водоемах, личинки развиваются очень быстро и в сжатые сроки совершают метаморфоз.

Разнообразные физиологические адаптации к жизни в неблагоприятных условиях выработали птицы и млекопитающие. Многие пустынные животные перед наступлением засушливого сезона накапливают много жира: при его окислении образуется большое количество воды. Птицы и млекопитающие способны регулировать потери воды с поверхности дыхательных путей. Например, верблюд при лишении воды резко сокращает испарение как с дыхательных путей, так и через потовые железы.

У человека плохо регулируется солевой обмен, и поэтому он не может долго обходиться без пресной воды. Но рептилии и птицы, проводящие большую часть жизни в морских просторах и пьющие морскую воду, приобрели специальные железы, позволяющие им быстро избавляться от избытка солей.

Очень интересны приспособления, развивающиеся у ныряющих животных. Многие из них могут сравнительно долго обходиться без доступа кислорода. Например, тюлени ныряют на глубину 100—200 и даже 600 м и находятся под водой 40—60 мин. Что позволяет ластоногим нырять на столь длительный срок? Это прежде всего большое количество особого пигмента, находящегося в мышцах, — миоглобина. Миоглобин способен в 10 раз больше связывать кислород, чем гемоглобин. Кроме того, в воде целый ряд приспособлений обеспечивает гораздо более экономное расходование кислорода, чем при дыхании на поверхности.

Путем естественного отбора возникают и совершенствуются приспособления, облегчающие поиск пищи или партнера для размножения. Поразительно чувствительны органы химического чувства насекомых. Самцов непарного шелкопряда привлекает запах ароматической железы самки с расстояния 3 км. У некоторых бабочек чувствительность рецеп-

торов вкуса в 1000 раз превосходит чувствительность рецепторов человеческого языка. Ночные хищники, например совы, превосходно видят в условиях слабого освещения. У некоторых змей хорошо развита способность к термолोकации. Они различают на расстоянии объекты, если разница их температур составляет всего 0,2 °С. Многие животные прекрасно ориентируются в пространстве с помощью эхолокации (летучие мыши, совы, дельфины).

Относительный характер приспособленности организмов. Строение живых организмов очень тонко приспособлено к условиям существования. Любой видовой признак или свойство носят приспособительный характер, *целесообразный в данной среде*, в данных жизненных условиях. Так, все особенности строения и поведения кошки целесообразны для хищника, подстерегающего добычу в засаде: мягкие подушечки на пальцах и втягивающиеся когти, делающие походку бесшумной, огромный зрачок и высокая чувствительность сетчатки, позволяющие видеть в темноте, тонкий слух и подвижные ушные раковины, дающие возможность точно определять местонахождение жертвы, способность длительное время выжидать появление добычи и совершать молниеносный прыжок, острые зубы, удерживающие и разрывающие жертву. Точно так же организация насекомоядных растений приспособлена к ловле и перевариванию насекомых и даже мелких позвоночных (венерина мухоловка, см. рис. 6.24).

Приспособления не появляются в готовом виде, а представляют результат отбора случайных наследственных изменений, повышающих жизнеспособность организмов в конкретных условиях.

Ни один из приспособительных признаков не обеспечивает абсолютной безопасности для их обладателей. Благодаря мимикрии большинство птиц не трогает ос и пчел, однако есть среди них виды, которые едят и ос, и пчел, и их подражателей. Еж и птица-секретарь без вреда поедают змей. Панцирь наземных черепах надежно защищает их от врагов, но хищные птицы поднимают их в воздух и разбивают о землю.

Любые приспособления целесообразны только в обычной для вида обстановке. При изменении условий среды они

оказываются бесполезными или вредными для организма. Постоянный рост резцов грызунов — очень важная особенность, но лишь при питании твердой пищей. Если крысу держать на мягкой пище, резцы, не изнашиваясь, вырастают до таких размеров, что питание становится невозможным.

Таким образом, любая структура и любая функция являются приспособлением к внешней среде. Эволюционные изменения — образование новых популяций и видов, возникновение или исчезновение органов, усложнение организации — обусловлены развитием приспособлений (адаптаций). Целесообразность живой природы — результат исторического развития видов в определенных условиях, поэтому она всегда относительна и имеет временный характер.

Опорные точки



1. Забота о потомстве возникает как способ обеспечения выживания вида на фоне высокой степени развития нервной системы и является одной из форм физиологических адаптаций.
2. Любые приспособления, в том числе и обусловленные поведенческими реакциями, относительно и целесообразны только в конкретных условиях существования.

Вопросы для повторения и задания



1. Почему у видов животных, заботящихся о потомстве, число потомков уменьшается? Приведите примеры.
2. В чем заключается относительный характер приспособительных признаков у организмов? Приведите примеры, характерные для растений и животных.

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

1.4.7. Видообразование как результат микроэволюции

Приобретение приспособлений отдельными группами организмов может при определенных условиях привести к образованию новых видов. Новый вид может возникнуть из одной популяции или группы смежных популяций, расположенных на периферии ареала вида. Такое видообразование, связанное с пространственной изоляцией, называется *аллопатрическим* (от греч. *allos* — другой, иной и *patris* — родина) или географическим. В других случаях новый вид может возникнуть внутри ареала исходного вида, как бы внутри вида — *симпатрическое* видообразование (от греч. *syn* — вместе и *patris* — родина), или экологическое.

Аллопатрическое видообразование. При географическом видообразовании новые виды могут возникать вследствие разделения ареала широко распространенного родительского вида. Примером такого процесса служит возникновение родственных видов ландыша. Исходный вид несколько миллионов лет назад был широко распространен в широколиственных лесах Евразии. В четвертичный период в связи с сокращением их площади единый ареал вида был разорван на несколько самостоятельных частей: ландыш сохранился лишь на территориях, избежавших оледенения (на Дальнем Востоке, в Закавказье, Южной Европе). К настоящему времени ландыш, переживший оледенение на юге Европы, вторично широко распространился по всей лесной зоне, образовав новый вид, более крупный, с широким венчиком, а на Дальнем Востоке — вид с красными черешками и восковым налетом на листьях.

Аллопатрическое видообразование всегда протекает сравнительно медленно, на протяжении сотен тысяч поколений. Именно за такие длительные промежутки времени в изолированных частях ареала вида вырабатываются те биологические особенности, которые приводят к репродуктивной самостоятельности и изоляции даже при разрушении первичной изолирующей преграды.

Симпатрическое видообразование. Симпатрическое видообразование может протекать несколькими способами. Один из них — возникновение новых видов при быстром

изменении кариотипа путем *полиплоидизации*. Известны группы близких видов, обычно растений, с кратным числом хромосом. Так, в роде хризантем все виды имеют число хромосом, кратное 9: 18, 27, 36, 45, ..., 90. В родах табака и картофеля основное, исходное количество хромосом в кариотипе — 12, но имеются виды с 24, 48, 72 хромосомами. В таких случаях можно предположить, что видообразование шло путем полиплоидизации основного хромосомного набора предковой группы. Подобные процессы хорошо воспроизводятся в эксперименте задержкой расхождения хромосом в мейозе, воздействием специальных веществ, разрушающих нити веретена деления во время метафазы, например колхицином.

Другой способ симпатрического видообразования — *гибридизация* с последующим удвоением числа хромосом. Сейчас известно немало видов, гибридогенное происхождение и характер генома которых может считаться экспериментально доказанным. Например, культурная слива с $2n=48$ возникла путем гибридизации терна ($2n=16$) с алычой ($2n=8$) с последующим удвоением числа хромосом.

Третий способ симпатрического видообразования — возникновение репродуктивной изоляции особей внутри первоначально единой популяции в результате фрагментации или слияния хромосом и других *хромосомных перестроек*. Этот способ распространен как у растений, так и у животных (например, среди плодовых мушек рода *Дрозофила*).

Особенностью симпатрического пути видообразования является то, что он приводит к возникновению новых видов, всегда морфологически близких к исходному виду. Лишь в случае гибридогенного возникновения видов появляется новая видовая форма, отличная от каждой из родительских.

Summary



According to Ch. Darwin's theory, general individual variation and amount of offsprings are the basis of evolutionary transformations. Natural selection occurs due to the struggle for existence and interactions between the organisms of one and different species,

and under the influence of environmental factors at certain stages of ontogenesis. Types of natural selection vary in different environmental conditions, although in all cases it results in survival of the most adapted forms.

Опорные точки



1. Возникновение новых видов происходит в результате действия естественного отбора.
2. При географическом видообразовании новые виды возникают на краях ареала исходного вида, где популяции подвергаются различному направлению давления отбора.
3. Симпатрическое видообразование связано, как правило, с крупными хромосомными перестройками.

Вопросы для повторения и задания



1. Что такое физиологические адаптации?
2. Приведите примеры функциональных приспособительных изменений.
3. Каким образом осуществляется приспособление к отсутствию воды у обитателей пустынь?
4. Как возникают физиологические адаптации и что лежит в их основе?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

Терминология



Каждому термину, указанному в левой колонке, подберите соответствующее ему определение, приведенное в правой колонке на русском и английском языках.

Select the correct definition for every term in the left column from English and Russian variants listed in the right column.

**1. Борьба
за существование
Struggle
for existence**

А. Результат борьбы за существование, выражающийся в преимущественном выживании и оставлении потомства наиболее приспособленными особями каждого вида и гибели менее приспособленных.
The result of the struggle for existence, expressed in advantageous survival and reproduction of the most adapted individuals in every species and elimination of less adapted ones.

**2. Естественный
отбор
Natural selection**

Б. Подбор полового партнера по совокупности внешних признаков и поведенческим реакциям у наземных млекопитающих.
Selection of a mate according to the complex of external behavioural features in terrestrial mammals.

**3.* Дрейф генов
Genetic drift**

В. Совокупность рецессивных мутаций в генофонде вида.
A complex of recessive mutations in a species genofond.

**4. Покровитель-
ственная окраска
Protective
coloration**

Г. Генетико-автоматические процессы, приводящие к изменению частоты генов в популяции в ряду поколений под действием случайных факторов.
Genetic processes that are independent from environmental factors and lead to changes in gene frequency within the population in the row of generations under the influence of occasional factors.

**5. Резерв
наследственной
изменчивости
The reserve
of hereditary
variability**

Д. Понятие, включающее все внутривидовые и межвидовые отношения, а также взаимоотношения организмов с абиотическими факторами, что в сумме вызывает прямое или косвенное соревнование между организмами.

A notion, that includes all the inter- and intraspecific interactions, as well as the interrelations between organisms and environmental factors, leading to direct or indirect competition for survival between species.

6. Половой отбор
Sexual selection

Е. Любая окраска покровов тела, обеспечивающая ее обладателям преимущества в борьбе за существование.
Any colour type of a body, ensuring the advantages of its possessor in the struggle for existence.

Вопросы для обсуждения



Почему в природе существует естественный отбор?

Каким путем осуществляется дивергенция видов?

Что служит движущей силой изменения видов?

Что является материалом для естественного отбора?

Обзор изученного материала главы 1

Основные положения

Под эволюцией живого мира понимают закономерный процесс исторического развития живой природы с момента самого возникновения жизни на нашей планете до настоящего времени.

Ученые предполагают, что в современной фауне и флоре представлены около 4,5 млн видов организмов. Кроме того, подсчеты показали, что за всю историю Земли на ней обитало не меньше 1 млрд видов живых организмов.

Первая попытка систематизировать и обобщить накопленные знания о растениях и животных и их жизнедеятельности была осуществлена Аристотелем.

На протяжении XVI—XVII вв. велась работа по описанию животных и растений, их систематизации. Большой вклад в создание системы природы внес выдающийся шведский естествоиспытатель Карл Линней.

Естественная система отражает происхождение животных и растений и основана на их родстве и сходстве по совокупности существенных черт строения.

Ученым, создавшим первую эволюционную теорию, был выдающийся французский естествоиспытатель Ж.-Б. Ламарк.

В основу эволюционной теории Ламарка положено представление о развитии, постепенном и медленном, от простого к сложному, и о роли внешней среды в преобразовании организмов. Таким образом, в анализ биологических явлений Ламарк включает два новых фактора. Это, во-первых, стремление организмов к совершенствованию, и, во-вторых, прямое влияние внешней среды и наследование признаков, приобретенных в течение жизни организма.

Изучение методов селекции позволило Дарвину сформулировать принцип искусственного отбора, с помощью которого можно объяснить не только причину совершенствования форм, но и их многообразие.

Дарвин показал, что у представителей диких видов животных и растений индивидуальная изменчивость представлена очень широко.

Дарвин пришел к выводу о том, что в природе любой вид животных и растений стремится к размножению в геометрической прогрессии. В то же время число взрослых особей каждого вида остается относительно постоянным. Следовательно, в природе происходит непрерывная борьба за существование.

Дарвин выделил три основные формы борьбы за существование: межвидовую, внутривидовую и борьбу с неблагоприятными условиями среды.

В природе происходят процессы избирательного уничтожения одних особей и преимущественного размножения других — явление, названное Дарвином естественным отбором, или выживанием наиболее приспособленных.

Видом называется совокупность особей, сходных по строению, имеющих общее происхождение, свободно скрещиваю-

щихся между собой и дающих плодовитое потомство. Все особи одного вида имеют одинаковый кариотип, сходное поведение и занимают определенный ареал.

Популяция — это совокупность особей данного вида, занимающих определенный участок территории внутри ареала вида, свободно скрещивающихся между собой и частично или полностью изолированных от других популяций.

Мутационный процесс — постоянно действующий источник наследственной изменчивости, источник резерва наследственной изменчивости популяций.

В популяциях происходит ряд процессов, которые приводят к ненаправленному случайному изменению частоты генов.

Факторами естественного отбора служат условия внешней среды; в зависимости от этих условий отбор действует в разных направлениях и приводит к неодинаковым эволюционным результатам. Различают несколько форм естественного отбора.

В понятие «приспособленность вида» входят не только внешние признаки, но и соответствие строения внутренних органов выполняемым ими функциям.

Приобретение приспособлений отдельными группами организмов может при определенных условиях привести к образованию новых видов.

Проблемные области

Почему естественный отбор называют движущей силой эволюции?

К какому состоянию приводит популяцию длительно действующий стабилизирующий отбор?

Почему понятие «адаптация» относят не только к отдельно взятой особи, но и к популяции или виду в целом?

Прикладные аспекты

Приведите примеры различных приспособлений у растений и животных на разных уровнях организации.

**Какую роль играет изоляция в процессе видообразования?
Как это можно использовать в селекционной практике?**

К каким эволюционно значимым результатам приводит процесс видообразования?

Задания

Расскажите о критериях вида. Какие критерии вида вы считаете наиболее важными для их определения?

Опишите генетические механизмы, лежащие в основе видообразования.

Приведите примеры симпатрического и аллопатрического видообразования. Какие примеры свидетельствуют об их реальном существовании?

Макроэволюция. Биологические последствия приобретения приспособлений

...В принципе анализ процессов макроэволюции может быть проведен, исходя из понятия микроэволюции.

А. В. Яблоков, А. Г. Юсуфов

После знакомства с микроэволюционными процессами, приводящими к возникновению новых видов, рассмотрим основные эволюционные явления на надвидовом — макроэволюционном уровне. Огромны масштабы макроэволюционных преобразований живой природы, возникновение крупных систематических групп — типов, классов, отрядов — охватывает десятки миллионов лет.

Приобретение популяциями и видами разнообразных приспособлений способствует не только выживанию их в какой-то определенной среде. Новые признаки и свойства могут стать причиной освоения популяцией новых мест обитания, новых источников питания и т. д. В этом случае конкуренция с родственными организмами резко ослаблена или отсутствует. Это приводит к вспышке размножения и широкому расселению вида, что в свою очередь способствует формированию многочисленных популяций, каждая из которых оказывается в несколько различных условиях и подвергается неодинаково направленному действию отбора.

Генетическое разнообразие популяций служит основой для формирования новых, иногда многочисленных близкородственных видов. Показатель хорошей приспособленности группы организмов — ее высокая численность, широкий ареал и большое количество подчиненных систематических групп. Систематическая группа (вид, род, семейство и т. д.) находится в состоянии процветания, или биологического прогресса, если в нее входит значительное число дочерних форм. Например, внутри отряда всегда есть семейства, очень многочисленные по числу входящих в них родов. Внутри семейства отдельные роды отличаются по числу входящих в них видов.

Таким образом, биологический прогресс представляет собой результат успеха в борьбе за существование.

Отсутствие необходимого уровня приспособленности приводит к биологическому регрессу — уменьшению численности, сокращению ареала, снижению числа систематических групп более низкого ранга. Биологический регресс чреват опасностью вымирания. Например, вследствие усиленного отстрела резко сократилась численность и сузился ареал распространения соболя. На грани вымирания находится уссурийский тигр.

Эволюция крупных систематических групп (надвидового ранга) носит название макроэволюции.

2.1. Пути достижения биологического прогресса (главные направления прогрессивной эволюции)

Ч. Дарвин считал, что естественный отбор не обязательно ведет к повышению организации. Адаптации, благоприятные для выживания популяции, могут быть направлены на специализацию (приобретение приспособлений для освоения новых мест обитания или новых источников питания), в результате которой группа организмов устраняется от конкуренции. Приобретение специальных приспособлений к ограниченным условиям среды не меняет уровня организации, но способствует процветанию вида. В некоторых случаях оказывается выгодным переход к сидячему образу жизни, пассивному питанию или паразитизму. Такие адаптации, как правило, ведут к упрощению организации, утрате органов активной жизни.

В соответствии с разнообразными преобразованиями строения организмов в процессе эволюции выделяют три главных направления, каждое из которых ведет к биологическому прогрессу: 1) *арогенез* (морфофизиологический прогресс), 2) *аллогенез*, 3) *катагенез*, или общую дегенерацию. Эти направления выявил и описал А. Н. Северцов.

2.1.1. Арогенез

Арогенез (от греч. *aíro* — поднимаю и *genesis* — развитие), или морфофизиологический прогресс, — эволюционное направление, сопровождающееся приобретением крупных изменений строения — ароморфозов. *Ароморфоз* (от греч. *aíro* — поднимаю, *morphe* — образец, форма) означает усложнение организации, поднятие ее на более высокий уровень. Изменения в строении животных в результате возникновения ароморфозов не являются приспособлениями к каким-либо специальным условиям среды, они носят общий характер и дают возможность расширить использование условий внешней среды (новые источники пищи, новые места обитания).

Ароморфозы обеспечивают переход от пассивного питания к активному (появление челюстей у позвоночных),

повышают подвижность животных (появление скелета как места прикрепления мышц, замена пластов гладкой мускулатуры у червей на пучки поперечнополосатой у членистоногих), дыхательную функцию (возникновение жабр и легких), снабжение тканей кислородом (появление сердца у рыб и разделение артериального и венозного кровотока у птиц и млекопитающих). Все эти изменения, не будучи частными приспособлениями к конкретным условиям среды, повышают интенсивность жизнедеятельности животных, уменьшают их зависимость от условий существования. Общая черта ароморфозов заключается в том, что они сохраняются при дальнейшей эволюции и приводят к возникновению новых крупных систематических групп — классов, типов, некоторых отрядов (у млекопитающих).

2.1.2. Аллогенез

Аллогенез (от греч. *allos* — иной, другой и *genesis* — развитие) — эволюционное направление, сопровождающееся приобретением идиоадаптаций, или алломорфозов). *Идиоадаптация* (от греч. *idios* — особенность и лат. *adaptatio* — приспособление) — приспособление к специальным условиям среды, полезное в борьбе за существование, но не изменяющее уровня организации. Поскольку каждый вид организмов обитает в определенных местах, у него вырабатываются приспособления именно к этим условиям. К идиоадаптациям относятся покровительственная окраска животных, колючки растений, плоская форма тела скатов и камбалы. В зависимости от условий обитания и образа жизни многочисленным преобразованиям подвергается пятипалая конечность млекопитающих. На рисунке 2.1 рассмотрите, как разнообразны формы конечности одного отряда насекомых: прыгунчика, роющего крота, хорошо плавающей выхухоли, питающейся под водой. Точно так же различия внешнего вида и деталей строения животных, относящихся к отряду парнокопытных (рис. 2.2), вызваны неодинаковыми условиями их существования.

После возникновения ароморфозов и особенно при выходе группы животных в новую среду обитания начинается приспособление отдельных популяций к условиям существования именно путем приобретения идиоадаптаций. Так,

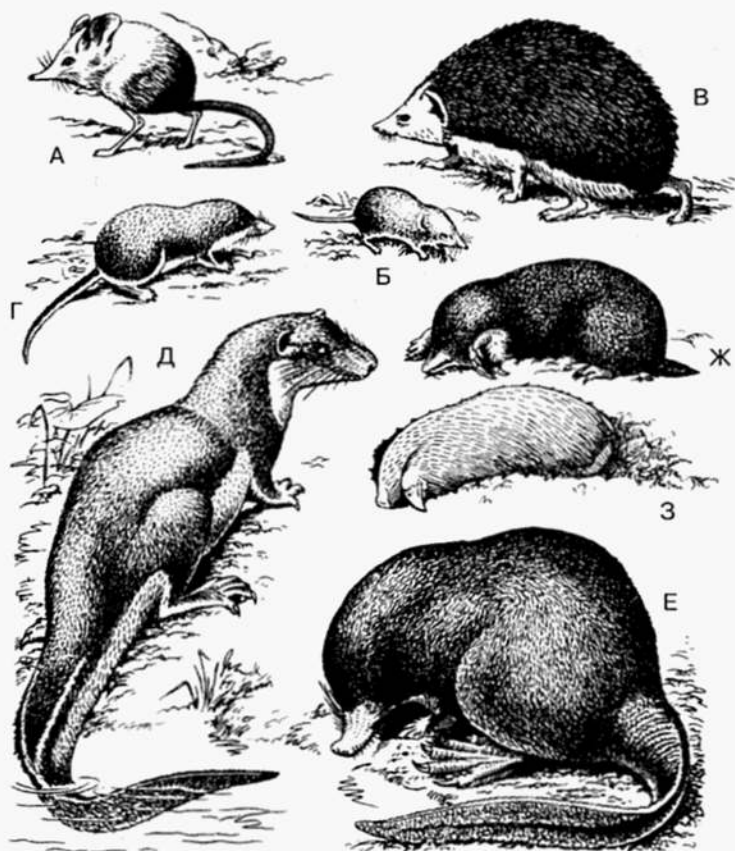


Рис. 2.1. Экологическая дифференциация (идеоадаптация) в отряде насекомоядных млекопитающих. Наземные формы: А — прыгунчик, Б — землеройка, В — еж; земноводные формы: Г — кутора, Д — выдровая землеройка, Е — выхухоль; роющие формы: Ж — крот, З — златокрот

класс птиц в процессе расселения по суше дал громадное разнообразие форм. Рассматривая строение колибри, воробьев, канареек, орлов, чаек, попугаев, пеликанов, пингвинов и т. д., можно прийти к выводу, что все различия между ними сводятся к частным приспособлениям, хотя основные черты строения у всех птиц одинаковы.

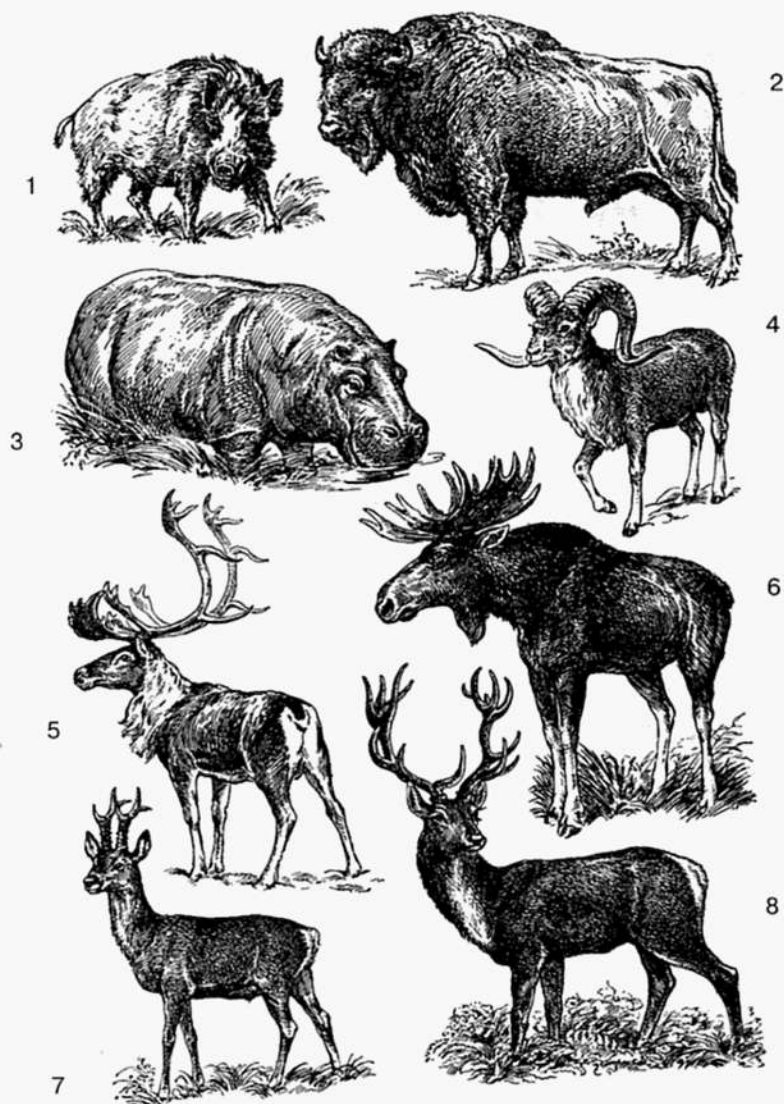


Рис 2.2. Экологическая дифференциация (идиоадаптация) в отряде парнокопытных млекопитающих:
1 — кабан, 2 — зубр, 3 — бегемот, 4 — баран аргали,
5 — северный олень, 6 — лось, 7 — косуля,
8 — европейский олень



Рис. 2.3.
Хамелеон.
Пример узкого
приспособления
к обитанию
на ветвях деревьев

Крайняя степень приспособления к очень ограниченным условиям существования носит название *специализации*. Переход к питанию только одним видом пищи, обитание в очень однородной и постоянной среде (например, в пещерах) приводит к тому, что вне этих условий организмы жить не могут. Таковы колибри, питающиеся только нектаром тропических цветков, муравьеды, специализация которых тоже обусловлена ограниченным родом пищи, хамелеоны, приспособленные к обитанию на тонких ветвях деревьев (рис. 2.3).

Специализация подавляет эволюционные возможности группы и при быстром изменении условий среды приводит к вымиранию.

2.1.3. Катагенез

Биологическое процветание достигается и упрощением организации. **Катагенез** (от греч. kata — движение вниз и genesis — развитие) — эволюционное направление, сопровождающееся упрощением организации. Упрощение организации — *морфологический регресс* — ведет к исчезновению органов активной жизни и носит название *дегенерации*. Общая дегенерация как путь биологического прогресса наблюдается у многих форм и связана главным образом с переходом к паразитическому или сидячему образу жизни. Виды, перешедшие к паразитизму, резко отличаются от свободноживущих видов. У растений-паразитов атрофируются корни, листья. Нередко утрачивается способность к фотосинтезу, и такое растение целиком существует за счет хо-

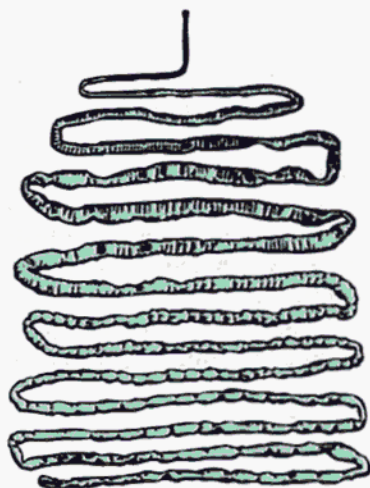


Рис. 2.4.
Общий вид бычьего
цепня

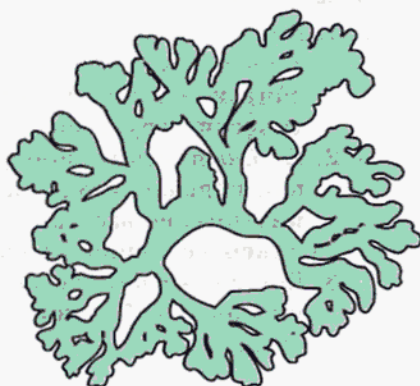


Рис. 2.5.
Общий вид самки одного из видов
паразитических ракообразных

зяина. У животных, например ленточных червей (рис. 2.4), редуцируются органы чувств, пищеварительная система, упрощается строение нервной системы. Взамен у них развиваются различные частные приспособления — присоски, прицепки, способствующие удержанию в кишечнике хозяина. Наиболее прогрессивного развития у паразитов достигает половая система. На рисунке 2.5 изображена самка одного из паразитических ракообразных, полностью утратившая признаки членистоногих и выполняющая только одну функцию — образование яиц. Плодовитость паразитов чрезвычайно велика. Бычий цепень, паразитирующий в кишечнике человека, за свою жизнь (18—20 лет) производит около 11 млрд яиц. Защищенность телом хозяина и высокая плодовитость обеспечивают их широкое распространение и биологическое процветание.

Переход к сидячему образу жизни и пассивному питанию (например, асцидия) сопровождается упрощением организации и устранением от конкуренции с другими видами, что также ведет к сохранению вида.

Опорные точки



1. Биологическое состояние группы организмов характеризуется: численностью особей, шириной ареала обитания и количеством входящих в нее систематических групп более низкого ранга.
 2. Биологический прогресс может сопровождаться как повышением, так и понижением уровня организации, но всегда характеризует высокую степень приспособленности организмов.
 3. Биологический регресс отражает снижение уровня приспособленности к существующим условиям среды.
-

Вопросы для повторения и задания



1. Что такое биологический прогресс?
 2. Какие существуют основные направления эволюции организмов?
 3. Какое направление биологической эволюции поднимает группу организмов на более высокую ступень организации?
 4. Приведите примеры ароморфозов.
 5. Что такое идиоадаптация?
 6. Как изменяется строение организмов при переходе к паразитизму?
-

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

2.2. Основные закономерности биологической эволюции

Морфофункциональные особенности живых организмов определяются двумя факторами: физиологическими потребностями и конкретными условиями среды обитания. При

всем разнообразии частных особенностей строения и приспособлений организмов к внешней среде можно выделить некоторые общие закономерности эволюционного процесса.

2.2.1. Закономерности эволюционного процесса

Данные систематики, палеонтологии, сравнительной анатомии и других биологических дисциплин дают возможность с большой точностью восстановить ход эволюционного процесса на надвидовом уровне. Среди форм эволюции групп живых организмов можно выделить: дивергенцию, конвергенцию и параллелизм.

Дивергенция. Появление новых форм всегда связано с приспособлением к местным географическим и экологическим условиям существования. Так, класс млекопитающих состоит из многочисленных отрядов, представители которых отличаются родом потребляемой пищи, особенностями мест обитания, т. е. условиями существования (насекомоядные, рукокрылые, хищные, парнокопытные, китообразные и т. д.). Каждый из этих отрядов включает подотряды и семейства, которые, в свою очередь, характеризуются не только специфическими морфологическими признаками, но и экологическими особенностями (формы бегающие, скачущие, лазающие, роющие, плавающие). Внутри любого семейства виды и роды различаются образом жизни, объектами питания и т. п. Как указывал Дарвин, в основе всего эволюционного процесса лежит дивергенция. Дивергировать могут не только виды, но и роды, семейства, отряды. *Дивергенция любого масштаба есть результат действия естественного отбора в форме группового отбора* (сохраняются или устраняются виды, роды, семейства и т. д.). Групповой отбор также основан на индивидуальном отборе внутри популяции. Вымирание вида происходит за счет гибели отдельных особей.

Своеобразие морфологических особенностей организмов, приобретаемых в процессе дивергенции, имеет некоторую единую основу в виде генофонда родственных форм. Конечно, всех млекопитающих хотя и отличаются друг от друга, но имеют единый план строения и представляют собой



Рис. 2.6.
Лазающая агама.
Внешнее сходство
с хамелеоном обусловлено
сходной средой обитания

пятипалую конечность. Поэтому органы, соответствующие друг другу по строению и имеющие общее происхождение независимо от выполняемой ими функции, называют *гомологичными*. Примерами гомологичных органов у растений являются усики у гороха, иглы барбариса, колючки кактуса — все это видоизмененные листья. Корневище ландыша, клубни картофеля, луковица репчатого лука (подземные побеги) тоже гомологичны.

Конвергенция. В одинаковых условиях существования животные, относящиеся к разным систематическим группам, могут приобретать сходное строение. Такое сходство строения возникает при сходстве функций и ограничивается лишь органами, непосредственно связанными с одними и теми же факторами среды. Внешне очень похожи хамелеоны и лазающие агамы, обитающие на ветвях деревьев, хотя относятся к разным подотрядам (рис. 2.6, см. рис. 2.3).

У позвоночных животных конвергентное сходство обнаруживают конечности морских рептилий и млекопитающих (рис. 2.7). Одинаковый образ жизни сумчатых и плацентарных млекопитающих привел их независимо друг от друга к

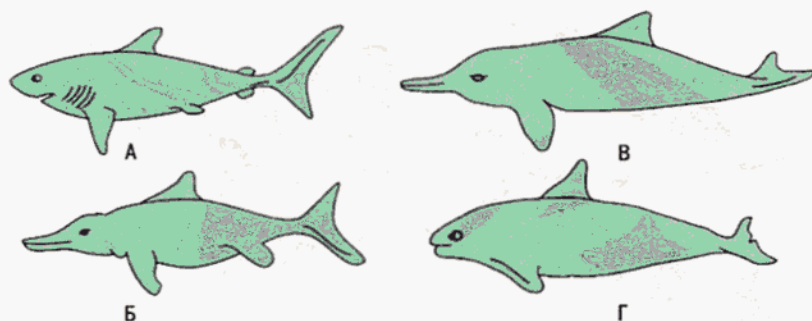


Рис. 2.7. Конвергенция.
Сходство формы тела и плавников у неродственных
быстро плавающих животных:
акулы (А), ихтиозавра (В), дельфинов (В, Г)

подобию многих черт строения. Сходны европейский крот, сумчатый летун и белка-летяга. Сумчатый волк напоминает настоящего хищника. Однако исторически сложившаяся организация в целом никогда не подвергается конвергенции. Схождение признаков затрагивает в основном лишь те органы, которые непосредственно связаны со сходными условиями среды.

Конвергенция наблюдается и у групп животных, далеко отстоящих друг от друга в систематическом отношении. У организмов, обитающих в воздухе, имеются крылья и другие приспособления для полета (рис. 2.8). Но крылья птицы и летучей мыши — измененные конечности, а крылья бабочек — выросты стенки тела.

Органы, выполняющие сходные функции, но имеющие принципиально различное строение и происхождение, называют *аналогичными*. Аналогичны жабры рака и рыбы, роющие конечности крота и медведки.

Примеры возникновения конвергентного сходства строения органов в одинаковых условиях среды дает приспособление неродственных групп животных — членистоногих и позвоночных — к жизни на суше. При освоении суши у членистоногих и позвоночных развивается приспособление к сохранению в теле воды — плотные покровы с водонепроницаемым наружным слоем. Для большинства водных

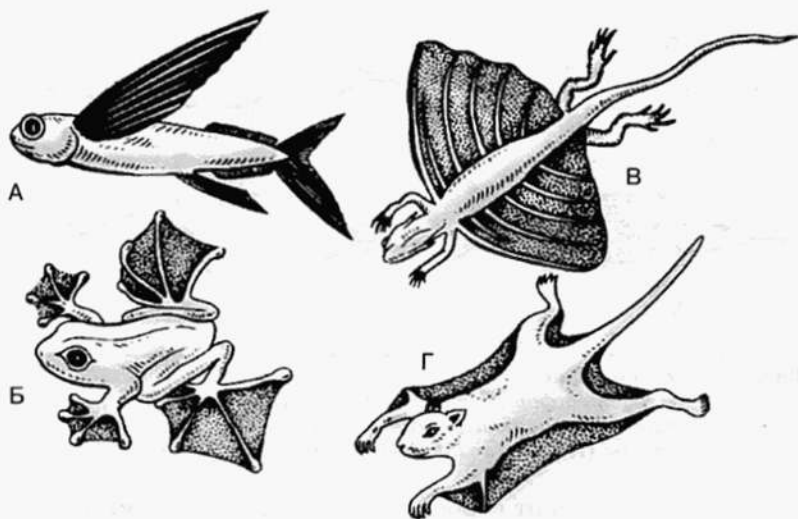


Рис. 2.8. *Конвергенция.*
Развитие приспособлений для парения
в воздухе у позвоночных:
А — летучая рыба, **Б** — летающая лягушка,
В — летающая агама, **Г** — белка-летяга

животных характерно выведение продуктов азотного обмена в виде аммиака с большим количеством воды. У наземных животных азот выделяется в виде мочевой кислоты, что позволяет максимально сокращать расход воды. Таким образом, в процессе эволюции физиологическое совершенствование неродственных организмов осуществляется сходными путями на базе негомологичных структур.

Параллелизм. Параллелизм представляет собой форму конвергентного развития, свойственного для генетически близких групп организмов. Например, среди млекопитающих китообразные и ластоногие независимо друг от друга перешли к обитанию в водной среде и приобрели сходные приспособления для передвижения в этой среде — ласты. Известное общее сходство имеют неродственные млекопитающие тропического пояса, обитающие на разных континентах в близких климатических условиях (рис. 2.9).

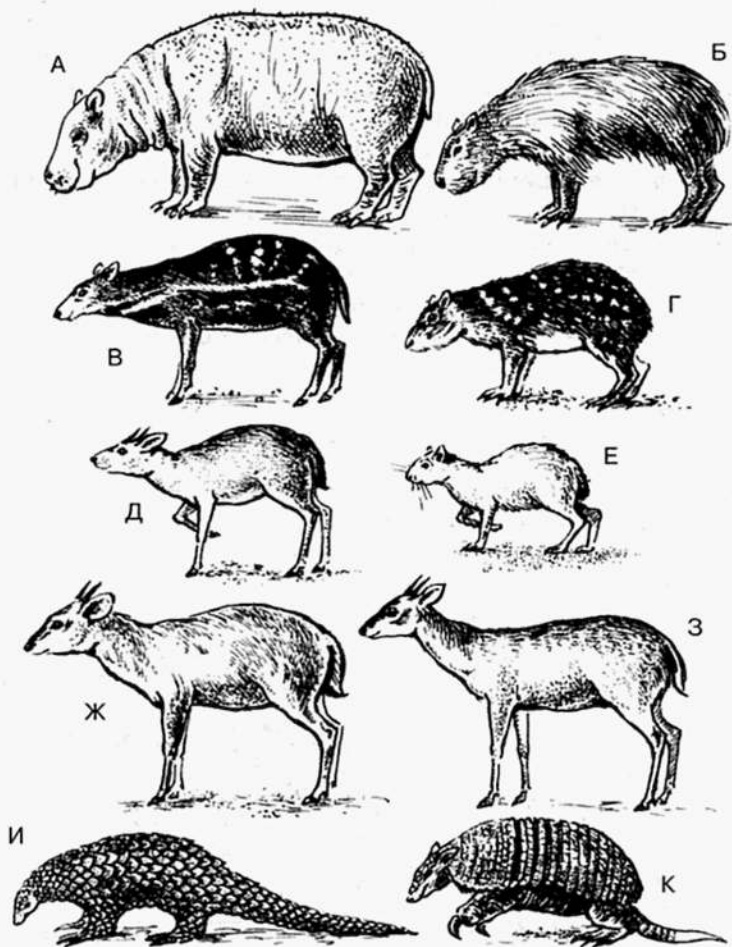


Рис. 2.9. Конвергентное сходство строения тела между неродственными млекопитающими, населяющими дождевые леса Африки (слева) и Южной Америки: А — карликовый гиппопотам, Б — водосвинка, В — африканский оленек, Г — пака, Д — карликовая антилопа, Е — агути, Ж — серый дукер, З — мазама, И — панголин, К — гигантский броненосец

2.2.2. Правила эволюции

Правило необратимости эволюции. К общим правилам эволюции групп организмов относится правило ее необратимости. Так, если на каком-то этапе от примитивных амфибий возникли рептилии, то рептилии не могут дать вновь начало амфибиям. Вернувшиеся в воду наземные позвоночные (среди рептилий — ихтиозавры, среди млекопитающих — киты) не стали рыбами. Прошедшая история развития для любой группы организмов не проходит бесследно, и приспособление к среде, в которой когда-то обитали предки, осуществляется уже на другой генетической основе.

Правило чередования направленных эволюций. При рассмотрении главных направлений эволюции групп — арогенеза и аллогенеза подчеркивалось регулярное чередование этих типов развития в эволюции основных стволов древа жизни. Такое чередование главных направлений отражает распространенную эволюционную тенденцию в *филогенезе* — историческом развитии практически всех групп (рис. 2.10).

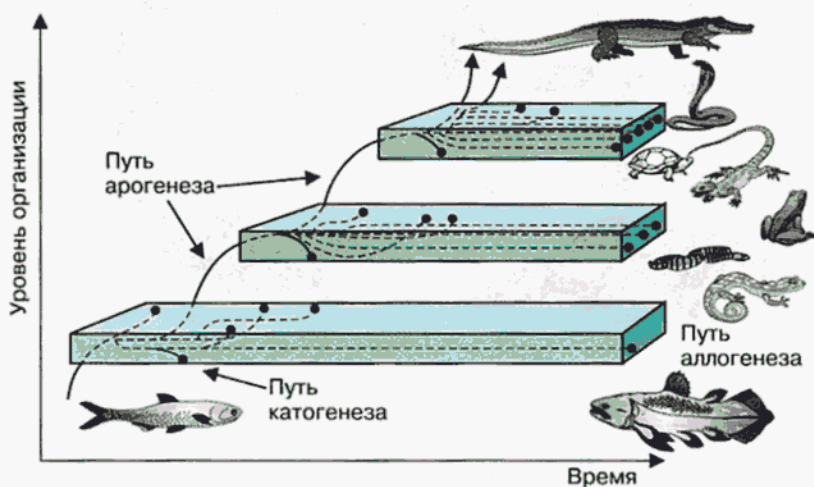


Рис. 2.10. Схема развития группы по путям аллогенеза внутри адаптивной зоны и арогенеза — с выходом в новую адаптивную зону

Таким образом, эволюция представляет собой непрерывный процесс возникновения и развития новых адаптаций, протекающий в течение длительного времени — сотен и тысяч поколений. Одни из вновь возникающих адаптаций оказываются очень частными, и их значение не выходит за пределы узких условий. Другие дают возможность выхода группы в новую адаптивную зону и непременно ведут к быстрому эволюционному развитию групп в новом направлении, к более высокому уровню организации.

Summary



Development of elementary adaptations and formation of new species are the result of microevolutionary processes, that take place in populations. These microevolutionary processes are going on continuously in every new species and serve as a basis for large-scale evolutionary transformations, called macroevolution. Driving forces of evolution, and the only direct evolutionary factor, i.e. natural selection, are acting exactly at the intraspecific microevolutionary level.

Опорные точки



1. Эволюционные преобразования необратимы, и группа организмов не может вернуться к стадии, уже осуществленной в ряду ее предков.
2. После возникновения крупных систематических групп на пути арогенеза начинается дивергентная эволюция этой группы путем приобретения идиоадаптаций.

Вопросы для повторения и задания



1. Раскройте содержание понятий «дивергенция» и «конвергенция».
2. Какие органы называют гомологичными, какие аналогичными?
3. Приведите примеры сходства строения органов у неродственных групп животных, обитающих в одинаковых условиях.

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

Терминология



Каждому термину, указанному в левой колонке, подберите соответствующее ему определение, приведенное в правой колонке на русском и английском языках.

Select the correct definition for every term in the left column from English and Russian variants listed in the right column.

1. Скорость
эволюции
Rate of evolution

А. Закономерность эволюционного процесса, заключающаяся в том, что организм не может вернуться к прежнему состоянию, осуществленному в ряду его предков.
Natural phenomenon of the evolutionary process, meaning that an organism cannot return to the state of its ancestors.

2. Дивергенция
Divergence

Б. Процветание той или иной систематической группы.
Prosperity of a taxonomic group.

3. Конвергенция
Convergence

В. Угнетенное состояние систематической группы, чреватое ее вымиранием.
A suppressed state of a taxonomic group that can lead to its vanishing.

4. Биологический
прогресс
Biological progress

Г. Процесс расхождения признаков у генетически близких жизненных форм в результате их приспособления к различным условиям существования.
The process of branching off the features in genetically related life forms during their adaptation to different environments.

**5. Биологический
регресс
Biological regress**

Д. Возникновение сходных приспособлений к одинаковым условиям существования у далеких в систематическом отношении организмов на базе различных по происхождению органов.
The appearance of alike adaptations to the similar environment in taxonomically distant species on the basis of different in origin organs.

**6. Необратимость
эволюции
Irreversibility
of evolution**

Е. Измеряемое в абсолютных астрономических единицах или в числе поколений время, необходимое для возникновения нового вида.
The time, essential for the appearance of a new species, evaluated in absolute astronomic units or in the number of generations.

Вопросы для обсуждения



К каким биологическим последствиям приводит приобретение популяциями и видами новых приспособлений?

В чем отличие морфофизиологического прогресса от биологического?

В каких направлениях условия жизни влияют на преобразование органов у животных и растений?

В чем заключается сущность правила необратимости эволюции?

Обзор изученного материала главы 2

Основные положения

Приобретение популяциями и видами разнообразных приспособлений способствует выживанию их в определенной среде, а также может стать причиной освоения ими новых мест обитания, новых источников питания.

Показатели хорошей приспособленности группы организмов — ее высокая численность, широкий ареал и большое количество подчиненных систематических групп.

Биологический прогресс представляет собой результат успеха в борьбе за существование.

Отсутствие необходимого уровня приспособленности приводит к биологическому регрессу — уменьшению численности, сокращению ареала, снижению числа систематических групп более низкого ранга. Биологический регресс чреват опасностью вымирания.

Выделяют три главных направления прогрессивной эволюции, каждое из которых ведет к биологическому прогрессу: ароморфоз (морфофизиологический прогресс), аллогенез и катагенез, или общую дегенерацию.

Ароморфозы обеспечивают переход от пассивного питания к активному, повышают подвижность животных и т. д.

После возникновения ароморфозов и особенно при выходе группы животных в новую среду обитания начинается приспособление отдельных популяций к условиям существования путем приобретения идиоадаптаций.

Крайняя степень приспособления к очень ограниченным условиям существования носит название специализации.

Общая дегенерация как путь биологического прогресса наблюдается у многих форм и связана главным образом с переходом к паразитическому или сидячему образу жизни.

Морфофункциональные особенности живых организмов определяются двумя факторами: биологическими потребностями и конкретными условиями среды обитания.

Органы, соответствующие друг другу по строению и имеющие общее происхождение независимо от выполняемой ими функции, называют гомологичными.

Органы, выполняющие сходные функции, но имеющие принципиально различное строение и происхождение, называют аналогичными.

Проблемные области

Какие эволюционные явления лежат в основе процесса дивергенции?

О чем может свидетельствовать конвергентное сходство ряда органических форм?

Какие доказательства необратимости эволюции можно привести?

Прикладные аспекты

В чем причина появления рудиментов и атавизмов и почему они служат доказательствами процесса эволюции?

Каким образом можно использовать палеонтологический материал для доказательства эволюционного процесса?

Задания

Проанализируйте рисунок 2.10 и объясните, как происходит процесс эволюции организмов, как соотносятся разные направления прогрессивной эволюции.

Какие черты строения животных, принадлежащих к различным систематическим группам, свидетельствуют о морфофизиологическом прогрессе? общей дегенерации? Приведите примеры.

Развитие жизни на Земле

Таким образом, из войны природы, из голода и смерти непосредственно вытекает самый высокий результат, какой ум в состоянии себе представить, — образование высших животных.

Ч. Дарвин

*Биологическая эволюция
продолжается на Земле
более 3 млрд лет.*

*С момента возникновения первых
клеточных организмов
благодаря естественному отбору
появилось бесчисленное множество
форм живых организмов.*

*В этой главе вы познакомитесь
с подразделением истории нашей
планеты на эры и периоды;
узнаете, когда и как возникли
те или иные группы животных
и растений.*

В наши дни на Земле существует большое разнообразие жизненных форм. По некоторым оценкам на ней обитает около 4,5 млн живых существ, и при этом ученые ежегодно открывают большое количество новых видов животных и растений.

И все же все ныне существующие на Земле виды живых организмов — лишь очень небольшая часть того видового многообразия, которое существовало на нашей планете за ее долгую историю. Некоторые ученые оценивают общее число живших на Земле видов в 50 и более млн. Всплески видового разнообразия сменялись массовыми вымираниями, когда за сравнительно короткое время с лица нашей планеты исчезали многие виды живых существ. Однако всякий раз их место занимали новые формы жизни, и некоторые из них оказывались сложнее, чем их предшественники.

Наша планета сформировалась около 4,6 млрд лет назад. Ее историю принято делить на промежутки времени, границами которых являются крупные геологические события: горообразовательные процессы, поднятия и опускания суши, изменения очертаний материков, уровня океанов. Движения и разломы земной коры сопровождались усиленной вулканической деятельностью, выбросом в атмосферу громадного количества газов и пепла. Понижение прозрачности атмосферы уменьшало количество солнечной радиации, падавшее на Землю, и было одной из причин развития оледенения. Не случайно оледенения сопровождали горообразовательные процессы. Грандиозные ледниковые щиты, покрывавшие поверхность Земли, значительно изменяли климатические условия и тем самым оказывали глубокое влияние на растительный и животный мир. Одни группы организмов вымирали, другие сохранялись и в межледниковые эпохи достигали расцвета.

Откуда же мы все это знаем? Дело в том, что несмотря на все катастрофы и катаклизмы, которыми столь богата история нашей планеты, многое из ее прошлого запечатлевается в горных породах, существующих поныне, и в окаменелостях, обнаруживаемых в них.

В табл. 3.1 приведена геохронологическая шкала с указанием групп организмов, существовавших в разные геологические эпохи.

Таблица 3.1

Геохронологическая история Земли

Эра (продолжи- тельность, млн лет)	Период (продолжи- тельность, млн лет)	Начало (млн лет назад)	Климат и среда (глобальные геологические изменения)	Развитие органического мира	
				Мир животных	Мир растений
1	2	3	4	5	6
Архей- ская, 900		3500	Активная вулканическая деятельность. Анаэробные условия жизни в мелко- водном древнем море. Развитие кислородсодер- жащей атмосферы		Возникновение жизни на Земле. Появление первых клеток — начало биологической эволюции. Следы жизни незначительны. Обнаружены остатки анаэробных автотрофных предшественников синезеленых (циано- бактерий), бактерий, зеленых водорослей. Первые строматолиты. Отдельные находки прокариотических организмов в породах
Протеро- зойская (ранней жизни), 2000		2600± ±100	Поверхность планеты представляла собой голую пустыню. Климат холод- ный; частые оледенения, особенно обширное в сере- дине протерозоя. В конце эры содержание свободного кислорода в атмосфере до 1%. Активное образование осадочных пород	Возникли все типы беспозвоночных жи- вотных. Широко рас- пространены простей- шие, кишечнополост- ные, губки, черви; предки трилобитов и иглокожих. Предпо- ложительно — первые представители хордо- вых — бесчерепные	Распространены преимущественно одноклеточные зеленые водоросли

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6
Палеозой- ская (древней жизни), 340±10	Кембрий- ский (Кембрий), 80±20	570±20	Раннекембрийское оледенение сменяется вначале умеренным влажным, а затем сухим теплым климатом. Активное наступление морья, сменившееся его отступле- нием в конце периода	Расцвет морских беспоз- воночных, из которых 60% находок — трилоби- ты. Появление организо- нов с минерализованным скелетом	Дивергентная эволюция водо- рослей; возник- новение много- клеточных форм
	Ордовик- ский (Ордовик), 55±10	490±10	Равномерно умеренный влажный климат с постепенным повыше- нием средней температуры. В на- чале периода большая часть су- ши занята морем, затем в связи с интенсивным горообразованием освобождение от воды значитель- ных территорий	Появление первых по- звоночных — бесче- лостных. Остатки первых коралловых полипов. Господство трилобитов, иглокожих; возникнове- ние новых классов и вы- мирание некоторых групп беспозвоночных	Исключитель- ное разнообра- зие водорослей
	Силурий- ский (Силур), 35±10	435±10	В начале сухой климат, затем влажный с постепенным потеп- лением. Интенсивное горообра- зование (Скандинавские горы, Саяны), возникновение первых коралловых рифов	Пыльное развитие корал- лов и трилобитов. Появ- ляются древнейшие рыбы и первые дышащие атмо- сферным воздухом назем- ные животные — скорпи- оны. Вымирают некото- рые группы кораллов.	В конце периода — выход растений на сушу — появление псилофитов

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6
	Девонский (Девон), 55±10	400±10	Климат характеризуется сменой сухих и дождливых сезонов. Оледенение на территории современных Южной Америки и Южной Африки. Полное освобождение от моря Сибири и Восточной Европы	Появление рыб всех известных крупных систематических групп. Вымирание значительного количества беспозвоночных и большинства бесчелюстных. Освоение животными суши: пауки, клещи и другие членистоногие. В конце периода — первые наземные позвоночные — стегоцефалы	Развитие, а затем вымирание псилофитов. Возникновение основных групп споровых растений: плауновидных, хвощевидных, папоротниковидных, первых примитивных голосеменных (семенные папоротники). Возникновение грибов
	Каменноугольный (Карбон), 65±10	345±10	Всемирное распространение лесных болот. Равномерно теплый влажный климат сменяется в конце периода холодным и сухим. Период завершается обширным оледенением южных континентов. Активное горообразование (Тянь-Шань, Урал, Альпы, Судеты, Кордильеры, Скалистые Альпы)	Широкое распространение фораминифер, кораллов, моллюсков. Расцвет земноводных. Появление первых рептилий — котилозавров, летающих насекомых, легочных моллюсков. Сокращение численности трилобитов	На суше леса с преобладанием споровых растений, появление первых хвойных. В болотах и прибрежных районах мелких морей накапливалось большое количество растительных остатков

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6
	Пермский (Пермь), 50±10	280±10	Резкая зональность климата. Завершение горообразования. Отступление моря и формирование полузамкнутых водоемов. Рифообразование	Быстрое развитие рептилий, возникновение земноводных пресмыкающихся. Вымирание трилобитов и сокращение числа отрядов других беспозвоночных и ряда позвоночных	Исчезновение лесов карбона за счет вымирания древовидных папоротников, хвощей и плаунов. Распространение хвойных в Северном полушарии
Мезозойская (средней жизни), 165	Триасовый (Триас), 40±5	230±10	Ослабление климатической зональности, сглаживание температурных различий. Начало движения материков	Начало расцвета рептилий — начинается «век динозавров»; появляются черепахи, крокодилы и др. Возникновение первых млекопитающих, настоящих костистых рыб	Распространены папоротниковидные, хвощевидные, плауновидные. Вымирают семенные папоротники
	Юрский (Юра), 60	190 — 195±5	Климат, в начале влажный, сменяется к концу периода засушливым в области экватора. Движения континентов, формирование Атлантического океана	В океане появление новых групп моллюсков, в том числе головоногих. Господство пресмыкающихся на суше, в океане и воздухе. В конце периода появление первоптиц — археоптериксов	Широко распространены папоротники и голосеменные, появляется хорошо выраженная ботаникогеографическая зональность

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6
	Меловой (Мел), 70	136±5	Во многих районах Земли похолодание климата. Вы- раженное отступление мо- рей, сменившееся обшир- ным увеличением площади Мирового океана и новым поднятием суши. Интенсив- ные горообразовательные процессы (Альпы, Анды, Гималаи)	Появление настоящих птиц, а также сумчатых и плацентарных млеко- питающих. В водоемах преобладание костис- тых рыб. Расцвет насе- комых. Вымирание крупных рептилий и примитивных мезозой- ских млекопитающих	Резко сокращается численность папорот- ников и голосемен- ных. Появляются первые покрытосе- менные растения
Кайнозой- ская (новой жизни), 66±3	Палеогено- вый (нижнетре- тичный), 41±2	66±3	Устанавливается теплый равномерный климат. Интенсивное горообразо- вание (Крым, Кавказ, Памир, Гималаи, Анды и др.)	В морях большое коли- чество кораллов, мол- люсков. Широко рас- пространяются костис- тые рыбы, занимающие пресноводные водоемы и моря, вымирают мно- гие формы головоногих моллюсков. На суше среди позвоночных: хвостатые и бесхвостые амфибии; крокодилы, ящерицы, змеи и чере- пахи. Появляются мно-	Господство покрыто- семенных растений; сохраняется значи- тельное количество групп, возникших в меловом периоде. Состав флоры близок к современному, в конце периода появляются тайга и тундра

Окончание таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6
				гие отряды млекопитающих, в том числе приматы. Возникает обособленный центр развития растительности и животных в Южном полушарии. Широкая дивергенция птиц. Расцвет насекомых	
	Неогеновый (верхнетретичный), 23	25±2	Движение континентов; обособляются Каспийское, Средиземное, Черное и Аральское моря		
	Антропогенный, 1,5—2,0	1,5—2,0	Характерны неоднократные смены климата. Крупные оледенения Северного полушария	Появление и развитие человека. Животный мир приобретает современные черты	Растительный мир приобретает современный облик, формируются ныне существующие сообщества

3.1. Развитие жизни в архейской эре

В архейской эре возникли первые живые организмы. Они были гетеротрофами и в качестве пищи использовали органические соединения «первичного бульона». Важнейший этап эволюции жизни на Земле связан с возникновением *фотосинтеза*, что обусловило разделение органического мира на растительный и животный. Первыми фотосинтезирующими организмами были прокариотические синезеленые — цианеи. Цианеи и появившиеся затем *эукариотические* зеленые водоросли выделяли в атмосферу из океана свободный кислород, что способствовало возникновению бактерий, способных жить в аэробной среде. По-видимому, в это же время — на границе архейской и протерозойской эр — произошло еще два крупных эволюционных события: появились *половой процесс* и *многоклеточность*.

Чтобы яснее представить значение двух последних ароморфозов, остановимся на них подробнее. Гаплоидные организмы (микроорганизмы, синезеленые) имеют один набор хромосом. Каждая новая мутация сразу же проявляется в фенотипе. Если мутация полезна, она сохраняется отбором, если вредна, устраняется отбором. Гаплоидные организмы непрерывно приспосабливаются к среде, но принципиально новых признаков и свойств у них не возникает. Половой процесс резко повышает возможность приспособления к условиям среды вследствие создания бесчисленных комбинаций в хромосомах. *Диплоидность*, возникшая одновременно с оформленным ядром, позволяет сохранять мутации в гетерозиготном состоянии и использовать их как *резерв наследственной изменчивости* для дальнейших эволюционных преобразований. Кроме того, в гетерозиготном состоянии многие мутации часто повышают жизнеспособность особей и, следовательно, увеличивают их шансы в борьбе за существование.

Возникновение диплоидности и генетического разнообразия одноклеточных эукариот, с одной стороны, обусловило неоднородность строения клеток и их объединение в колонии, с другой — возможность «разделения труда» между клетками колонии, т. е. образование многоклеточных орга-

низмов. Разделение функций клеток у первых колониальных многоклеточных организмов привело к образованию первичных тканей — эктодермы и энтодермы, дифференцированных по структуре в зависимости от выполняемой функции. Дальнейшая дифференцировка тканей создала разнообразие, необходимое для расширения структурных и функциональных возможностей организма в целом, в результате чего создавались все более сложные органы. Совершенствование взаимодействия между клетками сначала контактного, а затем опосредованного с помощью нервной и эндокринной систем обеспечило существование многоклеточного организма как единого целого со сложным и тонким взаимодействием его частей и соответствующим реагированием на окружающую среду.

Пути эволюционных преобразований первых многоклеточных были различны. Некоторые перешли к сидячему образу жизни и превратились в организмы типа губок. Другие стали ползать, перемещаться по субстрату с помощью ресничек. От них произошли плоские черви. Третьи сохранили плавающий образ жизни, приобрели рот и дали начало кишечнополостным (см. рис. 3.7).

Опорные точки



1. Жизнь возникла на Земле из синтезированных абиогенным путем органических молекул.
2. В архейскую эру, на границе с протерозоем, возникновением первых клеток было положено начало биологической эволюции.

Вопросы для повторения и задания



1. По какому принципу историю Земли делят на эры и периоды?
2. Вспомните материал главы. Расскажите, когда и как возникли первые живые организмы.
3. Какими организмами был представлен живой мир в протерозойскую эру?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

3.2. Развитие жизни в протерозойской и палеозойской эрах

В протерозойской эре в морях уже обитало много разнообразных водорослей, в том числе прикрепленных ко дну форм. Суша была безжизненной, но по берегам водоемов начались почвообразовательные процессы в результате деятельности бактерий и микроскопических водорослей. Начальные звенья эволюции животных не сохранились. В протерозойских отложениях находят представителей вполне сформировавшихся типов животных: губок, кишечнополостных, членистоногих.

В начале палеозойской эры растения населяют в основном моря, но в *ордовике* — *силуре* появляются первые наземные растения — псилофиты (рис. 3.1), занимающие промежуточное положение между водорослями и наземными сосудистыми растениями. Псилофиты уже имели проводящую систему, первые слабодифференцированные ткани, могли укрепляться в почве, хотя настоящие корни (как и настоящие побеги) отсутствовали. Дальнейшая эволюция растений на суше шла в направлении расчленения тела на вегетативные органы и ткани, совершенствование сосудистой системы (обеспечивающей быстрое передвижение воды на большую высоту). Уже в засушливом *девоне* совсем исчезают псилофиты и широко распространяются хвощи, плауны, папоротникообразные. Еще большего развития достигает наземная растительность в *каменноугольном периоде* (*карбоне*), характеризующемся влажным и теплым климатом. Появляются голосеменные растения, произошедшие от семенных папоротников.

Переход к семенному размножению дал растениям много преимуществ: зародыш в семенах теперь защищен от неблагоприятных условий оболочками и обеспечен пищей, стал иметь диплоидное число хромосом. У части голосеменных (хвойных) процесс полового размножения уже не связан с водой. Опыление у голосеменных осуществляется ветром, а семена снабжены приспособлениями для распространения животными. Эти и другие преимущества способствова-

ли широкому расселению семенных растений. Крупные споровые растения вымирают в *пермском периоде* в связи со значительным иссушением и похолоданием климата.

Животный мир в палеозойской эре развивался чрезвычайно бурно и был представлен большим количеством разнообразных форм. Пышного расцвета достигает жизнь в морях. В *кембрийском периоде* уже существуют все основные типы животных, включая хордовых. Губки, кораллы, иглокожие, моллюски, громадные хищные ракоскорпионы — вот неполный перечень обитателей кембрийских морей.

В *ордовике* продолжается совершенствование и специализация основных типов. В геологических отложениях этого периода впервые обнаруживаются остатки животных, имевших внутренний осевой скелет, бесчелюстных позвоночных, отдаленными потомками которых являются современные миноги и миксины. Их жаберные дуги в ходе дальнейшей эволюции превратились в челюсти, усаженные зубами. Жаберная мускулатура преобразовалась в челюстную и подъязычную. Так, на основе существующих структур скелетных жаберных дуг, служивших опорой органов дыхания, возник ротовой аппарат хватательного типа. Крупный ароморфоз — появление хватательного ротового аппарата — вызвал перестройку всей организации позвоночных. Возможность выбирать пищу способствовала улучшению ориентации в пространстве путем совершенствования органов чувств. Первые челюстноротые не имели плавников и передвигались в воде путем змееподобных движений. Однако

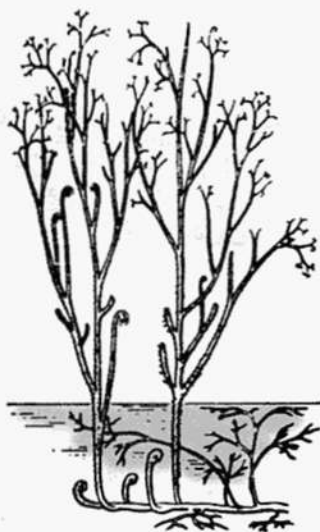


Рис. 3.1. Первое наземное растение — псилофит

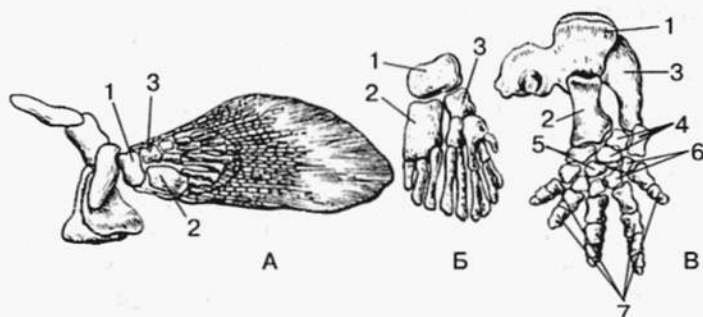


Рис. 3.2. Скелет парного плавника кистеперой рыбы и стегоцефала:
 А — плечевой пояс и плавник кистеперой рыбы,
 Б — внутренний скелет плавника,
 В — скелет передней конечности стегоцефала:
 1 — элемент, гомологичный плечевой кости,
 2 — элемент, гомологичный лучевой кости,
 3 — элемент, гомологичный локтевой кости,
 4, 5, 6 — кости запястья,
 7 — фаланги пальцев

этот способ передвижения при необходимости поймать движущуюся добычу оказался неэффективен. Поэтому для улучшения передвижения в воде имели значение кожные складки. В филогенезе определенные участки этой складки развиваются дальше и дают начало плавникам, парным и непарным. С увеличением размеров складок потребовался скелет для их укрепления. Скелет возник в виде ряда хрящевых (затем костных) лучей. Очень важно, что хрящевые лучи оказываются связанными между собой хрящевой пластинкой, тянущейся под кожей вдоль основания плавников. Эта пластинка дала начало поясу конечностей (рис. 3.2). Таким образом, складки превратились в парные грудные и брюшные плавники, средняя часть складки редуцировалась. Появление парных плавников — конечностей — следующий крупный ароморфоз в эволюции позвоночных. Итак, челюстноротые позвоночные приобрели хватательный ротовой аппарат и конечности. В своей эволюции они разделились на хрящевых и костных рыб.

В *силурийском периоде* на сушу вместе с первыми наземными растениями — псилофитами вышли первые дышащие воздухом животные — членистоногие (паукообразные). В водоемах продолжалось бурное развитие низших позвоночных. Предполагается, что позвоночные возникли в мелких пресноводных водоемах и лишь затем переселились в моря.

В *девоне* позвоночные представлены тремя группами: двоякодышащими, лучеперыми и кистеперыми рыбами. В конце девона появились насекомые (кормовая база для будущих наземных позвоночных). Кистеперые рыбы были типично водными животными, но могли дышать атмосферным воздухом с помощью примитивных легких, представлявших собой выпячивания стенки кишки. Чтобы понять дальнейшую эволюцию рыб, необходимо представить климатические условия в девонском периоде. Большая часть суши была безжизненной пустыней. По берегам пресноводных водоемов в густых зарослях растений обитали кольчатые черви, членистоногие. Климат сухой, с резкими колебаниями температуры в течение суток и по сезонам. Уровень воды в реках и водоемах часто менялся. Многие водоемы полностью высыхали, зимой промерзали. Водная растительность гибла при пересыхании водоемов, накапливались и затем гнили растительные остатки. Все это создавало очень неблагоприятную среду для рыб. В этих условиях их могло спасти только дыхание атмосферным воздухом. Таким образом, возникновение легких можно рассматривать как идиоадаптацию к недостатку кислорода в воде. При пересыхании водоемов у животных были два пути спасения: зарывание в ил или миграция в поисках воды. По первому пути пошли двоякодышащие рыбы, строение которых почти не изменилось со времени девона и которые обитают сейчас в мелких пересыхающих водоемах Африки (рис. 3.3, А). Эти рыбы переживают засушливое время года, зарываясь в ил и дышат атмосферным воздухом. Лучеперые рыбы имели плавники, поддерживающиеся отдельными костными лучами. Они широко распространились и сейчас представляют самый большой по числу видов класс позвоночных.

Приспособиться к жизни на суше смогли только кистеперые рыбы. Их плавники имели вид лопастей, состоящих из отдельных костей с прикрепленными к ним мышцами.

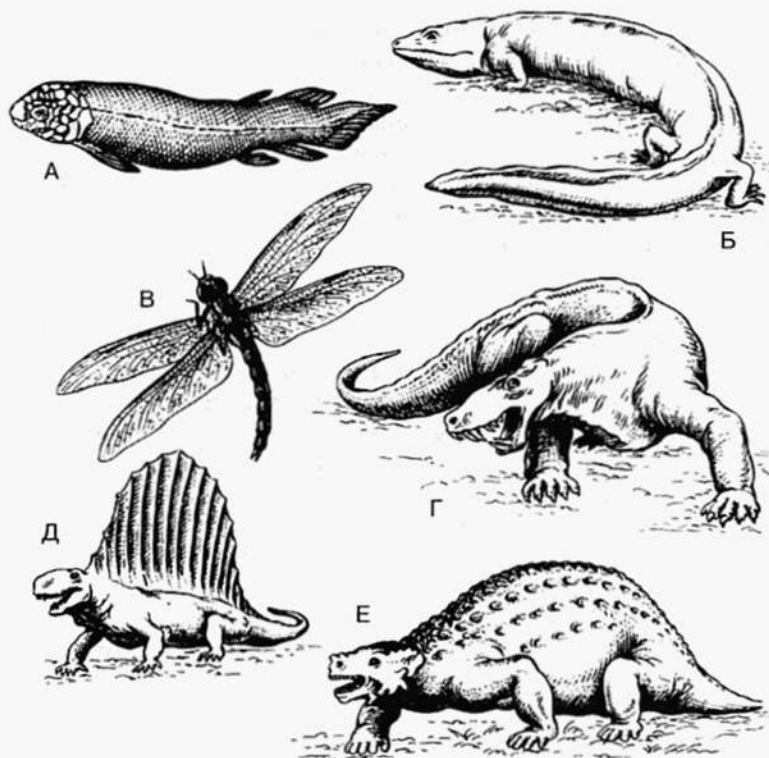


Рис. 3.3. Животные палеозойской эры:

А — двоякодышащая рыба, Б — стегоцефал,
В — гигантское стрекозоподобное насекомое,
Г — Е — древнейшие пресмыкающиеся

С помощью плавников кистеперые рыбы — крупные животные от 1,5 до нескольких метров в длину — могли ползать по дну. Эти рыбы имели две основные предпосылки для перехода в наземную среду обитания: мускулистые конечности и легкие. В конце девона кистеперые рыбы дали начало первым земноводным — стегоцефалам (рис. 3.3, Б).

Для приспособления к жизни на суше потребовалась коренная перестройка всей организации животных. Конечность из цельной упругой пластинки преобразуется в систему рычагов, разделенных суставами. Наибольшая нагрузка падает на пояс задних конечностей, который становится

значительно более мощным. Конечности, особенно задние, удлиняются. Между позвонками развиваются суставы. Появляются слезные железы, подвижные веки, мышцы, втягивающие глаза внутрь орбиты; все это защищает роговицу глаза от высыхания. Боковые сегменты мышц разделяются на большое число отдельных мышц, прикрепляющихся к разным частям скелета. Движение по суше связано с необходимостью увеличения подвижности головы, вследствие чего у наземных позвоночных череп обособляется от костей плечевого пояса. Большая подвижность конечностей сопровождается отделением мышц плечевого пояса от боковых мышц тела и сильным развитием брюшных мышц.

На протяжении *каменноугольного периода* стегоцефалы жили, питались и размножались в воде. Они выползали на сушу, но не совершали сколько-нибудь значительных миграций. Стегоцефалы разделились (дивергировали) на большое число форм — от крупных рыбоядных хищников до мелких, питавшихся беспозвоночными. На суше у стегоцефалов не было врагов и имелся обильный корм — черви, членистоногие, достигавшие крупных размеров (рис. 3.3, В). Многие группы земноводных переходили к жизни на суше и возвращались в воду только для размножения.

В *пермском периоде* происходило поднятие суши, а также иссушение и похолодание климата. Амфибии вымирают как из-за ухудшения климатических условий, так и вследствие истребления подвижными хищными рептилиями. Еще в карбоне среди стегоцефалов выделилась группа, имевшая хорошо развитые конечности и подвижную систему двух первых позвонков (рис. 3.3, Г—Е). Представители группы размножались в воде, но уходили по суше дальше амфибий, питались наземными животными, а затем и растениями. Эта группа получила название котилозавров. В дальнейшем от них произошли рептилии и млекопитающие.

Рептилии приобрели свойства, позволившие им окончательно порвать связь с водной средой. Внутреннее оплодотворение и накопление желтка в яйцеклетке сделали возможным размножение на суше. Ороговение кожи и более сложное строение почки способствовали резкому уменьшению потери воды организмом и широкому расселению. Грудная клетка обеспечила более эффективный тип дыхания —

всасывающий. Отсутствие конкуренции вызвало широкое распространение рептилий по суше и возвращение части их в водную среду.

Опорные точки



1. В отложениях протерозойской эры находят представителей всех современных типов беспозвоночных животных.
2. Палеозойская эра характеризуется появлением большинства представителей типа хордовых: рыб, амфибий, рептилий.
3. На фоне возникновения новых видов происходило постоянное вымирание прежде существовавших форм.

Вопросы для повторения и задания



1. Когда появились первые наземные растения?
2. В каком направлении шла эволюция растений на суше?
3. Охарактеризуйте эволюцию животных в палеозойскую эру.
4. Какие особенности строения позвоночных животных послужили предпосылками выхода их на сушу?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

3.3. Развитие жизни в мезозойской эре

В начале следующей, мезозойской, эры на Земле происходят горообразовательные процессы. Появляются Урал, Тянь-Шань, Алтай. На большей части земного шара устанавливается теплый климат, близкий к современному тропическому. К концу мезозойской эры зона сухих климатических условий расширяется, сокращаются площади морей и океанов. В *триасе* вымирают гигантские папоротники, древовидные хвощи, плауны. Достигают расцвета голосе-

менные растения. В *юрском периоде* вымирают семенные папоротники и появляются первые покрытосеменные растения, постепенно распространившиеся на все материк. Это было обусловлено рядом преимуществ: покрытосеменные имеют сильно развитую проводящую систему, цветок привлекает насекомых-опылителей, что обеспечивает надежность перекрестного опыления, зародыш снабжается запасами пищи (благодаря двойному оплодотворению развивается триплоидный эндосперм) и защищен оболочками и т. д. В животном мире достигают расцвета насекомые и рептилии. Рептилии занимают господствующее положение и представлены большим числом форм (рис. 3.4).

В *юрском периоде* появляются летающие ящеры и завоевывают воздушную среду. В *меловом периоде* специализация рептилий продолжается, они достигают громадных размеров. Масса некоторых из них (динозавры) достигала 50 т. Начинается параллельная эволюция цветковых растений и насекомых-опылителей. В *конце мелового периода* вновь происходят горообразовательные процессы. Возникают Альпы, Анды, Гималаи. Наступает похолодание, сокращается ареал околотовной растительности. Вымирают растительноядные, за ними хищные динозавры. Крупные рептилии сохраняются лишь в тропическом поясе (крокодилы). Вследствие вымирания хищных рептилий наиболее приспособленными оказываются теплокровные животные — птицы и млекопитающие. В морях вымирают многие формы беспозвоночных и морские ящеры.

Птицы произошли в юре от вполне сформированных рептилий — архозавров. Возникновение птиц сопровождалось появлением крупных ароморфозов в их строении: они утратили одну из двух дуг аорты и приобрели полную перегородку между правым и левым желудочками сердца. Полное разделение артериального и венозного кровотоков обусловило теплокровность птиц. В остальных чертах своей организации они сходны с пресмыкающимися, и их иногда называют «пернатыми рептилиями». Все особенности строения птиц — перьевой покров, преобразование передних конечностей в крылья, роговой клюв, воздушные мешки и двойное дыхание, укорочение задней кишки — являются приспособлениями к полету, т. е. идиоадаптациями.

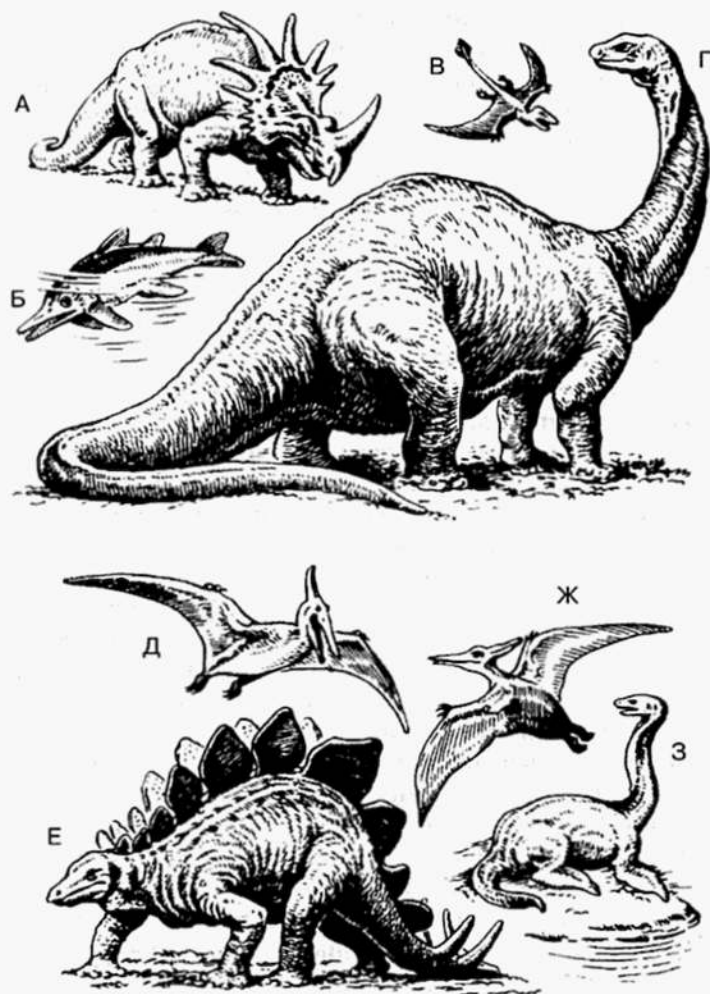


Рис. 3.4. Пресмыкающиеся мезозойской эры:
 А — рогатый динозавр, Б — ихтиозавр,
 В — летающий хвостатый ящер,
 Г — бронтозавр, Д, Ж — летающие бесхвостые ящеры,
 Е — стегозавр, З — плезиозавр

Возникновение млекопитающих связано с рядом крупных ароморфозов, развившихся у представителей одного из подклассов пресмыкающихся. К ароморфозам, определившим формирование млекопитающих как класса, относятся: образование волосяного покрова и четырехкамерного сердца, полное разделение артериального и венозного кровотоков, внутриутробное развитие потомства и вскармливание детеныша молоком. Вынашивание зародышей в теле матери и забота о потомстве резко повысили выживаемость млекопитающих. К ароморфозам следует отнести и развитие коры головного мозга, обусловившее преобладание условных рефлексов над безусловными, и возможность приспособления к непостоянным условиям среды путем изменения поведения. Млекопитающие возникли в триасе (рис. 3.5), но не могли конкурировать с хищными динозаврами и на протяжении 100 млн лет занимали подчиненное положение.



Рис. 3.5.
*Один из древних
представителей
млекопитающих*

Summary



Natural history of the Earth is usually divided into time periods according to large geological events: formation of large mountain systems, elevations and stresses of the land surface, changes in size and shape of continents, and in the water level of the oceans. Such periods are usually called eras, or epochs. Detailed studies led to subdividing them into smaller periods and so on. The first two billion years of biological evolution were marked by appearance of all the known types of animals and the most advanced forms of plants. During the following 100 million years, till the beginning of Cainozoic era, all the known classes of vertebrate animals, including mammals, as well as sporangia and seed plants were formed.

Опорные точки



1. Мезозойская эра характеризуется появлением теплокровных животных: птиц и млекопитающих.
2. Первые млекопитающие в течение 100 млн лет занимали подчиненное положение.
3. В конце мелового периода вымирают крупные рептилии.

Вопросы для повторения и задания



1. Когда возникли цветковые растения?
2. Укажите эволюционные преимущества цветковых растений.
3. В каком периоде мезозойской эры и вследствие каких ароморфозов возникли млекопитающие?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

Терминология



Каждому термину, указанному в левой колонке, подберите соответствующее ему определение, приведенное в правой колонке на русском и английском языках.

Select the correct definition for every term in the left column from English and Russian variants listed in the right column.

1. Ароморфоз
Aromorphosis

A. Биогенный процесс преобразования литосферы.
Biogenous process in the upper layers of lithosphere.

2. Идиоадаптация
Idioadaptation

Б. Животные, относящиеся ко всем типам, кроме хордовых, и не имеющие осевого скелета.
Animals of all the types except Chordata, that don't have the axial skeleton (bony, chondral, or the chord).

3. Специализация
Specialization

В. Растения, тело которых не дифференцировано на ткани и органы, — водоросли.
Plants, which body is not differentiated into organs and tissues, i. e. algae.

4. Почвообразование
Formation of soil

Г. Крупное преобразование в строении организма, повышающее уровень организации.
Considerable transformation in the structure of an organism, increasing the level of its organization.

5. Беспозвоочные
Invertebrates

Д. Растительные организмы, тело которых дифференцировано на органы и ткани; у высших семенных растений выделяют корневую и побеговую системы органов.
Plant organisms with differentiated organs and tissues; in higher plants usually root and shoot systems are distinguished.

6. Низшие растения
Lower plants

Е. Любое частное приспособление к конкретным условиям существования.
Any particular adaptation to a certain environment.

7. Высшие растения
Higher plants

Ж. Крайняя степень приспособленности к очень узким условиям существования.
Extreme level of adaptations to a specific environment.

Вопросы для обсуждения



Какие изменения в строении позвоночных животных произошли в процессе приспособления их к жизни на суше?

Почему земноводные каменноугольного периода достигли биологического процветания?

Какие ароморфозы привели к возникновению пресмыкающихся?

Как назывались первые наземные растения и какие отличительные особенности они имели?

Какие эволюционные преимущества дает переход растений к семенному размножению?

3.4. Развитие жизни в кайнозойской эре

В начале кайнозойской эры завершаются горообразовательные процессы, начавшиеся в конце мезозоя. Обособляются Средиземное, Черное, Каспийское и Аральское моря. Устанавливается теплый равномерный климат. На севере преобладали хвойные, на юге — растительность теплого и умеренного климата. Вся Европа была покрыта лесами, состоящими из дуба, березы, сосны, каштана и др. В тропиках росли фикусы, лавровые, гвоздичные, эвкалипты и др. В четвертичном периоде кайнозойской эры (2—3 млн лет назад) наступило оледенение значительной части Земли. Ледяной покров доходил в среднем до 57° с. ш., достигая в отдельных районах 40° с. ш. Теплолюбивая растительность отступает на юг или вымирает, появляется холодоустойчивая травяная и кустарниковая растительность, на больших территориях леса сменяются степью, полупустыней и пустыней. Формируются современные растительные сообщества.

Развитие животного мира в кайнозойскую эру характеризуется дальнейшей дифференциацией насекомых, интен-

сивным видообразованием у птиц и чрезвычайно быстрым прогрессивным развитием млекопитающих.

Млекопитающие представлены тремя подклассами: однопородными (утконос и ехидна), сумчатыми и плацентарными. Однопроходные, или яйцекладущие, млекопитающие возникли независимо от других млекопитающих еще в *юрском периоде* от звероподобных рептилий. Сумчатые и плацентарные млекопитающие произошли от общего предка в *меловом периоде* и сосуществовали до наступления кайнозойской эры, когда произошел «взрыв» в эволюции плацентарных, в результате чего эти млекопитающие вытеснили сумчатых с большинства континентов.

Наиболее примитивными были насекомоядные млекопитающие, от которых произошли первые хищные и приматы. Древние хищные дали начало копытным. В палеогене млекопитающие начинают завоевывать море (китообразные, ластоногие и др.). К *концу неогена* встречаются уже все современные семейства млекопитающих. Одна из групп обезьян — австралопитеки — стала родоначальницей ветви, ведущей к роду Человек.

Оледенения четвертичного периода, достигшие максимального распространения около 250 тыс. лет назад, способствовали развитию холодоустойчивости фауны. На Северном Кавказе и в Крыму встречались мамонты, шерстистые носороги, северные олени, песцы, полярные куропатки. Образование больших масс льда вызывало понижение уровня Мирового океана. Это понижение в разные периоды составляло 85—120 м по сравнению с современным. В результате обнажались материковые отмели Северной Америки и Северной Евразии и появились сухопутные «мосты», соединявшие североамериканский континент с евразийским (на месте нынешнего Берингова пролива), Британские острова с европейским материком и т. д. По таким «мостам» происходила миграция видов, приведшая к формированию современной нам фауны материков. Изменения климата в четвертичном периоде кайнозойской эры оказали влияние на эволюцию предков человека.

В завершение обобщим основные черты эволюционных преобразований растений и животных.

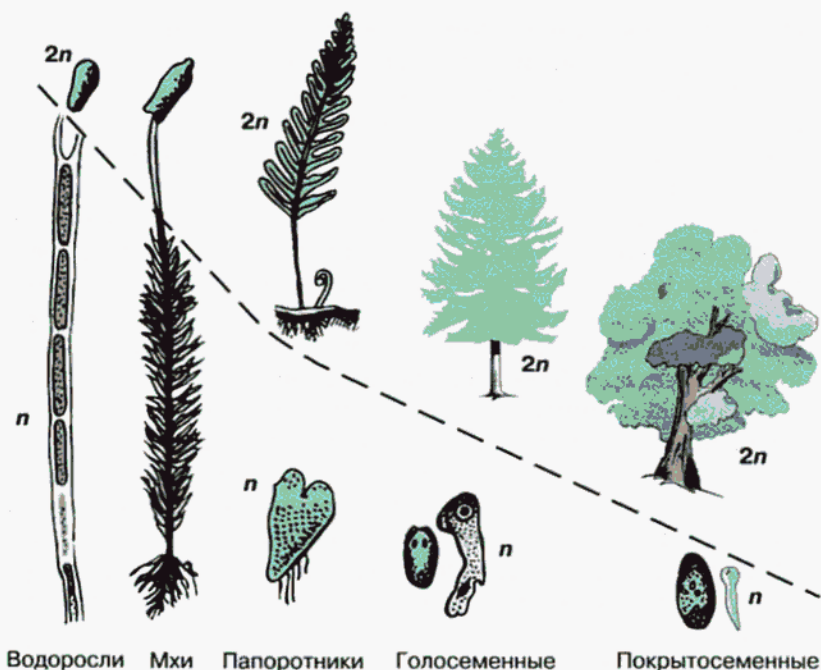


Рис. 3.6. Схема эволюционных изменений растений: увеличение размеров и значения бесполого поколения — спорофитов ($2n$), редукция размеров полового поколения — гаметофитов (n)

Эволюционное развитие растений включает следующие этапы. 1. Переход от гаплоидности к диплоидности. Диплоидность смягчает влияние неблагоприятных рецессивных мутаций на жизнеспособность и дает возможность накопить резерв наследственной изменчивости. Этот переход прослеживается при сопоставлении современных групп живых организмов. У многих водорослей все клетки, кроме зигот, гаплоидны. У более высокоорганизованных водорослей (бурые) наряду с гаплоидными существуют и диплоидные особи. У мхов преобладает гаплоидное поколение (взрослое растение) при сравнительно слабом развитии диплоидного (органы спороношения — например, коробочка со спорами у кукушкина льна). Но уже у папоротников преобладает дип-

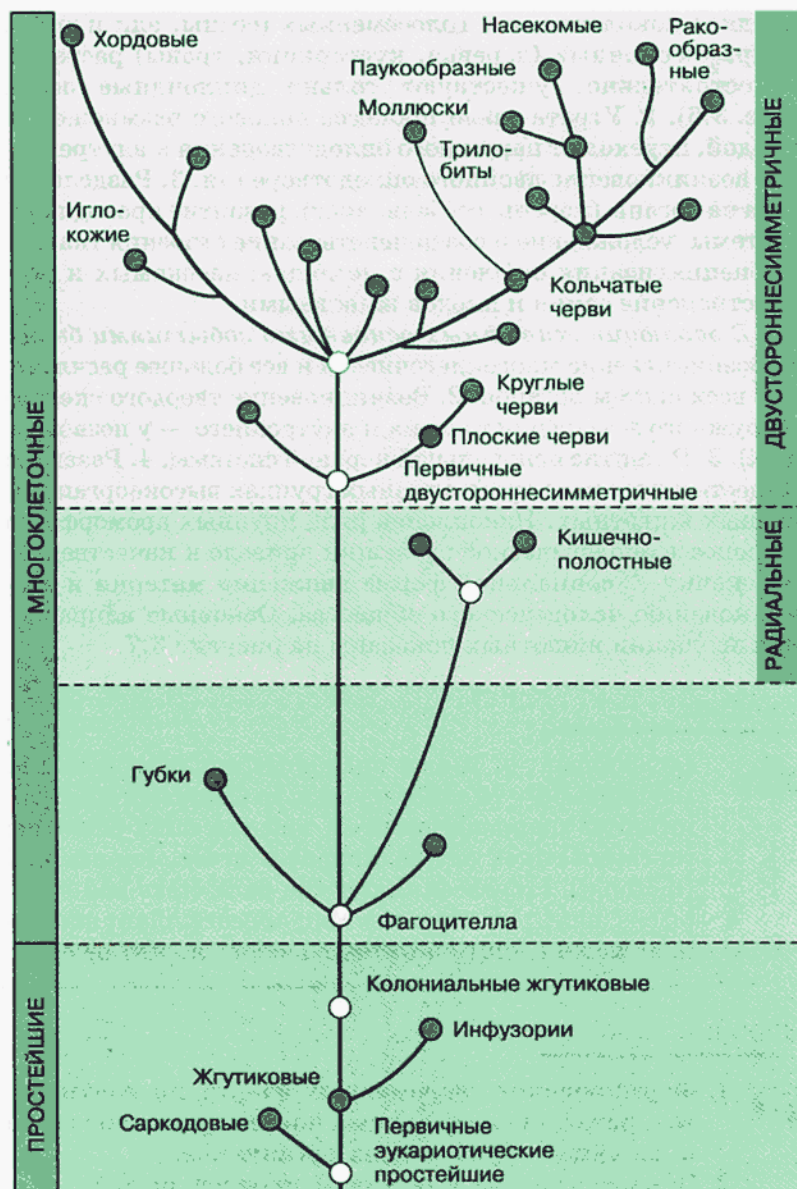


Рис. 3.7. Основные этапы эволюции эукариотических организмов

лоидное поколение, а у голосеменных (сосны, ели и др.) и покрытосеменных (деревья, кустарники, травы) растений самостоятельно существуют только диплоидные особи (рис. 3.6). 2. Утрата связи процесса полового размножения с водой, переход от наружного оплодотворения к внутреннему, возникновение двойного оплодотворения. 3. Разделение тела на органы (корень, стебель, лист), развитие проводящей системы, усложнение и совершенствование строения тканей. 4. Специализация опыления с помощью насекомых и распространение семян и плодов животными.

В эволюции животных основными событиями были: 1. Возникновение многоклеточности и все большее расчленение всех систем органов. 2. Возникновение твердого скелета (наружного — у членистоногих и внутреннего — у позвоночных). 3. Развитие центральной нервной системы. 4. Развитие общественного поведения в разных группах высокоорганизованных животных. Накопление ряда крупных ароморфозов в процессе биологической эволюции привело к качественному скачку — социальной форме движения материи и возникновению человеческого общества. Основные направления эволюции животных показаны на рисунке 3.7.

Summary



Development of life on our planet was most active in the latest 60—70 million years. In Cainozoi rapid evolution of mammals occurred, and the most primitive representatives of the Primates order, lemurs and flooktonath, appeared. Later the parapiteks and dryopiteks appeared. Then the Man appears; plant and animal world evolution to their modern appearance.

Опорные точки



1. Формирование современных очертаний континентов, разделение отдельных частей суши приводило к изоляции групп живых организмов.
2. Первые хищные и приматы произошли от примитивных насекомоядных млекопитающих.

Вопросы для повторения и задания



1. Охарактеризуйте эволюцию жизни в кайнозойскую эру.
2. Какое влияние оказывали обширные оледенения на развитие растений и животных в кайнозое?
3. Как вы можете объяснить сходство фауны и флоры Евразии и Северной Америки?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

Терминология



Каждому термину, указанному в левой колонке, подберите соответствующее ему определение, приведенное в правой колонке на русском и английском языках.

Select the correct definition for every term in the left column from English and Russian variants listed in the right column.

1. Кайнозойская
эра
Cainozoi era

А. Прежнее название антропогенного периода кайнозойской эры.
Former term for the anthropogenic period of the Cainozoi era.

2. Дрейф
материков
Drift of the
continents

Б. Глобальные снижения температуры, сопровождающиеся распространением ледников на большой площади в средних широтах.
Global decline in temperatures, coinciding with expansion of glaciers over the large areas in temperate regions.

3. Оледенения
Glaciations

В. Смещение материковых плит коры земного шара, приводящее к изменению очертания материков.

Movement of continental land masses, leading to changes in the shape of continents.

4. Четвертичный период
Quaternary period

Г. Эра новой жизни; включает палеогеновый, неогеновый и антропогеновый периоды, продолжается последние 66 млн лет.
The era of new life, that includes paleogenic, neogenic and anthropogenic periods and lasts for the latest 66 million years.

5. Приматы
Primates

Д. Отряд плацентарных млекопитающих, включающий обезьян и людей.
The order of placental mammals, including various monkeys and a man.

Вопросы для обсуждения



Охарактеризуйте основные направления эволюции растений на Земле.

Какое значение для развития живой природы имел переход живых организмов от гаплоидности к диплоидности?

На каких примерах можно наблюдать параллельное развитие животных и растений?

Обзор изученного материала главы 3

Основные положения

Историю Земли принято делить на промежутки времени, границами которых являются крупные геологические события: горообразовательные процессы, поднятия и опускания суши, изменения очертаний материков, уровня океанов.

В архейской эре возникли первые живые организмы. Они были гетеротрофами и в качестве пищи использовали органические соединения «первичного бульона».

Первыми фотосинтезирующими организмами были прокариотические синезеленые — цианеи. Цианеи и появившиеся затем эукариотические зеленые водоросли выделяли в атмосферу из океана свободный кислород.

На границе архейской и протерозойской эр произошло два крупных эволюционных события: появились половой процесс и многоклеточность.

В протерозойской эре в морях обитало много разнообразных водорослей. Начальные звенья эволюции животных не сохранились. В протерозойских отложениях находят остатки представителей вполне сформировавшихся типов беспозвоночных животных: губок, кишечнополостных, членистоногих.

В каменноугольном периоде (карбоне) появляются голосеменные растения, произошедшие от семенных папоротников.

В силурийском периоде на сушу вместе с первыми наземными растениями — псилофитами вышли первые дышащие воздухом животные — членистоногие (паукообразные).

Кистеперые рыбы имели две основные предпосылки для перехода в наземную среду обитания: мускулистые конечности и легкие. В конце девона они дали начало первым земноводным — стегоцефалам.

Рептилии приобрели свойства, позволившие им окончательно порвать связь с водной средой. Внутреннее оплодотворение и накопление желтка в яйцеклетке сделали возможным размножение на суше.

В юрском периоде вымирают семенные папоротники и появляются первые покрытосеменные растения, постепенно распространившиеся на все материки.

Возникновение млекопитающих связано с рядом крупных ароморфозов, развившихся у представителей одного из подклассов пресмыкающихся.

Развитие животного мира в кайнозойскую эру характеризуется дальнейшей дифференциацией насекомых, интенсивным видообразованием у птиц и чрезвычайно быстрым прогрессивным развитием млекопитающих.

Проблемные области

Почему именно палеонтология дает важнейшие доказательства процесса эволюции на нашей планете?

Каковы, по вашему мнению, причины возникновения и вымирания крупных систематических групп живых организмов в различные периоды истории Земли?

Прикладные аспекты

Какие условия внешней среды послужили причиной выхода позвоночных на сушу?

Как можно установить возраст ископаемых остатков растений и животных?

Задания

Повторите материал второй главы и выделите ароморфозные черты начальных этапов биологической эволюции.

Опишите главные направления развития фауны на Земле в различные периоды ее существования.

Происхождение человека

Наследие это складывается из биологических корней как в строении человека, так и в его поведении, на основе которых среда формирует его сущность. Только разобравшись в своем доисторическом прошлом мы сумеем понять, чем мы были и как стали такими, какие мы есть.

Б. Кемпбелл

Общий план строения и сходства многих черт организации человека и животных, особенно млекопитающих, очень давно привлекали внимание людей. Попытки понять место человека в природе, объяснить его сходство с другими организмами, его своеобразие, причины разнообразия признаков человеческого типа во многих странах предпринимались в очень давние времена, возможно, одновременно с появлением научного знания вообще.

Зачатки эволюционных представлений о происхождении человека имеются уже в трудах античных философов. В XVIII в. К. Линней помещает человека в отряд приматов вместе с лемуром и обезьяной. Ламарк считал, что человек произошел от обезьяноподобных предков, перешедших от лазанья по деревьям к хождению по земле.

Крупнейшим событием в понимании истории человека как вида стала работа Дарвина «Происхождение человека и половой отбор». Эта работа великого английского ученого так же, как его произведение «Происхождение видов» нанесли сокрушительный удар по представлениям о человеке как продукте божественного творения. Закономерности же становления человека как социального существа вскрыли только основоположники исторического материализма.

Изучением происхождения и эволюции человека, процесса перехода от биологических закономерностей, которым подчинялось существование его животных предков, к закономерностям социальным, занимается отрасль естествознания — *антропология* (от греч. *anthropos* — человек). Рассмотрим сначала положение человека в системе животного мира.

4.1. Положение человека в системе животного мира

В эмбриональном развитии человека есть черты, характерные для всех представителей типа *Хордовые*: это хорда, нервная трубка на спинной стороне зародыша, жаберные щели в глотке. Развитие позвоночного столба, наличие двух пар конечностей, местонахождение сердца на брюшной стороне тела определяют принадлежность человека к подтипу *позвоночных*. Четырехкамерное сердце, сильно развитая кора головного мозга, теплокровность, млечные железы, волосы на поверхности тела, зубы трех видов (коренные, клыки, резцы) свидетельствуют о принадлежности человека к классу *млекопитающих*.

Развитие плода в теле матери и питание его через плаценту характерно для подкласса *плацентарных*. Такие признаки, как конечности хватательного типа (первый па-

лец противопоставлен остальным), ногти на пальцах, одна пара сосков млечных желез, хорошо развитые ключицы, замена молочных зубов на постоянные в процессе онтогенеза, рождение, как правило, одного детеныша определяют положение человека в отряде *Приматов*.

Более частные признаки — редукция хвостового отдела позвоночника, аппендикс, большое число извилин на полушариях головного мозга, четыре основные группы крови (А, В, 0, АВ), развитие мимической мускулатуры и ряд других — позволяют отнести человека к подотряду *человекообразных обезьян*. Происхождение человека от животных подтверждается целым рядом свойств, указывающих на то, что человек — результат длительной эволюции позвоночных.

В эмбриональном периоде развития у зародыша человека закладываются двухкамерное сердце, шесть пар жаберных дуг, хвостовая артерия — признаки *рыбообразных предков*. От *амфибий* человек унаследовал плавательные перепонки между пальцами, которые имеются у зародыша.

Слабая терморегуляция у новорожденных детей и детей до 5 лет указывает на происхождение от животных с непостоянной температурой тела. Головной мозг плода гладкий, без извилин, как у *низших млекопитающих* мезозойской эры.

У шестинедельного зародыша имеется несколько пар млечных желез. Закладывается также хвостовой отдел позвоночника, который затем редуцируется и превращается в копчик. Таким образом, основные черты строения и эмбрионального развития четко определяют положение вида **Человек разумный** в классе *Млекопитающих*, отряде *Приматов*, подотряде *человекоподобных обезьян*. Вместе с тем человек имеет специфические, присущие только ему особенности: прямохождение, мощно развитую мускулатуру нижних конечностей, сводчатую стопу с сильно развитым первым пальцем, подвижную кисть руки, позвоночник с четырьмя изгибами, расположение таза под углом 60° к горизонтали, очень большой и объемистый мозг, крупные размеры мозгового и малые размеры лицевого черепа, бинокулярное зрение, ограниченную плодовитость, плечевой сустав, допускающий движения с размахом почти до 180°, и некоторые другие. Эти особенности строения и физиологии человека — результат эволюции его животных предков.

Опорные точки



1. Наблюдения за эмбриональным развитием человека показывают его родство с примитивными хордовыми животными, рыбами, амфибиями.
2. Сравнительно-анатомические исследования обнаруживают множество сходных черт у человека с другими представителями класса млекопитающих.

Вопросы для повторения и задания



1. Назовите признаки человека, позволяющие отнести его к подтипу позвоночных животных.
2. Укажите признаки, определяющие положение человека в классе млекопитающих.
3. Какие признаки являются общими для человека и человекообразных обезьян?
4. Перечислите особенности строения, присущие только человеку.

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

4.2. Эволюция приматов

Плацентарные млекопитающие возникли в самом конце мезозойской эры. От примитивных насекомоядных млекопитающих в кайнозойской эре обособился отряд приматов. В палеогене в лесах обитали *лемуры* и *долгопяты* — хвостатые животные небольших размеров. Около 30 млн лет назад появились небольшие животные, жившие на деревьях и питавшиеся растениями и насекомыми. Их челюсти и зубы были такими же, как у человекообразных обезьян. От них произошли *гibbonы*, *орангутаны* и вымершие впоследствии древесные обезьяны — *дриопитеки*. Дриопитеки дали три ветви, которые привели к *шимпанзе*, *горилле* и *человеку*.

Происхождение человека от обезьян, ведущих древесный образ жизни, предопределило особенности его строения, которые в свою очередь явились анатомической основой его способности к труду и дальнейшей социальной эволюции. Для животных, обитающих на ветвях деревьев, лазающих и прыгающих с помощью хватательных движений, необходимо соответствующее строение органов: в кисти первый палец противопоставлен остальным, развивается плечевой пояс, позволяющий совершать движения с размахом 180° , грудная клетка становится широкой и уплощенной в спинно-брюшном направлении. Отметим, что у наземных животных грудная клетка уплощена с боков, а конечности могут перемещаться только в передне-заднем направлении и почти не отводятся в сторону. Ключица сохраняется у приматов, рукокрылых (летучие мыши), но не развивается у быстро бегающих наземных животных.

Передвижение на деревьях в самых разных направлениях с меняющейся скоростью, с непрерывно заново возникающим расстоянием, новой ориентировкой и новым прицелом перед прыжком привело к чрезвычайно высокому развитию двигательных отделов мозга. Необходимость точного определения расстояния при прыжках обусловило сближение глазниц в одной плоскости и появление бинокулярного зрения. В то же время жизнь на деревьях способствовала ограничению плодовитости. Уменьшение численности потомства компенсировалось тщательностью ухода за ним, а жизнь в стаде обеспечивала защиту от врагов.

Во второй половине палеогена в связи с начавшимися горообразовательными процессами наступило похолодание.

Тропические и субтропические леса отступили на юг, появились обширные открытые пространства. В конце палеогена ледники, сползавшие со Скандинавских гор, проникли далеко на юг. Обезьяны, не отступившие к экватору вместе с тропическими лесами и перешедшие к жизни на земле, должны были приспосабливаться к новым суровым условиям и вести тяжелую борьбу за существование.

Беззащитные против хищников, неспособные быстро бегать — настигать добычу или спастись от врагов, лишенные густой шерсти, помогающей сохранять тепло, они могли вы-

жить только благодаря стадному образу жизни и использованию освободившихся от передвижения рук. *Решающим шагом на пути от обезьяны к человеку явилось прямохождение.* Одна из групп обезьян, обитавших 10—12 млн лет назад, дала начало ветви, ведущей к человеку.

Эти животные, ископаемые остатки которых найдены в Южной Африке, получившие название *австралопитеки* (от лат. *australis* — южный), жили стадами, имели массу 20—50 кг и рост 120—150 см. Они ходили на двух ногах при выпрямленном положении тела. В отличие от всех обезьян строение зубной системы у них было сходно с человеческой. Масса мозга составляла 550 г, а руки были свободны. Для защиты и добывания пищи австралопитеки пользовались камнями, костями животных, т. е. имели хорошую двигательную координацию.

Около 2—3 млн лет назад жили существа, более близкие к человеку, чем австралопитеки. Они имели массу мозга до 650 г, умели обрабатывать гальку с целью изготовления орудий. Эти предки человека получили название *Человек умелый*. Эволюция австралопитеков шла в направлении прогрессивного развития прямохождения, способности к труду и совершенствованию головного мозга. По-видимому, в это же время началось использование огня. Естественный отбор сохранял признаки, содействовавшие развитию стадности, т. е. усилению общественного характера поисков добычи и защиты от хищных зверей, что в свою очередь влияло на совершенствование руки и на развитие высшей нервной деятельности (способность к обучению). Все эти особенности обеспечили победу обезьянолюдей в борьбе за существование и привели 1,5—2 млн лет назад к широкому расселению их по Африке, Средиземноморью, Южной, Центральной и Юго-Восточной Азии (табл. 4.1). Использование орудий, стадный образ жизни способствовали дальнейшему развитию мозга и возникновению речи.

Опорные точки



1. Эволюция предков человека шла по пути увеличения объема мозга, совершенствования навыков к труду и развития внутригрупповых связей.

2. Прямохождение явилось важным шагом на пути от обезьяны к человеку.

Вопросы для повторения и задания



1. От какой группы млекопитающих произошел отряд приматов?
 2. От каких обезьян возникла эволюционная ветвь, ведущая к человеку?
 3. Покажите, как черты строения и образ жизни обезьяноподобных предков предопределили развитие признаков вида Человек разумный.
-

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

4.3. Стадии эволюции человека

Признаком, отделяющим человекообразных обезьян от людей, считается *масса мозга, равная 750 г.* Именно при такой массе мозга овладевает речью ребенок. Речь древних людей была очень примитивной, но она составляет качественное отличие высшей нервной деятельности человека от высшей нервной деятельности животных. Слово, обозначающее действия, трудовые операции, предметы, а затем и обобщенные понятия, стало важнейшим средством общения между людьми.

Речь способствовала более эффективному взаимодействию членов первобытного стада в трудовых процессах, передаче накопленного опыта от поколения к поколению, т. е. обучению. В борьбе за существование получили преимущество те первобытные стада древних людей, которые стали заботиться о стариках и поддерживать особей, ослабевших физически, но обладающих опытом и выделявших своими умственными способностями. Бесполезные ранее старики, съедаемые соплеменниками при нехватке пищи, стали ценными членами общества как носители знания. Речь содействовала развитию процесса мышления, совер-

шенствованию трудовых процессов, эволюции общественных отношений.

В процессе становления человека выделяют три стадии:

- 1) древнейшие люди,
- 2) древние люди,
- 3) современные люди.

Древнейшие люди. Считают, что древнейшие люди возникли около 1 млн лет назад. Известно несколько форм древнейших людей: *питекантроп*, *синантроп*, *гейдельбергский человек* и ряд других. Внешне они уже походили на современного человека, хотя отличались мощными надглазничными валиками, отсутствием подбородочного выступа, низким и покатым лбом. Масса мозга достигала 800—1000 г. Мозг имел более примитивное строение, чем у позднейших форм. Древнейшие люди успешно охотились на буйволов, носорогов, оленей, птиц. С помощью отесанных камней они разделявали убитых животных. Жили они в основном в пещерах и умели использовать огонь. Одновременно существовало довольно много форм древнейших людей, стоявших на разных ступенях развития и эволюционировавших в разных направлениях (в том числе в направлении гигантизма).

Наиболее перспективным направлением эволюции было дальнейшее увеличение объема головного мозга, развитие общественного образа жизни, совершенствование орудий труда, более широкое использование огня (не только для обогрева и отпугивания хищников, но и для приготовления пищи). Все другие формы, в том числе гиганты, быстро исчезли.

Древние люди (неандертальцы). К древним людям относят новую группу людей, появившихся около 200 тыс. лет назад. Они занимают промежуточное положение между древнейшими людьми и первыми современными людьми. *Неандертальцы* были очень неоднородной группой. Изучение многочисленных скелетов показало, что в эволюции неандертальцев при всем разнообразии строения можно выделить две линии.

Одна линия шла в направлении мощного физического развития. Это были существа с низким скошенным лбом, низким затылком, сплошным надглазничным валиком, слабо развитым подбородочным выступом, крупными зубами.

При сравнительно небольшом росте (155—165 см) они обладали чрезвычайно мощно развитой мускулатурой. Масса мозга достигала 1500 г. Полагают, что неандертальцы пользовались зачаточной членораздельной речью.

Другая группа неандертальцев характеризовалась более тонкими чертами — меньшими надбровными валиками, высоким лбом, более тонкими челюстями и более развитым подбородком. В общем физическом развитии они заметно уступали первой группе. Но взамен у них значительно увеличился объем лобных долей головного мозга. Эта группа неандертальцев боролась за существование не путем усиления физического развития, а через развитие внутригрупповых связей при охоте, при защите от врагов, от неблагоприятных природных условий, т. е. через объединение сил отдельных особей. Этот эволюционный путь и привел к появлению 40—50 тыс. лет назад вида Человек разумный — *Homo sapiens*.

Некоторое время неандертальцы и первые современные люди сосуществовали, а затем, примерно 28 тыс. лет назад, неандертальцы были окончательно вытеснены первыми современными людьми — *кроманьонцами*.

Первые современные люди. Кроманьонцы были высокого роста — до 180 см, с высоким лбом, объем черепной коробки достигал 1600 см³. Сплошной надглазничный валик отсутствовал. Кроманьонцы владели членораздельной речью, о чем свидетельствует хорошо развитый подбородочный выступ. Хорошо развитый мозг, общественный характер труда привели к резкому уменьшению зависимости человека от внешней среды, к установлению контроля над некоторыми сторонами среды обитания, к появлению абстрактного мышления и попыткам отражения окружающей их действительности в художественных образах — наскальных рисунках, вырезыванию фигурок из кости и т. п.

Эволюция человека вышла из-под ведущего контроля биологических факторов и приобрела социальный характер. Основные этапы становления человека изображены на схеме (рис. 4.1).

Роль труда в происхождении человека. Такие особенности человека, как высокоразвитая центральная нервная система и речь как средство общения людей, разделение

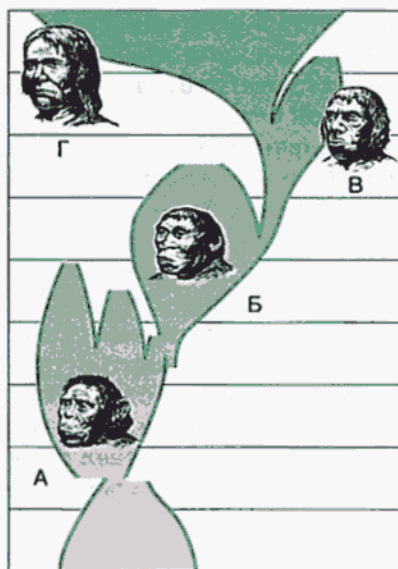


Рис. 4.1.

Схема основных этапов эволюции человека:

*А — австралопитековые,
Б — архантропы,
В — палеоантропы,
Г — современные люди*

функций верхних и нижних конечностей, неспециализированная рука, способная производить сотни разнообразных и тонких движений, создание общества взамен стада, явились результатом трудовой деятельности человека. На это качественное своеобразие эволюции человека указал Ф. Энгельс в работе «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека».

4.4. Современный этап эволюции человека

Все современное человечество принадлежит к одному виду. Единство человечества вытекает из общности происхождения, сходства строения и плодovitости потомства, браков между представителями разных рас. Общий уровень физического и умственного развития одинаков у всех людей.

Внутри вида *Homo sapiens* выделяют три большие расы: негроидную (черную), европеоидную (белую), монголоидную (желтую). Каждая из них делится на малые расы.

Таблица 4.1

Основные стадии эволюции человека

Время появления признака, до н. э.	Признаки, характерные для людей	Стадия антропогенеза	Представители среди ископаемых форм	Масса мозга, г	Распространение по планете
1	2	3	4	5	6
Более 10 млн лет	Прямохождение	Отдельные ветви гоминидов	Австралопитек	Около 500	Индия, Африка
4,5—1,75 млн лет	Использование различных предметов	Прегоминидная	Австралопитек	Около 500	Африка, Азия
2 млн лет	Изготовление орудий		Человек умелый	750	Африка
Ранние формы — 2,6 млн лет, расцвет — 600—400 тыс. лет	Поддержание огня. Речь (примитивная, состоящая из отдельных выкриков). Простые формы коллективной деятельности	Древнейшие люди	Человек прямоходящий (питекантроп)	850—1100	Африка, Западная и Центральная Европа, Индонезия, Восточная Азия

Окончание таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
Ранние формы — 1,5 млн лет, расцвет — 250—40 тыс. лет	Добывание огня. Сложные формы коллективной деятельности (загонная охота). Забота о близких. Речь типа лепета	Древние люди	Неандерталец	до 1500	Европа, Африка, Азия
Менее 40 тыс. лет	Настоящая речь. Мышление. Искусство	Современные люди	Кроманьонец	Около 1400	Европа, Азия, Африка, Австралия, Америка
Менее 10 тыс. лет	Развитие сельского хозяйства, промышленного производства, техники, науки			Около 1400	Всесветное

Различия между расами сводятся к особенностям цвета кожи, волос, глаз, формы носа, губ и т. д. Возникли эти различия в процессе приспособления человеческих популяций к местным природным условиям. Для современного этапа эволюции человека (последние 30—40 тыс. лет) характерно резкое снижение роли биологических факторов. Для эволюции животных решающее значение имеет изменение условий обитания, к которым популяции и виды приспособляются путем естественного отбора.

Человеческие сообщества сами создают для себя среду обитания, освобождаясь тем самым от движущей формы естественного отбора.

Обратим внимание на то обстоятельство, что наиболее крупное оледенение четвертичного периода — 250 тыс. лет назад — совпало с решающим событием в биологической эволюции человека — возникновением сложных форм коллективной деятельности. В суровых условиях ледникового периода только такие формы деятельности и могли обеспечить выживание питекантропов и обусловить переход их к более высокому уровню развития — неандертальцам.

После возникновения современного человека (кроманьонец) климатические условия также подверглись достаточному резким колебаниям. Новое оледенение, кульминация которого приходится на период 17—16 тыс. лет назад, уже не повлияло на физический тип человека, так как человеческое общество к тому времени путем совершенствования коллективных форм деятельности и материальной культуры сумело противостоять неблагоприятным условиям среды.

Таким образом, ведущую роль в эволюции человечества стали играть социальные факторы, однако жизнедеятельность каждого отдельного человека подчинена биологическим законам. Сохраняет все свое значение и мутационный процесс как источник генотипической изменчивости. В известной мере действует стабилизирующая форма естественного отбора, устраняя резко выраженные отклонения от средней нормы. Примером действия стабилизирующего отбора служат повышенная смертность недоношенных детей вследствие снижения жизнеспособности, повышенная смертность мальчиков в первые годы после рождения вследствие фенотипического проявления неблагоприятных аллелей.

лей, локализованных в X-хромосоме. Благодаря существованию неблагоприятных аллелей, приводящих в гомозиготном состоянии к смерти до наступления репродуктивного возраста или препятствующих оставлению потомства, примерно половина зигот, образующихся в каждом поколении людей, не участвует в передаче генов следующему поколению и устраняется из генофонда вида. Около 20% людей вследствие физических особенностей, особенностей поведения, характера, состояния здоровья не вступают в брак. Если родители плодовиты, около 15% зачатых организмов гибнет до рождения, 5% — при рождении и непосредственно после рождения, 3% людей умирает, не достигнув половой зрелости. Эти цифры показывают, как велик «груз» вредных мутаций в генофонде человечества и сколь эффективен стабилизирующий отбор, отмечающий нежизнеспособные генотипы.

В наше время изоляция как эволюционный фактор утрачивает свое значение для человека. Исчезновение классовых, религиозных, расовых и других барьеров, повышение частоты смешанных браков усиливает генотипическое разнообразие человечества. В процессе социальной эволюции создаются все более благоприятные возможности для раскрытия индивидуальности каждого человека. Общественный характер труда позволил человеку выделиться из природы, создать для себя искусственную среду обитания.

Summary



A Man of recent type has appeared somewhere in the Eastern Mediterranean and in the Asia Minor. Evidently, in these places the last step towards formation of *Homo sapiens* was made. That time the modern appearance of our human species finally developed. Recent period of human evolution, covering the latest 30 to 40 thousand years, is characterized by decreasing influence of biological factors. Thus, animals were dependent on environmental changes, while a Man is creating environment by itself. By these means, human beings are released from the pressure of centrifugal natural selection.

Опорные точки



1. В процессе эволюции человека выделяют древнейших людей, древних людей — неандертальцев и первых современных людей — кроманьонцев.
 2. Развитие человека сопровождалось увеличением объема головного мозга и, как следствие, совершенствованием трудовых навыков, появлением членораздельной речи и развитием коммуникаций в группах.
-

Вопросы для повторения и задания



1. Охарактеризуйте прогрессивные черты в развитии древнейших людей.
 2. Когда появились первые современные люди?
 3. Охарактеризуйте современный этап эволюции человека.
 4. Какая форма естественного отбора действует на человеческие сообщества?
 5. Какие основные расы выделяют внутри вида *Homo sapiens*?
-

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

Терминология



Каждому термину, указанному в левой колонке, подберите соответствующее ему определение, приведенное в правой колонке на русском и английском языках.

Select the correct definition for every term in the left column from English and Russian variants listed in the right column.

1. Древнейший человек
The ancient Man

А. Перемещение по земле на задних конечностях, что позволило высвободить руки для защиты и добычи пищи.
Moving erect on the ground only by foot, that makes it possible to use hands for protection and obtaining food.

2. Неандерталец
The Neanderthal Man

Б. Первые современные люди, характеризовавшиеся прямохождением и обладавшие членораздельной речью.
The earliest people of recent type, which walked erect and had articulate speech.

3. Кроманьонец
The Cromagnon Man

В. Группа людей, живших менее 200 тыс. лет тому назад.
A group of people, that existed less than 200 thousand years ago.

4. Прямохождение
Upright moving

Г. Неоднородная группа людей, относящаяся к роду Человек и включающая питекантропов, синантропов и др. Жили около 1 млн лет назад.
Diverse group of people belonging to the genus Homo, which included pithecanthropes, synanthropes, etc., and lived about one million years ago.

5. Членораздельная речь
Articulate speech

Д. Вид коммуникативной деятельности человека, при которой использование средств языка для общения приобретает устойчивый понятийный характер.
The type of human communicative activity, when the language used to transfer information includes stable notions and concepts.

Вопросы для обсуждения



Какие признаки, развивающиеся у зародыша человека, указывают на его животное происхождение?

В каком направлении действовал естественный отбор в процессе эволюции человека?

Почему неандертальцы были вытеснены современными людьми — кроманьонцами?

Какие факторы, по мнению Ф. Энгельса, явились ведущими в эволюции первых современных людей?

Завершая изучение развития жизни на Земле, необходимо еще раз остановиться на главных вопросах этого явления. С позиций современной науки, в свете знания, накопленного многими поколениями ученых, эволюция жизни — это очевидный факт. Споры о том, есть эволюция или ее нет, кипевшие во времена Дарвина и даже в начале XX в., сейчас беспредметны. Преемственность признаков и постепенность их преобразования, например в ряду позвоночных (рыбы — амфибии — рептилии — млекопитающие — человек), уже служат убедительным доказательством развития групп живых организмов в сторону все более сложных форм существования живой материи.

Современные методы изучения природы дают все новые доказательства преемственности между низкоорганизованными и высокоорганизованными формами жизни. Так установлено, что в геноме человека примерно 95% генов унаследованы от наших обезьяноподобных предков, 60—70% из них принадлежат примитивным насекомоядным млекопитающим, послужившим исходной группой для эволюции всех приматов. В геноме человека есть также гены, переданные через длинный ряд промежуточных форм от рыбообразных предков и т. д. Эти современные данные убедительно подтверждают биогенетический закон, объяснявший ряд примитивных признаков в эмбриональном развитии высших форм их происхождением от низших.

Обзор изученного материала главы 4

Основные положения

Крупнейшим событием в понимании истории человека как вида стала работа Дарвина «Происхождение человека и половой отбор».

Основные черты строения и эмбрионального развития четко определяют положение вида Человек разумный в типе Хордовых, подтипе Позвоночных, классе Млекопитающих, отряде Приматов, подотряде человекоподобных обезьян.

Происхождение человека от обезьян, ведущих древесный образ жизни, предопределило особенности его строения, которые, в свою очередь, явились анатомической основой его способности к труду и дальнейшей социальной эволюции.

Решающим шагом на пути от обезьяны к человеку явилось прямохождение.

Австралопитеки жили стадами, имели массу 20—50 кг и рост 120—150 см, ходили на двух ногах при выпрямленном положении тела.

Около 2—3 млн лет назад жили существа, получившие название Человек умелый. Они имели массу мозга до 650 г, умели обрабатывать гальку с целью изготовления орудий.

Признаком, отделяющим человекообразных обезьян от людей, считается масса мозга, равная 750 г.

В процессе становления человека выделяют три стадии: древнейшие люди, древние люди, современные люди.

Считают, что древнейшие люди возникли около 1 млн лет назад. Известно несколько форм древнейших людей: питекантроп, синантроп, гейдельбергский человек и ряд других.

К древним людям относят группу людей, появившихся около 200 тыс. лет назад, — неандертальцев. Они занимают промежуточное положение между древнейшими людьми и первыми современными людьми.

40—50 тыс. лет назад появился вид Человек разумный — *Homo sapiens*.

Эволюция человека вышла из-под ведущего контроля биологических факторов и приобрела социальный характер.

Все современное человечество принадлежит к одному виду.

Единство человечества вытекает из общности происхождения, сходства строения и плодовитости потомства, браков между представителями разных рас.

Ведущую роль в эволюции человечества стали играть социальные факторы, однако жизнедеятельность каждого отдельного человека подчинена биологическим законам.

Проблемные области

Какие особенности в образе жизни древнейших людей свидетельствуют об их более высоком уровне развития по сравнению с древнейшими формами?

Как связаны развитие мозга и совершенствование орудий труда?

Прикладные аспекты

Какими современными методами можно определить возраст предковых форм человека?

Какие механизмы лежат в основе формирования человеческих рас?

На какие факты можно опереться, доказывая ложность теории расизма?

Задания

С позиций биогенетического закона докажите животное происхождение человека.

Поясните, что такое социальные отношения, и расскажите, как они складывались на разных этапах эволюции человека.



РАЗДЕЛ

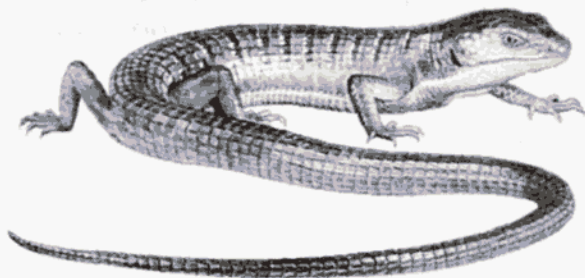
2

Взаимоотношения организма и среды



В процессе исторического развития жизни на нашей планете возникало и исчезало очень большое количество видов, относящихся ко всем царствам живой природы. В любой исторический момент, включая настоящее время, различные систематические группы растений, животных, грибов и микроорганизмов занимают определенное место — среду обитания, получившую название биосферы, т. е. сферы Земли, заселенной живыми организмами.

Понятие о биосфере впервые ввел в науку Ж.-Б. Ламарк в 1803 г. для обозначения всей совокупности живых организмов, обитающих на земном шаре, однако, как и его эволюционная теория, представления ученого не нашли широкого признания. Лишь спустя более чем 70 лет, в 1875 г., этот термин воскресил знаменитый австрийский геолог Э. Зюсс. В биосфере живые организмы активно взаимодействуют друг с другом. Характер этих взаимодействий — предмет изучения экологии (от греч. oikos — дом и logos — наука) — науки, в основе которой лежат эволюционное учение и представления об историческом развитии живых организмов на Земле.



Биосфера, ее структура и функции

...Явления жизни и явления мертвой природы, взятые с геологической, т. е. с планетной, точки зрения, являются проявлением единого процесса.

...Мы получили в науке ряд наблюдений и достижений, которые указывают на огромное значение организмов в земной коре, в частности в химических ее процессах, и которые давно заслуживают систематической сводки и научной обработки с точки зрения общего проявления свойств живого.

В. И. Вернадский

Эволюция биосферы обусловлена тесно связанными между собой тремя группами факторов: развитием нашей планеты как космического тела и протекающих в ее недрах химических преобразований, биологической эволюцией живых организмов и развитием человеческого общества.

Около 70 лет назад выдающийся ученый академик В. И. Вернадский разработал учение о биосфере — оболочке Земли, населенной живыми организмами. В. И. Вернадский распространил понятие биосферы не только на организмы, но и на среду их обитания. Выявив геологическую роль живых организмов, он показал, что их деятельность представляет собой важнейший фактор преобразования минеральных оболочек планеты: «На земной поверхности нет химической силы более постоянно действующей, а поэтому более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом». Правильно поэтому называть биосферу оболочкой Земли, которая не только населена, но и преобразуется живыми существами.

5.1. Структура биосферы

Биосфера включает: *живое вещество*, образованное совокупностью организмов; *биогенное вещество*, которое создается в процессе жизнедеятельности организмов (газы атмосферы, каменный уголь, нефть, известняки и др.); *косное вещество*, которое формируется без участия живых организмов; *биокосное вещество*, представляющее собой совместный результат жизнедеятельности организмов и небиологических процессов (например, почвы).

5.1.1. Косное вещество биосферы

Границы биосферы (рис. 5.1) определяются факторами земной среды, которые делают невозможным существование живых организмов. Верхняя граница проходит примерно на высоте 20 км от поверхности планеты и отграничена слоем озона, который задерживает губительную для жизни коротковолновую часть ультрафиолетового излучения Солнца.

Таким образом, живые организмы могут существовать в тропосфере и нижних слоях стратосферы. В гидросфере земной коры организмы проникают на всю глубину Мирового океана — до 10—11 км. В литосфере жизнь встречается на глубине 3,5—7,5 км, что обусловлено температурой земных недр и уровнем проникновения воды в жидком состоянии.

Атмосфера. Газовая оболочка состоит в основном из *азота* и *кислорода*. В небольших количествах в ней содержится диоксид углерода (0,03%) и озон. Состояние атмосферы оказывает большое влияние на физические, химические и биологические процессы на поверхности Земли и в водной среде. Для биологических процессов наибольшее значение имеют: кислород, используемый для дыхания и минерализации мертвого органического вещества, диоксид углерода, участвующий в фотосинтезе, и озон, экранирующий земную поверхность от жесткого ультрафиолетового излучения. Азот, диоксид углерода, пары воды образовались в значительной мере благодаря вулканической деятельности, а кислород — в результате фотосинтеза.

Гидросфера. Вода — важный компонент биосферы и один из необходимых факторов существования живых организмов. Основная ее часть (95%) находится в Мировом океане, который занимает около 70% поверхности земного шара и содержит 1300 млн/км³. Поверхностные воды (озера, реки) включают всего 0,182 млн/км³, а количество воды в живых организмах составляет всего 0,001 млн/км³. Значительные запасы воды (24 млн/км³) содержат ледники. Большое значение имеют газы, растворенные в воде: кислород и диоксид углерода. Их количество широко варьирует в зависимости от температуры и присутствия живых организмов. Диоксида углерода, содержащегося в воде, в 60 раз больше, чем в атмосфере. Гидросфера формировалась в связи с развитием литосферы, которая в течение геологической истории Земли выделяла большое количество водяного пара.

Литосфера. Основная масса организмов, обитающих в пределах литосферы, находится в почвенном слое, глубина которого не превышает нескольких метров. Почва включает минеральные вещества, образующиеся при разрушении горных пород, и органические вещества — продукты жизнедеятельности организмов.

5.1.2. Живые организмы (живое вещество)

Хотя границы биосферы довольно узки, живые организмы в их пределах распределены очень неравномерно. На большой высоте и в глубинах гидросферы и литосферы орга-

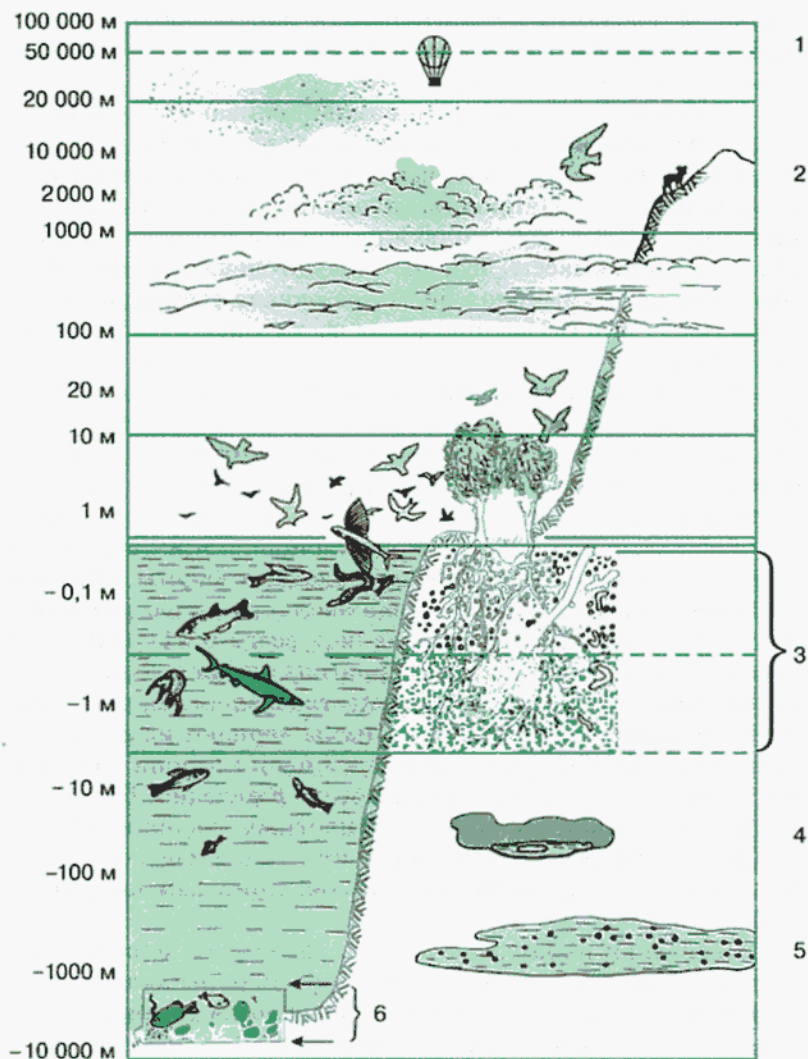


Рис. 5.1. Распространение организмов в биосфере:

1 — уровень озонового слоя, задерживающего жесткое ультрафиолетовое излучение, 2 — граница снегов, 3 — почва, 4 — животные, обитающие в пещерах, 5 — бактерии в нефтяных скважинах, 6 — придонные организмы

низмы встречаются относительно редко. Жизнь сосредоточена главным образом на поверхности земли, в почве и в приповерхностном слое океана.

Общую массу живых организмов оценивают в $2,43 \times 10^{12}$ т. Биомасса организмов, обитающих на суше, на 99,2% представлена зелеными растениями и 0,8% — животными и микроорганизмами. Напротив, в океане на долю растений приходится 6,3%, а на долю животных и микроорганизмов 93,7% всей биомассы. Жизнь сосредоточена главным образом на суше. Суммарная биомасса океана составляет всего $0,03 \times 10^{12}$ т, или 0,13% биомассы всех существ, обитающих на Земле.

В распределении живых организмов по видовому составу наблюдается важная закономерность. Из общего числа видов 21% приходится на растения, но их вклад в общую биомассу составляет 99%. Среди животных 96% видов — беспозвоночные и только 4% — позвоночные, из которых только десятая часть — млекопитающие. Таким образом, в количественном отношении преобладают формы, стоящие на относительно низком уровне эволюционного развития. Масса живого вещества составляет всего 0,01—0,02% от косного вещества биосферы, однако она играет ведущую роль в геохимических процессах. Вещества и энергию, необходимую для обмена веществ, организмы черпают из окружающей среды. Огромные количества живой материи воссоздаются, преобразуются и разлагаются. Ежегодно, благодаря жизнедеятельности растений и животных, воспроизводится около 10% биомассы. Чтобы представить масштабы геохимической деятельности организмов, приведем некоторые цифры.

Ежегодная продукция живого вещества в биосфере составляет 232,5 млрд т сухого органического вещества. За это же время в процесс фотосинтеза вовлекается 46 млрд т углерода. Для этого необходимо, чтобы 170×10^9 т диоксида углерода прореагировало с 68×10^9 т воды. В процесс жизнедеятельности ежегодно вовлекается 6×10^9 азота, 2×10^9 фосфора, а также калий, кальций, магний, сера, железо и другие элементы.

Деятельность живых организмов служит основой круговорота веществ в природе.

Опорные точки



1. Биосфера Земли — оболочка планеты, заселенная и преобразованная живыми организмами.
2. Границы биосферы пролегают непосредственно под озоновым экраном и в толще земной коры на глубине 3—7 км.
3. В основном жизнь сконцентрирована на поверхности Земли и в приповерхностных водах мирового океана.
4. Растения составляют основную часть биомассы планеты.

Вопросы для повторения и задания



1. Какова общая биомасса живого вещества на Земле?
2. Охарактеризуйте распределение живых организмов по суше.
3. Что означает понятие «видовой состав» биосферы?
4. Представители каких систематических групп животных преобладают на суше?
5. Какой вклад вносят позвоночные животные в биомассу океана?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

5.2. Круговорот веществ в природе

Главная функция биосферы заключается в обеспечении круговорота химических элементов, который выражается в циркуляции веществ между атмосферой, почвой, гидросферой и живыми организмами.

Круговорот воды. Вода испаряется и воздушными течениями переносится на большие расстояния. Выпадая на поверхность суши в виде осадков, она способствует разрушению горных пород, делает их недоступными для растений и микроорганизмов, размывает верхний почвенный слой

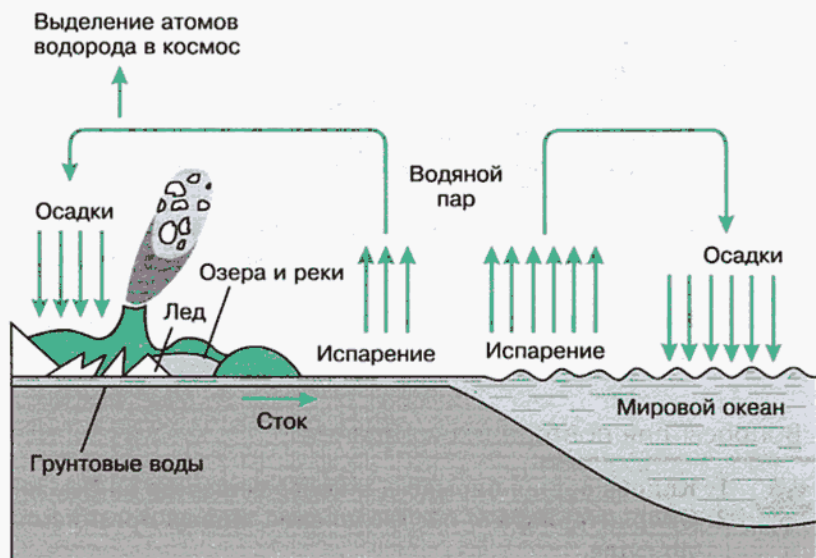


Рис. 5.2. *Круговорот воды в биосфере*

и уходит вместе с растворенными в ней химическими соединениями и взвешенными органическими частицами в моря и океаны (рис. 5.2). Циркуляция воды между океаном и суши представляет собой важнейшее звено в поддержании жизни на Земле. Благодаря этому процессу происходит постепенное разрушение литосферы, компоненты которой переносятся в моря и океаны.

Круговорот углерода. Углерод входит в состав разнообразных органических веществ, из которых состоит все живое. В процессе фотосинтеза зеленые растения используют углерод диоксида углерода и водород воды для синтеза органических соединений, а освободившийся кислород поступает в атмосферу. Им дышат различные животные и растения, а конечный продукт дыхания — CO_2 — выделяется в атмосферу (рис. 5.3).

Круговорот азота. Атмосферный азот включается в круговорот благодаря деятельности азотфиксирующих бактерий и водорослей, синтезирующих нитраты, пригодные для использования растениями (рис. 5.4). Часть азота фиксиру-

ется в результате образования оксидов во время электрических разрядов в атмосфере. Соединения азота из почвы поступают в растения и используются для построения белков. После отмирания живых организмов *гнилостные бактерии* разлагают органические остатки до аммиака. *Хемосинтезирующие бактерии* превращают аммиак в азотистую, затем в азотную кислоту. Некоторое количество азота, благодаря деятельности *денитрифицирующих бактерий*, поступает в воздух. Часть азота оседает в глубоководных отложениях и на длительный срок выключается из круговорота; эта потеря компенсируется поступлением азота в воздух с вулканическими газами.

Круговорот серы. Сера входит в состав ряда аминокислот и также представляет собой жизненно важный элемент.

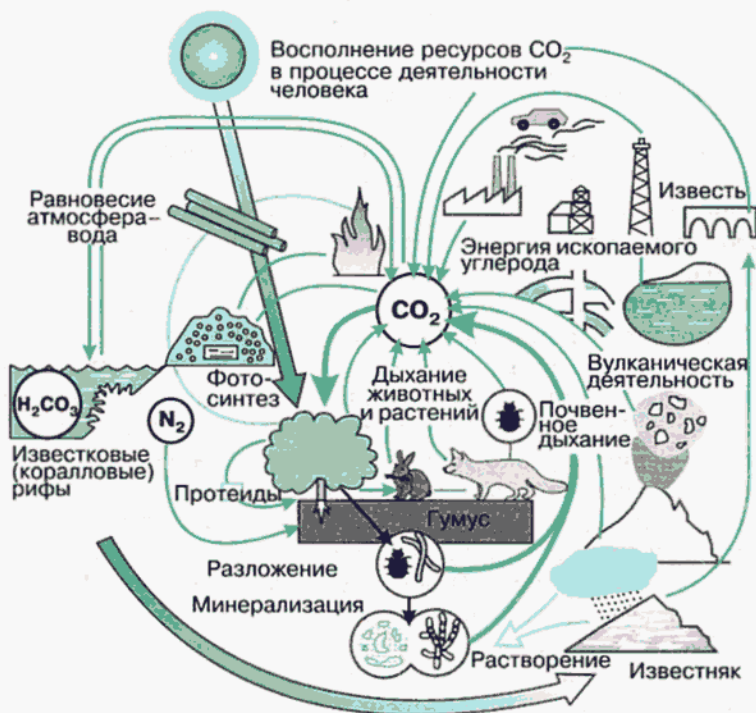


Рис. 5.3. Круговорот углерода в биосфере

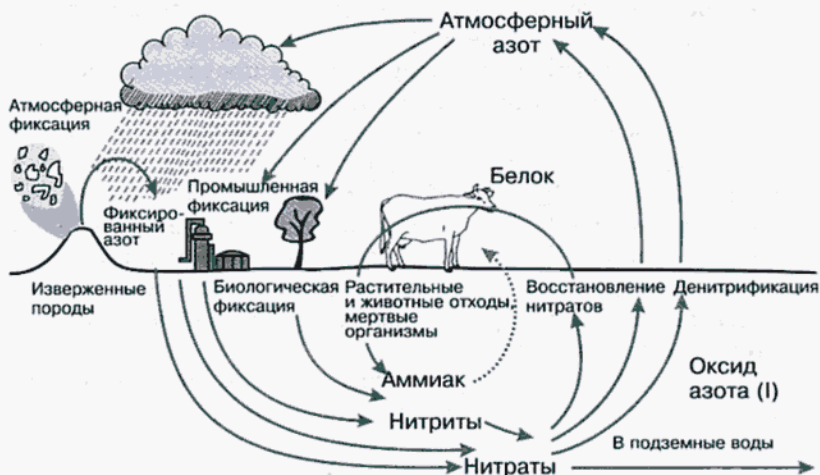


Рис. 5.4. Круговорот азота в биосфере

Находящиеся глубоко в почве и в морских осадочных породах соединения серы с металлами — сульфиды — переводятся микроорганизмами в доступную форму — сульфаты, которые и поглощаются растениями. С помощью бактерий осуществляются отдельные реакции окисления-восстановления. Глубоко залегающие сульфаты восстанавливаются до H_2S , который поднимается вверх и окисляется аэробными бактериями до сульфатов. Разложение трупов животных или остатков растений обеспечивает возврат серы в круговорот (рис. 5.5). В результате деятельности человека движение многих веществ резко ускоряется, при этом в одних местах возникает недостаток, а в других — избыток каких-то веществ. Примером служит повышенный выброс SO_2 в атмосферу при сжигании топлива. В окрестностях медеплавильных заводов избыток SO_2 в воздухе вызывает гибель растительности вследствие нарушения процесса фотосинтеза.

Круговорот фосфора. Фосфор сосредоточен в отложениях, образовавшихся в прошлые геологические эпохи. Постепенно он вымывается из них и попадает в экосистемы или вносится на поля как удобрение. Растения используют только часть этого фосфора; много его уносится реками в моря



Рис. 5.5. Круговорот серы в биосфере

и снова отлагается в осадках. Вместе с выловом рыбы, содержащей этот элемент, на сушу возвращается примерно 60 000 т элементарного фосфора, добывается же ежегодно 1—2 млн т фосфорсодержащих пород. Хотя запасы фосфорсодержащих пород велики, в будущем придется предпринимать специальные меры для возвращения фосфора в круговорот веществ.

Summary



Ecological systems of different level of complexity are the largest biological systems. They include biocoenoses (ecosystems) and biosphere in whole. Like all other biological systems, they are characterized by certain rates of substance exchange and energy flow, reproduction of its elements, development, etc. All the components of biosphere — biological, biomineral and inorganic compounds — exist in continuous interaction with each other.

Опорные точки



1. Циркуляция воды между океаном и сушей представляет собой важнейшее звено в поддержании жизни на Земле.
2. Углерод входит в состав разнообразных органических веществ, из которых состоит все живое.
3. Атмосферный азот включается в круговорот благодаря деятельности азотфиксирующих бактерий и водорослей, синтезирующих нитраты, пригодные для использования растениями.
4. Сера входит в состав ряда аминокислот и представляет собой жизненно важный элемент.

Вопросы для повторения и задания



1. В чем заключается главная функция биосферы?
2. Расскажите о круговороте воды в природе.
3. Какие организмы поглощают диоксид углерода из атмосферы?
4. Каким путем связанный углерод вновь возвращается в атмосферу?
5. Опишите круговорот азота в природе.
6. Какую роль играют микроорганизмы в круговороте серы?
7. Как деятельность человека влияет на круговорот серы, фосфора?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

Терминология



Каждому термину, указанному в левой колонке, подберите соответствующее ему определение, приведенное в правой колонке на русском и английском языках.

Select the correct definition for every term in the left column from English and Russian variants listed in the right column.

1. Биосфера Biosphere	А. Количество живого вещества, той или иной биологической системы, приходящееся на единицу площади или объема. The quantity of living compound in this or that biological system per square or volume unit.
2. Живое вещество Biological compound	Б. Совокупность продуктов, возникающая при взаимодействии живого вещества с факторами неживой природы и косным веществом биосферы. Complex of substances, that appear due to interactions of living organisms with nonliving nature and inorganic compounds.
3. Косное вещество Inorganic compound	В. Совокупность живых организмов в биосфере. The whole complex of living organisms in biosphere.
4. Биокосное вещество Biom mineral compound	Г. Неживое вещество биосферы, включающее компоненты атмосферы, литосферы и гидросферы. Nonliving substances in biosphere, including components of atmosphere, lithosphere and hydrosphere.
5. Биомасса Biomass	Д. Область существования и функционирования на Земле живых организмов, в которой их совокупная деятельность проявляется как геохимический фактор планетарного масштаба. Area on the Earth, where living organisms are existing and functioning, and where their joint activity is apparent as the geochemical factor of planetary scale.

Вопросы для обсуждения



Каким образом формируется биокосное вещество биосферы?

Как скоро образуются скопления биокосного вещества?

В чем заключается влияние изменений компонентов атмосферы, литосферы и гидросферы на гомеостаз биосферы в целом?

Обзор изученного материала главы 5

Основные положения

Выделение уровней организации живой материи позволяет наиболее полно характеризовать отдельные проявления жизнедеятельности, являющиеся основой выработки обобщенных представлений о жизни.

Виды живых организмов интегрированы в сообщества — биоценозы, в которых связаны пищевыми и многими другими взаимодействиями.

Совокупность биоценозов формирует биосферу в целом. В биосфере живые организмы осуществляют непрерывный обмен веществ — круговорот элементов и молекул.

«На земной поверхности нет химической силы более постоянно действующей, а поэтому более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом».

Биосфера включает: живое вещество, биогенное вещество, косное вещество и биокосное вещество.

Границы биосферы определяются факторами земной среды, которые делают невозможным существование живых организмов.

Жизнь сосредоточена главным образом на поверхности земли, в почве и в приповерхностном слое океана.

В биосфере в количественном отношении преобладают формы, стоящие на относительно низком уровне эволюционного развития.

Ежегодно благодаря жизнедеятельности растений и животных воспроизводится около 10% биомассы.

Главная функция биосферы заключается в обеспечении круговорота химических элементов, который выражается в циркуляции веществ между атмосферой, почвой, гидросферой и живыми организмами.

Проблемные области

В чем заключается геохимическая роль живых организмов?

Приведите примеры.

Как и почему изменяется плотность жизни в различных частях биосферы?

Охарактеризуйте верхние и нижние пределы распространения жизни в биосфере.

Прикладные аспекты

Каким образом живые организмы влияют на круговорот воды и других веществ и элементов?

В чем заключается влияние человеческой деятельности на глобальные круговороты веществ в биосфере? Проиллюстрируйте ответ примерами.

Задания

Как вы думаете, в чем заключается необходимость знаний особенностей и закономерностей биогенной миграции атомов?

Повторите материал настоящей главы и четко сформулируйте основные понятия.

Жизнь в сообществах. Основы экологии

Везде, вплоть до покрытых льдами полюсов, воздух звенит от пения птиц и жужжания кружащихся насекомых. Не только в густых парах нижних слоев атмосферы, но и в чистом эфире верхних слоев все полно жизни.

А. Гумбольдт

В этой главе вы узнаете, что жизнь каждого отдельного организма невозможна вне сообщества с особями, ему подобными, и другими видами живых организмов, являющимися для него пищевой базой и вступающими с ним в иные формы взаимоотношений.

О том, как формируются такие сообщества организмов различных видов, в чем причины их устойчивости в неодинаковых условиях окружающей среды, как взаимодействуют между собой особи разных видов и какие факторы влияют на устойчивость биологических систем надвидового ранга.

Все живые организмы, населяющие нашу планету, существуют не сами по себе, они зависят от окружающей среды и испытывают на себе ее воздействия. Этот точно согласованный комплекс множества факторов окружающей среды и приспособления к ним живых организмов обуславливает возможность существования всевозможных форм организмов и самого различного образа их жизни.

Взаимосвязи и закономерности сосуществования живых организмов в природе; организацию и функционирование популяций, биоценозов, биогеоценозов и биосферы в целом; законы «здорового» состояния как нормы и основы существования жизни изучает экология. Знание истории образования, структуры сообществ живых организмов и тех факторов окружающей среды, которые оказывают воздействия на них, позволит сохранить необходимую для жизни человека среду и разумно использовать природные ресурсы.

6.1. История формирования сообществ живых организмов

Вся суша подразделяется на крупные области, называемые материками или континентами: Европу, Азию, Африку, Северную и Южную Америку, Австралию и Антарктиду. Растительный и животный мир континентов сильно различаются. Чем это объяснить? Известно несколько причин, обуславливающих несходство живого мира в тех или иных местах земного шара.

Первая из них — геологическая история материков. Сотни миллионов лет назад континентов не было и суша представляла собой монолитный массив — Пангею (рис. 6.1, А). Около 200 млн лет тому назад, в триасовом периоде мезозойской эры, единый суперматерик раскололся на две крупные части: Лавразию и Гондвану. Последняя двинулась на юг; она включала будущие Антарктиду, Австралию, Индию, Африку и Южную Америку, которые обособились впоследствии в отдельные континенты вследствие продолжавшихся разломов и подвижек земной коры (см. рис. 6.1, Б, В). Европа и Северная Америка долго еще составляли еди-

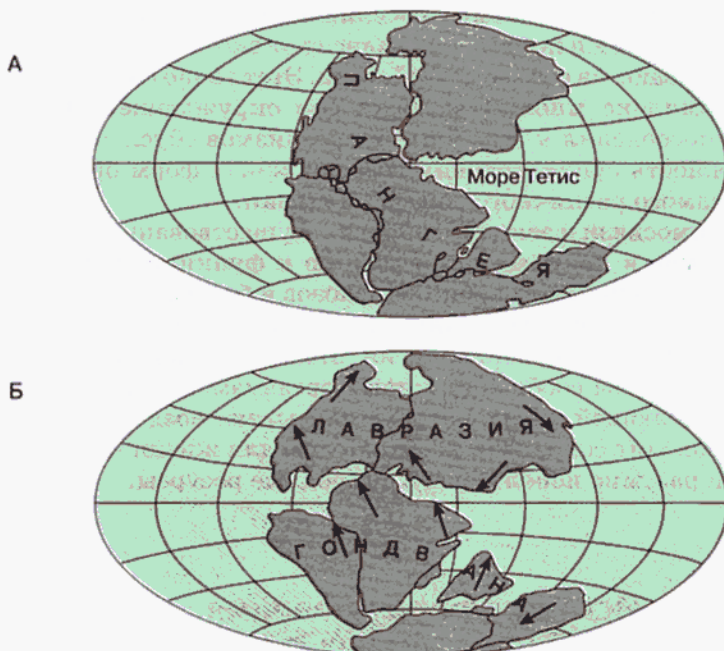
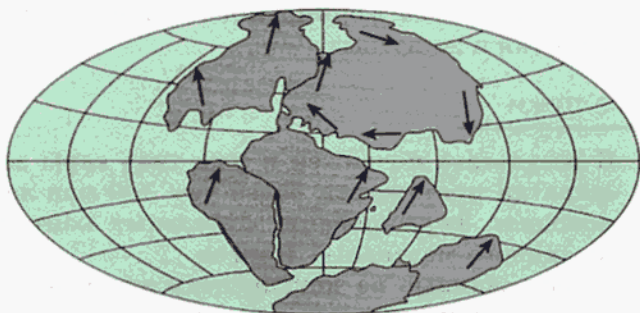


Рис. 6.1. Геологическая история материков

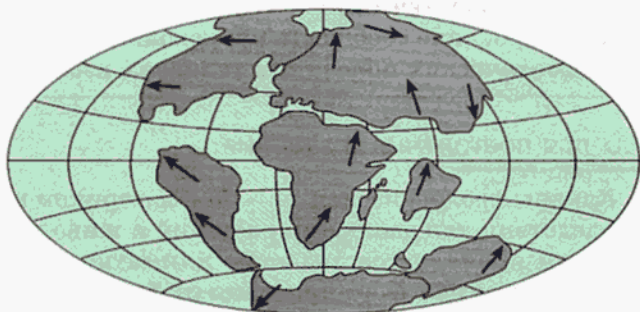
ный материк. Такое расположение континентов сложилось к началу кайнозойской эры, т. е. ко времени около 65 млн лет назад (6.1, Г).

Разделение материков не могло не отразиться на эволюции растений и животных. Например, Австралия обособилась еще до появления плацентарных млекопитающих и в результате этого сохранила до наших дней яйцекладущих и сумчатых животных, которые на других материках были вытеснены более совершенными высшими зверями. В Новой Зеландии обитает до сих пор представитель давно вымершего отряда первоящеров — гаттерия. Южная Америка сравнительно недавно соединилась с Северной Панамским перешейком, и ее животный мир представлен броненосцами, муравьедами, ленивцами, тапирами и другими формами, которых нет ни в Северной Америке, ни в Евразии. В то же время фауна и флора Евразии и Северной Америки очень

В



Г



сходны вследствие того, что Берингов пролив на месте перешейка возник в период формирования современных сообществ. Второй фактор — изоляция. В наиболее яркой форме этот фактор характерен для островных популяций. Острова заселяются видами, способными преодолевать морские просторы и зачастую попадающими туда случайно. Поэтому видовой состав обитателей островов значительно беднее, чем на континентах в тех же широтах. Кроме этого, изоляция влияет на формирование сообществ живых организмов и на материках. Здесь, в качестве ограничивающих перемещение отдельных особей и их групп факторов выступают различные географические препятствия: реки, горы, пустыни, болота и т. д. Имеет значение и индивидуальная подвижность организмов.

Третий фактор — различие климатических условий в широтном направлении. От полюсов к экватору увеличивается количество солнечной энергии, падающей на единицу площади земной поверхности. В зависимости от этого, т. е. от

температурного режима, формируются специфические сообщества растений и животных.

Опорные точки



1. В результате подвижек и разломов коры земного шара на протяжении более чем 100 млн лет происходило формирование отдельных континентов из единого массива — Пангеи.
2. Изолированные на континентах животные и растения развивались независимо от фауны и флоры других областей суши.
3. Формирование сообществ происходило в различных климатических поясах и в условиях изоляции.

Вопросы для повторения и задания



1. Каковы геологическая история материков и ее последствия для эволюции растений и животных?
2. В чем проявляется значение климатических условий обитания в формировании сообществ живых организмов?
3. Как сказывается изоляция на формировании сообществ живых организмов?
4. В чем вы видите причины сходства фауны и флоры Евразии и Северной Америки? Южной Америки и Африки?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

6.2. Биogeография. Основные биомы суши

Рассмотренные в предыдущем параграфе факторы, действующие в течение многих миллионов лет, привели к образованию на нашей планете различных биогеографических областей. Ученые выделяют шесть таких регионов: Неарк-

тическую, Палеарктическую, Восточную, Неотропическую, Эфиопскую и Австралийскую области. Некоторые из них захватывают подчас несколько материков и характеризующихся определенным комплексом биомов (от греч. *bios* — жизнь и лат. *ома* — совокупность), вносящих свой конкретный вклад в биосферу Земли.

Различают ряд основных биомов суши; названия большинства из них определяются типом растительности, например хвойные или лиственные леса, пустыня, тропический лес и т. д. Однако в конечном счете фактором, определяющим тип биома, является климат, поскольку характер среды задается в основном температурой, количеством осадков, а также направлением и силой ветров. Так, например, и в северном и в южном полушарии в областях, лежащих в экваториальном поясе, ветры в основном дуют в направлении к экватору. Они несут с собой влагу, которая выпадает в виде обильных дождей в тропическом поясе; в результате возникают тропические леса. Однако и к северу и к югу от тропиков те же самые ветры являются причиной образования саванн и пустынь. Еще дальше от экватора чередующиеся ветры из субтропической и полярных зон создают сложную последовательность выпадения осадков в разных районах, что приводит к образованию степей и лесов умеренного пояса. Близость к океану влияет на распределение осадков, а следовательно, и на распространение типов растительности.

Одни и те же биомы встречаются по всему земному шару, на разных континентах, в различных частях света. Однако леса, степи и т. д. имеют свои характерные особенности в различных областях планеты. Различны и животные, приспособившиеся к существованию в этих биомах. Рассмотрим кратко представителей фауны и флоры, образующих биомы различных биогеографических областей.

6.2.1. Неарктическая область

Неарктическая область включает территорию всей Северной Америки, Ньюфаундленд и Гренландию (рис. 6.2, А). На севере снега и льды сменяются тундрой, а затем широким поясом хвойных лесов. Южнее следует массив лесов умеренного пояса на востоке, прерии в центральной части



Рис. 6.2. А — Неарктическая область,
Б — Палеарктическая область

и смещение гор, пустынь и хвойных лесов — на западе. Основные биомы:

Тундра. Низкорослая растительность: мхи, лишайники, осоки, чахлые кустарники. Основные животные: олень, мускусный бык, леминг, полярный заяц, песец, волк, белый полярный медведь, белая сова.

Хвойные леса. В основном густые леса из пихты, ели и других хвойных деревьев. Основные животные: лось, олень, дикобраз, полевка, землеройки, россомаха, рысь, дятлы, американские рябчики.

Степи. Различное сочетание травяной и кустарниковой растительности. Основные животные: бизон, антилопа, дикий кролик, американский барсук, лисица, койот, степной тетерев, большое количество гремучих змей.

Лиственные леса. Широколиственные леса, имеющие плотную крону: дуб, бук, клен; множество цветов. Основные животные: крот, суслик, черная белка, енот-полоскун, опосум, бурундук, красная американская лисица, черный медведь, певчие птицы.

Жестколистные леса. Заросли можжевельника и кустарников с кожистыми листьями. Представители фауны попадают из соседних биомов.

Пустыни. Из растений широко распространены кактусы, древовидная юкка, полынь и кустарники. Основные животные: дикий кролик, суслик, кактусовая мышь, карманчиковая мышь, кенгуровая крыса и другие.

6.2.2. Палеарктическая область

Палеарктическая область включает в себя всю Евразию от Британских островов на западе до Берингова пролива на востоке и Индии и Индокитая на юге (рис. 6.2. Б). Так же, как и в Неарктике, вдоль всей Палеарктики тянутся зоны вечных льдов, тундра и хвойные леса. Области с умеренным климатом в Китае и Японии, так же как и в Европе, покрыты лиственными лесами, однако видовой состав азиатских лесов богаче. Центральные районы Азии засушливы и безлесны. Животные севера Палеарктики близкородственны неарктическим, а на юге встречаются формы, характерные для Восточной области. Основные биомы:

Тундра. В тундре и флора и фауна существенно не отличаются от обитателей этой зоны в неарктической области.

Хвойные леса. Древесные породы, составляющие эти леса, сосна, пихта, ель — принадлежат к тем же родам, что и соответствующие деревья Неарктики, но представляют собой отличные от них виды. То же самое относится и к животным — рыси, росомaxe, лосю.

Степи. Травы примерно такие же, как и в Неарктике. Типичные животные: сайгак и антилопа, дикие ослы, лошади и верблюды, а также суслик, хомяк, тушканчик, куница, шакал.

Лиственные леса. В основном бук, клен, дуб, граб, липа, но других, нежели в Неарктике, видов. Фауна лиственных лесов также очень напоминает неарктическую.

Жестколистные леса. Район Средиземноморья очень похож на соответствующий неарктический биом, в котором обитают животные из различных соседних сообществ.

Пустыни. Разрозненные кусты и полыни, пальчатой травы, заросли верблюжьей колючки, саксаула и тамариска. Животный мир представлен несколькими видами травоядных, а также ежами, тушканчиками, песчанками, мешчатой крысой и хомяками. Из птиц — орлы, соколы, совы.

6.2.3. Восточная область

Включает в себя Индию и Индокитай, а также острова Цейлон, Яву, Суматру, Борнео, Тайвань и Филиппины (рис. 6.3). Все острова сплошь покрыты пышными тропическими лесами, тогда как значительная доля материковой части области занята горами с разнообразным растительным покровом, в западной Индии переходящим в сухие степи. Из всех тропических районов Восточная область наиболее бедна эндемичными (от греч. *endemos* — местный), т. е. встречающимися только в данной местности, формами, хотя и является центром происхождения и расселения позвоночных. Основной биом:

Тропический лес. Как и в других тропических лесах, здесь в изобилии растут сотни видов растений, образующих непроходимые заросли. Некоторые типичные растения: лианы, бамбук, манильская конопля и тик, баньян и черное дерево. Среди животных широко представлены приматы гиббоны, орангутан, мелкие сородичи обезьян — туфайя, долгопят, лори. Характерны также индийский слон, тапир, два рода носорогов, дикобраз, тигр, медведь-губач и бамбуковый медведь, олень и антилопы. Много фазанов, ядовитых змей и различных ящериц.



Рис. 6.3. Восточная область

6.2.4. Неотропическая область

В состав области входят Южная и Центральная Америка, тропическая часть Мексики и острова Карибского архипелага (рис. 6.4). В континентальной Южной Америке огромные пространства покрыты тропическими лесами и степями (пампой), однако в некоторых частях континента, так же как и в Центральной Америке, существуют относительно небольшие территории, представляющие собой один из самых сложных и своеобразных растительных комплексов в мире. Поскольку эта область долгое время была полностью изолированной, ее фауна, в особенности грызуны, резко отличается от животных других областей. Основные биомы:

Тропический лес. Половина континента покрыта тропическим лесом, необыкновенно богатым лишайниками, мхами, орхидеями, бромелиевыми. Из других растений характерны капустная пальма, древовидный папоротник, тропический миндаль, бамбук, лианы. Множество мелких животных: цепкохвостые обезьяны, цепкохвостый медведь, карликовый муравьед, носуха, ленивец, карликовый олень, опоссумовая мышь, ящерицы, а также змеи, ведущие древесный образ жизни, большое число попугаев и колибри.

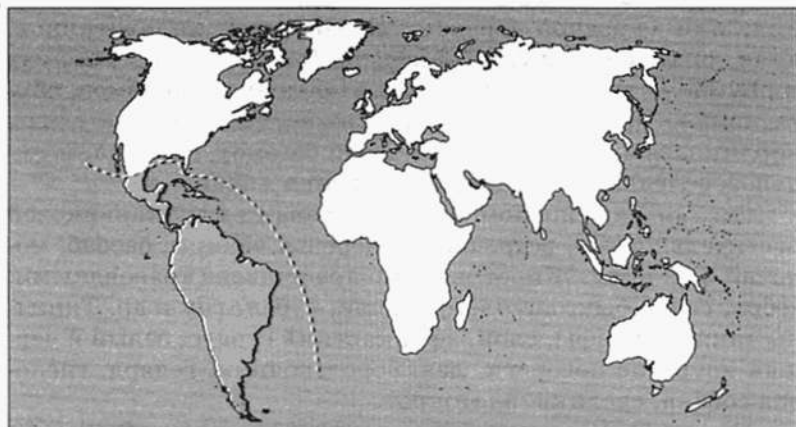


Рис. 6.4. Неотропическая область

Степи (пампа). Растительный покров представляет собой смешение различных трав. Животный мир — нанду, пампасский олень, морская свинка, туко-туко, пампасовая кошка, южноамериканская лисица, скунсы, ласточки, парная сова.

Пустыни. Редкие травы, низкий кустарник, кактусы, юкка. Из животных — нанду, броненосцы, гриф, лисица, туко-туко.

6.2.5. Эфиопская область

В состав области входит почти вся Африка, Мадагаскар и южная часть Аравийского полуострова. Западная Африка, а также горная часть Восточной Африки в лежащих у экватора районах покрыты тропическими лесами (рис. 6.5). Остальную часть Центральной Африки в основном занимают саванны и степи, простирающиеся до Сахары на север и Калахари на юго-восток. Саванны Африки с бесчисленными стадами разнообразных копытных, пасущихся на них, представляют собой самый яркий в мире образец этого биома. Многие из обитающих в африканских саваннах млекопитающих не встречаются больше нигде. Основные биомы:

Тропический лес Африки беднее тропических лесов других частей света. Из деревьев наиболее характерна свиетения, или «красное дерево», много хевей, папоротников, лиан, орхидей и других эпифитов (от греч. *epi* — на, над и *phyton* — растение), т. е. растительных организмов, обитающих на других растениях. Из животных примечательны карликовая антилопа, карликовый бегемот, горилла, шимпанзе, зеленая мартышка и мартышка-кардинал.

Саванна в основном покрыта травами и кустарниковой растительностью, встречаются деревья акации, баобаб, молочай и пальмы. Животный мир представлен травоядными: зебра, серно-бык, антилопы канна, бубал, гну и др. Типичны также жирафы, слон, африканский страус, белый и черный двурогие носороги, лев, бородавочник, гепард, гиеновая собака, суслики, златокрот.

Пустыня. Растительность состоит главным образом из трав и редких кустарников, в оазисах растут финиковые пальмы. На юге встречаются молочай и растения с клубне-



Рис. 6.5. Эфиопская область

носными корнями. Из животных распространены газель, дикобраз, тушканчик, орел, ящерицы.

6.2.6. Австралийская область

Австралийская область включает в себя Австралию, Тасманию, Новую Гвинею, Новую Зеландию и острова Тихого океана (рис. 6.6). В Австралии центральная часть материка представлена пустыней, окаймленной степями и саваннами с редкими участками тропического леса. Биомы островов различны — от тропической Новой Гвинеи до сравнительно холодной Новой Зеландии. Перешейки, соединявшие когда-то отдельные участки суши, давно исчезли, и на изолированных островах возникло множество эндемичных растений и животных. Нишу, во всех частях света занятую плацентарными млекопитающими, здесь занимают сумчатые звери и отчасти бескрылые птицы (киви). Основные биомы:

Пустыня. Основная растительность — местные формы лебеды, акации и различные эвкалипты. Из животных сумчатый крот, кенгуровая мышь, тушканчиковая сумчатая крыса, длиннохвостые попугайчики.

Саванна. В основном степи и заросли различных кустарников, эвкалиптов, в том числе красного эвкалипта и других специфических австралийских растений. Из живот-



Рис. 6.6. *Австралийская область*

ных наиболее характерны гигантский рыжий кенгуру и эму; встречаются также бандикуты, сумчатый кролик, вомбаты, какаду и другие попугаи.

Тропический лес представляет собой либо типичный лес жаркого и влажного климата со сплошным пологом, многочисленными вьющимися растениями и лианами, либо редкий эвкалиптовый лес. В лесах обитают древесный кенгуру, коала, опоссум, сумчатый волк, тасманийский дьявол, утконос, летучая собака, лирохвост.

Таким образом, весьма краткий обзор биогеографических областей земного шара показывает, что на разных континентах сообщества, относящиеся к одним и тем же типам (например, влажные тропические леса или степи, лиственный лес или тундра), населены растениями и животными, принадлежащими к разным систематическим группам. Однако эти животные и растения характеризуются сходными особенностями организации, обусловленными близкими экологическими условиями обитания. В каждом биоме имеются доминирующие, т. е. преобладающие, группы как среди типов растительных сообществ, так и между животным населением. Знание генетического родства форм, свойственных тому или иному сообществу в разных регионах нашей планеты, позволяет проследить не только развитие фауны и флоры, но и происхождение биома в целом.

Summary



All the living organisms inhabiting our planet are not isolated, but depend on the surroundings and are influenced by various environmental factors. Interrelations of organisms between each other and with the surroundings are studied by ecology science. For correct evaluation of events, that take place in nature, one should remember about the geological history of continents, their isolation and climate, under which the communities of living organisms are formed. These communities of plants, animals, fungi and microorganisms, contributing to the biosphere of the Earth, are specific in different areas of the planet. Biomes, which resemble each other and belong to the same type (for example tropical forests or steppes), are formed by plants and animals from different systematic groups. Nevertheless, these animals and plants are characterized by similar peculiarities of their organization, determined by similar ecological conditions of their environments.

Опорные точки



1. В зависимости от климатических условий формируются те или иные биомы, представленные многочисленными видами живых организмов.
2. На разных континентах в силу ряда обстоятельств (климат, изоляция живых организмов) образовались крупные биогеографические области, характеризующиеся различными биомами.
3. Одинаковые биомы разных биогеографических областей во многом сходны.

Вопросы для повторения и задания



1. Чем можно объяснить различия растительного и животного мира разных континентов?
2. Каковы причины выделения отдельных биогеографических областей на Земле?

3. Охарактеризуйте основные биомы суши различных биогеографических областей.
4. Отыщите на географической карте упомянутые в параграфе территории; отметьте их климатические условия.

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

Терминология



Каждому термину, указанному в левой колонке, подберите соответствующее ему определение, приведенное в правой колонке на русском и английском языках.

Select the correct definition for every term in the left column from English and Russian variants listed in the right column.

1. Биогеографическая область
Biogeographical region

А. Совокупность видов животных, обитающих на определенной территории (от лат. Fauna — богиня лесов и полей, покровительница стад животных в римской мифологии).
A totality of animal species, living in the certain area (from Latin 'Fauna' the Goddess of forests and fields and protector of herds in Ancient Roman mythology).

2. Биом
Biome

Б. Исторически сложившаяся совокупность растительных организмов, произрастающих на данной территории (от лат. Flora — богиня цветов и весны, олицетворяющая царство растений).
A historically formed totality of all plant organisms, growing on the certain area (from Latin 'Flora' — the Goddess of spring and flowers, personifying the Kingdom of Plants).

3. Экология Ecology	В. Обширная область суши, характеризующаяся определенными климатическими условиями и сочетанием различных биомов. A vast area of land with certain climatic conditions and combination of different biomes.
4. Эндемичный вид Endemical species	Г. Совокупность различных групп живых организмов и среды их обитания в определенной климато-географической зоне. A totality of all living organisms and environment in a certain geoclimatic zone.
5. Фауна Fauna	Д. Группа организмов, ограниченная в своем распространении и встречающаяся в каком-либо одном месте (географической области). A group of organisms with restricted dissemination, inhabiting only one area (geographic region).
6. Флора Flora	Е. Наука о взаимоотношениях организмов между собой и с окружающей средой. The science, studying interrelations of organisms with the environment and between each other.

Вопросы для обсуждения



Как вы думаете, каким образом сложилась бы судьба яйцекладущих и сумчатых млекопитающих, если бы Австралия и прилежащие к ней острова обособились от Гондваны в более позднее время?

Можно ли, по вашему мнению, на основе знания генетического родства форм, свойственных тому или иному сообществу в разных регионах земного шара, определить происхождение биома?

6.3. Взаимоотношения организма и среды

Живые организмы находятся в постоянном взаимодействии друг с другом и с факторами неживой природы. Видовой состав данной местности определяется историческими и климатическими условиями, а взаимоотношения организмов друг с другом и с окружающей средой — характером их питания.

Основные взаимоотношения между организмами — пищевые. По типу питания все живые существа объединяют в две группы: автотрофы (от греч. *autos* — сам и *trophe* — пища, питание), использующие в качестве пищи неорганические соединения, и гетеротрофы (от греч. *heteros* — иной, другой и *trophe* — пища), нуждающиеся в пище органического происхождения. Автотрофы — это зеленые растения и некоторые виды бактерий, гетеротрофы — большинство бактерий, грибы и все животные.

Всю полноту взаимодействий и взаимозависимости живых существ и элементов неживой природы отражает учение о биогеоценозах, разработанное академиком В. Н. Сукачевым. Он выявил причинные связи между факторами среды, структурой природных группировок и их биологической продуктивностью.

6.3.1. Естественные сообщества живых организмов. Биогеоценозы

Биогеоценоз — это устойчивое сообщество растений, животных и микроорганизмов, находящихся в постоянном взаимодействии с компонентами атмосферы, гидросферы и литосферы. В это сообщество поступают энергия Солнца, минеральные вещества почвы и газы атмосферы, вода, а выделяются из него теплота, кислород, диоксид углерода, продукты жизнедеятельности организмов. Основные функции биогеоценоза — аккумуляция и перераспределение энергии и круговорот веществ. Биогеоценоз — целостная саморегулирующаяся и самоподдерживающаяся система. Он включает следующие обязательные компоненты: неорганические (углерод, азот, диоксид углерода, вода, минеральные соли)

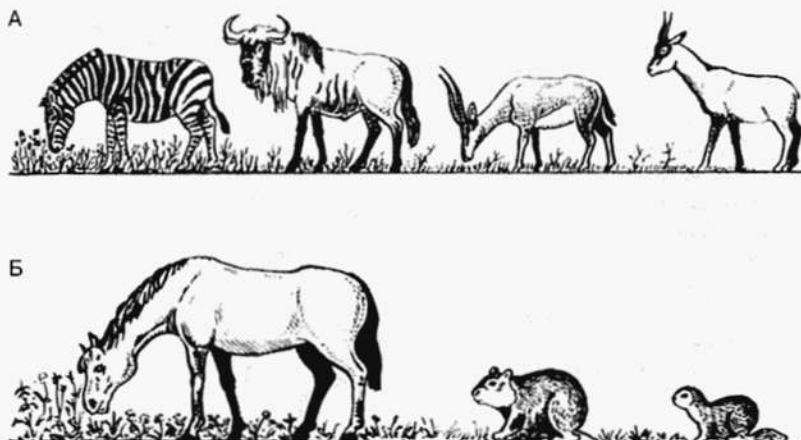


Рис. 6.7. Избирательное использование травяного покрова животными: А — саванна, Б — степь

и органические вещества (белки, углеводы, липиды и др.); автотрофные организмы — продуценты органических веществ; гетеротрофные организмы — потребители готовых органических веществ — консументы растительного (потребители первого порядка) и животного (потребители второго и следующих порядков) происхождения. К гетеротрофным организмам относятся разрушители — редуценты, или деструкторы, которые разлагают остатки мертвых растений и животных, превращая их в простые минеральные соединения.

Говоря о биоценозах, рассматривают только взаимосвязанные живые организмы, обитающие в данной местности. Биоценозы характеризуются видовым разнообразием, т. е. числом видов живых организмов, образующих его; плотностью популяций, т. е. числом особей данного вида, отнесенного к единице площади или к единице объема (для водных и почвенных организмов); биомассой — общим количеством живого органического вещества, выраженного в единицах массы.

Биомасса образуется в результате связывания солнечной энергии. Эффективность, с которой растения ассимилируют солнечную энергию, в разных биоценозах неодинакова. Сум-

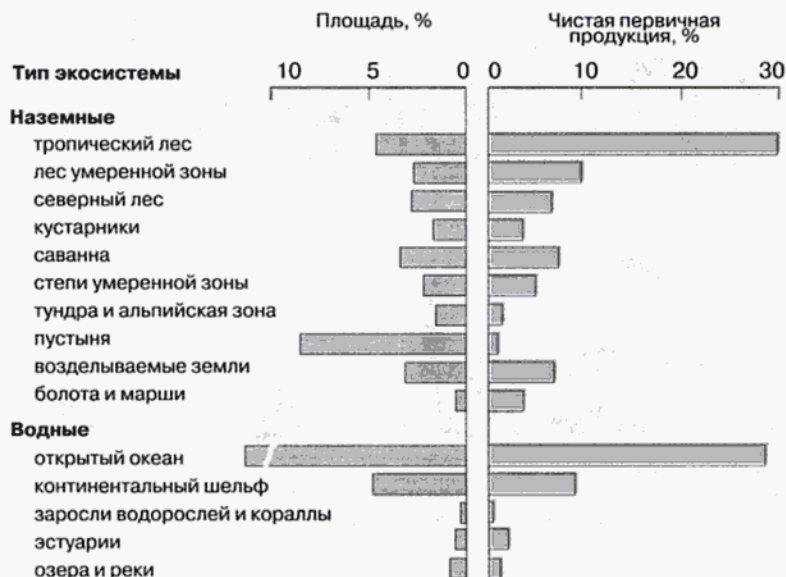


Рис. 6.8. *Площадь поверхности и годовая продукция основных экосистем*

марную продукцию фотосинтеза называют первичной продукцией. Растительная биомасса используется потребителями первого порядка — растительноядными животными — в качестве источника энергии и материала для создания биомассы; причем используется чрезвычайно избирательно (рис. 6.7), что понижает интенсивность межвидовой борьбы за существование и способствует сохранению природных ресурсов. Растительноядные животные в свою очередь служат источником энергии и материала для потребителей второго порядка — хищников и т. д. На рисунке 6.8 приведены сравнительные данные по продуктивности различных биогеоценозов. Наибольшее количество биомассы образуется в тропиках и в умеренной зоне, очень мало — в тундре и открытом океане.

Организмы, входящие в состав биогеоценозов, испытывают влияние неживой природы — абиотических факторов, а также со стороны живой природы — биотических воздействий.

Опорные точки



1. Биоценозы представляют собой целостные, саморегулирующиеся биологические системы, в состав которых входят живые организмы, обитающие на одной территории.
2. Энергия солнечного света ассимилируется растениями, которые впоследствии используются животными в качестве пищи.

Вопросы для повторения и задания



1. Что такое биогеоценозы?
2. Какие компоненты включает биогеоценоз?
3. Охарактеризуйте понятие «биомасса».
4. Сравните количество биомассы, образующейся в разных климатических зонах.
5. Влияние каких факторов испытывают на себе организмы, составляющие один биоценоз?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

6.3.2. Абиотические факторы среды

Воздействие факторов среды на живые организмы в отдельности и сообщества в целом многогранно. При оценке влияния того или иного фактора среды важным оказывается характеристика интенсивности действия его на живую материю: в благоприятных условиях говорят об оптимальном, а при избытке или недостатке — ограничивающем факторе.

Температура. Большинство видов приспособлено к довольно узкому диапазону температур. Некоторые организмы, особенно в стадии покоя, способны существовать при очень низких температурах. Например, споры микроорганизмов выдерживают охлаждение до -200°C . Отдельные виды бактерий и водорослей могут жить и размножаться в горячих источниках при температуре $+80 - 88^{\circ}\text{C}$. Диа-

пазон колебаний температуры в воде значительно меньше, чем на суше, соответственно и пределы выносливости к колебаниям температуры у водных организмов уже, чем у наземных. Однако и для водных и для наземных обитателей оптимальной является температура в пределах 15—30 °С.

Различают организмы с непостоянной температурой тела — пойкилотермные (от греч. *poikilos* — различный, переменчивый и *therme* — тепло) и организмы с постоянной температурой тела — гомойотермные (от греч. *homoios* — подобный и *therme* — тепло). Температура тела пойкилотермных организмов зависит от температуры окружающей среды. Ее повышение вызывает у них интенсификацию жизненных процессов и, в известных пределах, ускорение развития.

В природе температура непостоянна. Организмы, которые обычно подвергаются воздействию сезонных колебаний температур, что наблюдается в умеренных зонах, хуже переносят постоянную температуру. Резкие колебания температуры — сильные морозы или зной — также неблагоприятны для организмов. Существует много приспособлений для борьбы с охлаждением или перегревом. С наступлением зимы растения и пойкилотермные животные впадают в состояние зимнего покоя. Интенсивность обмена веществ резко снижается, в тканях запасается много жиров и углеводов. Количество воды в клетках уменьшается, накапливаются сахара и глицерин, препятствующие замерзанию. В жаркое время года включаются физиологические механизмы, защищающие от перегрева. У растений усиливается испарение воды через устьица, что приводит к снижению температуры листьев. У животных в этих условиях также усиливается испарение воды через дыхательную систему и кожные покровы. Кроме того, пойкилотермные животные избегают перегрева путем приспособительного поведения: выбирают местообитания с наиболее благоприятным микроклиматом, в жаркое время дня скрываются в норах или под камнями, проявляют активность в определенное время суток и т. п.

Таким образом, температура окружающей среды представляет собой важный и зачастую ограничивающий жизненные проявления фактор.



Рис. 6.9. *Баланс солнечной радиации по земной поверхности в дневное время*

Гораздо меньше зависят от температурных условий среды животные гомойотермные — птицы и млекопитающие. Ароморфные изменения строения позволили этим двум классам сохранять активность при очень резких перепадах температур и освоить практически все места обитания.

Угнетающее действие низких температур на организмы усиливается сильными ветрами.

Свет. Свет в форме солнечной радиации обеспечивает все жизненные процессы на Земле (рис. 6.9). Для организмов важны длина волны воспринимаемого излучения, его интенсивность и продолжительность воздействия (длина дня, или фотопериод). Ультрафиолетовые лучи с длиной волны более 0,3 мкм составляют примерно 40% лучистой энергии, достигающей земной поверхности. В небольших дозах они необходимы животным и человеку. Под их воздействием в организме образуется витамин D. Насекомые зрительно различают ультрафиолетовые лучи и пользуются этим для ориентации на местности в облачную погоду. Наибольшее влияние на организм оказывает видимый свет с длиной волны 0,4—0,75 мкм. Энергия видимого света составляет около 45% общего количества лучистой энергии, падающей на Землю. Видимый свет менее всего ослабляется при прохождении через плотные облака и воду. Поэтому фотосинтез может идти и при пасмурной погоде, и под слоем воды опре-

деленной толщины. Но все же на синтез биомассы расходуется лишь от 0,1 до 1% приходящей солнечной энергии.

В зависимости от условий обитания растения адаптируются к тени — теневыносливые растения или, напротив, к яркому солнцу — светолюбивые растения. К последней группе относятся хлебные злаки.

Чрезвычайно важную роль в регуляции активности живых организмов и их развития играет продолжительность воздействия света — фотопериод. В умеренных зонах, выше и ниже экватора, цикл развития растений и животных приурочен к сезонам года и подготовка к изменению температурных условий осуществляется на основе сигнала длины дня, которая в отличие от других сезонных факторов в определенное время года в данном месте всегда одинакова. Фотопериод представляет собой как бы пусковой механизм, последовательно включающий физиологические процессы, приводящие к росту, цветению растений весной, плодоношению летом и сбрасыванию ими листьев осенью, а также к линьке и накоплению жира, миграции и размножению у птиц и млекопитающих, наступлению стадии покоя у насекомых.

Кроме сезонных изменений смена дня и ночи определяет суточный ритм активности как целых организмов, так и физиологических процессов. Способность организмов ощущать время, наличие у них «биологических часов» — важное приспособление, обеспечивающее выживание особи в данных условиях среды.

Инфракрасное излучение составляет 45% от общего количества лучистой энергии, падающей на Землю. Инфракрасные лучи повышают температуру тканей растений и животных, хорошо поглощаются объектами неживой природы, в том числе водой.

Для продуктивности растений, т. е. образования органического вещества, наиболее важен такой показатель, как суммарное прямое солнечное излучение, получаемое за длительные промежутки времени (месяц, год). В условиях быстрого роста населения особое значение приобретает селекционная работа по выведению наиболее продуктивных сортов культурных растений и охрана окружающей среды от вредных последствий производственной деятельности человека.

Влажность. Вода — необходимый компонент клетки, поэтому количество ее в тех или иных местообитаниях служит ограничивающим фактором для растений и животных и определяет характер флоры и фауны в данной местности. Избыток воды в почве приводит к развитию болотной растительности. В зависимости от влажности почвы (и годового количества осадков) видовой состав растительных сообществ меняется. При годовом количестве осадков 250 мм и менее развивается пустынный ландшафт. Неравномерное распределение осадков по временам года также представляет важный ограничивающий фактор для организмов. В этом случае растениям и животным приходится переносить длительные засухи. В короткий же период высокой влажности почвы происходит накопление первичной продукции для сообщества в целом. Им определяется размер годового запаса пищи для животных и сапрофагов (от греч. *sargos* — гнилой и *phagos* — пожиратель) — организмов, разлагающих органические остатки.

В природе, как правило, существуют суточные колебания влажности воздуха, которые наряду со светом и температурой регулируют активность организмов. Влажность как экологический фактор важна тем, что изменяет эффект температуры. Температура оказывает более выраженное влияние на организм, если влажность очень высока или низка. Точно так же роль влажности повышается, если температура близка к пределам выносливости данного вида. Виды растений и животных, обитающие в зонах с недостаточной степенью увлажнения, в процессе естественного отбора эффективно приспособились к неблагоприятным условиям засушливости. У таких растений мощно развита корневая система, повышено осмотическое давление клеточного сока, способствующее удержанию воды в тканях, утолщена кутикула листа, сильно уменьшена или превращена в колючки листовая пластинка (рис. 6.10). У некоторых растений (саксаул) листья утрачиваются, а фотосинтез осуществляется зелеными стеблями. При отсутствии воды рост пустынных растений прекращается, в то время как влаголюбивые растения в таких условиях увядают и гибнут. Кактусы способны запасать большое количество воды в тканях и экономно ее расходовать. Аналогичное приспособление обнаружено



Рис. 6.10. *Опунции*

у африканских пустынных молочаев, что служит примером параллельной эволюции неродственных групп в сходных условиях среды.

У пустынных животных также есть целый ряд физиологических адаптаций, позволяющих переносить недостаток воды. Мелкие животные — грызуны, пресмыкающиеся, членистоногие — извлекают воду из пищи. Источником воды служит и жир, накапливающийся у некоторых животных

в больших количествах (горб у верблюда). В жаркое время года многие животные (грызуны, черепахи) впадают в спячку, продолжающуюся несколько месяцев.

Ионизирующее излучение. Излучение с очень высокой энергией, которое способно приводить к образованию пар положительных и отрицательных ионов, называется ионизирующим. Его источником являются радиоактивные вещества, содержащиеся в горных породах; кроме того, оно поступает из Космоса.

Интенсивность ионизирующего излучения в окружающей среде значительно повысилась в результате использования человеком атомной энергии. Испытания атомного оружия, атомные электростанции, получение топлива для них и захоронение отходов, медицинские исследования и другие виды мирного использования атомной энергии создают локальные «горячие пятна» и образуют отходы, нередко попадающие в окружающую среду в процессе транспортировки или хранения.

Из трех видов ионизирующего излучения, имеющих важное экологическое значение, два представляют собой корпускулярное излучение (альфа- и бета-частицы), а третье — электромагнитное (гамма-излучение и близкое ему рентгеновское излучение).

Корпускулярное излучение состоит из потока атомных или субатомных частиц, которые передают свою энергию

всему, с чем они сталкиваются. Альфа-излучение — это ядра гелия, они имеют огромные, по сравнению с другими частицами, размеры. Длина их пробега в воздухе составляет всего несколько сантиметров. Бета-излучение — это быстрые электроны. Их размеры гораздо меньше, длина пробега в воздухе равна нескольким метрам, а в тканях животного или растительного организма — нескольким сантиметрам. Что касается ионизирующего электромагнитного излучения, то оно сходно со световым, только длина волны у него гораздо короче. Оно проходит в воздухе большие расстояния и легко проникает в вещество, высвобождая свою энергию на протяжении длинного следа. Гамма-излучение, например, легко проникает в живые ткани; это излучение может пройти сквозь организм, не оказав никакого воздействия, или же может вызвать ионизацию на большом отрезке своего пути. Биологи нередко называют радиационные вещества, испускающие альфа- и бета-излучение, «внутренними излучателями», т. к. они обладают наибольшим эффектом, будучи поглощенными, заглоченными или оказавшись каким-то иным способом внутри организма. Радиоактивные вещества, испускающие преимущественно гамма-излучение, относят к «внешним излучателям», т. к. это проникающее излучение может оказывать действие, когда его источник находится вне организма.

Космическое и ионизирующее излучения, испускаемые природными радиоактивными веществами, содержащимися в воде и почве, образуют так называемое фоновое излучение, к которому адаптированы ныне существующие животные и растения. В разных частях биосферы естественный фон различается в 3—4 раза. Наименьшая его интенсивность наблюдается около поверхности моря, а наибольшая на больших высотах в горах, образованных гранитными породами. Интенсивность космического излучения возрастает с увеличением высоты местности над уровнем моря, а гранитные скалы содержат больше встречающихся в природе радионуклидов, чем осадочные породы.

В целом ионизирующее излучение оказывает на более высокоразвитые и сложные организмы наиболее губительное действие, причем человек отличается особой чувствительностью.

Большие дозы, получаемые организмом за короткое время (минуты или часы), называют острыми дозами в противоположность хроническим дозам, которые организм мог бы выдержать на протяжении всего своего жизненного цикла. Воздействие низких хронических доз измерить сложнее, так как они могут вызывать отдаленные генетические и соматические последствия. Любое повышение уровня излучения в среде над фоновым или даже высокий естественный фон может повысить частоту вредных мутаций.

У высших растений чувствительность к ионизирующему излучению прямо пропорциональна размеру клеточного ядра. У высших животных не обнаружено такой простой или прямой зависимости между чувствительностью и строением клеток; для них более важное значение имеет чувствительность отдельных систем органов. Так, млекопитающие очень чувствительны даже к низким дозам вследствие легкой повреждаемости облучением быстро делящейся кроветворной ткани — костного мозга. Чувствителен и пищеварительный тракт, а повреждения неделящихся нервных клеток наблюдаются только при высоких уровнях облучения.

Попадая в окружающую среду, радионуклиды рассеиваются и разбавляются, но они могут различными способами накапливаться в живых организмах при движении по пищевой цепи. Радиоактивные вещества могут также накапливаться в воде, почве, осадках или в воздухе, если скорость их поступления превышает скорость естественного радиоактивного распада.

Загрязняющие вещества. Условия жизни человека и устойчивость природных биогеоценозов в течение последних десятилетий быстро ухудшаются вследствие загрязнения окружающей среды веществами, образующимися в результате его производственной деятельности. Эти вещества можно разделить на две группы: природные соединения, являющиеся отходами технологических процессов, и искусственные соединения, не встречающиеся в природе.

К 1-й группе относятся сернистый ангидрид (медеплавильное производство), диоксид углерода (тепловые электростанции), оксиды азота, углерода, углеводороды, соединения меди, цинка и ртути и др., минеральные удобрения (главным образом нитраты и фосфаты).

Во 2-ю группу входят искусственные вещества, обладающие специальными свойствами, удовлетворяющими потребности человека: пестициды (от лат. *pestis* — зараза, разрушение и *cido* — убивать), используемые для борьбы с животными — вредителями сельскохозяйственных культур, антибиотики, применяемые в медицине и ветеринарии для лечения инфекционных заболеваний. К пестицидам относятся инсектициды (от лат. *insecta* — насекомые и *cido* — убивать) — средства для борьбы с вредными насекомыми и гербициды (от лат. *herba* — трава, растение и *cido* — убивать) — средства для борьбы с сорняками.

Все они обладают определенной токсичностью (ядовитостью) для человека. Одновременно они служат антропогенными абиотическими факторами среды, оказывающими значимое влияние на видовой состав биogeоценозов. Это влияние выражается в изменении свойств почвы (закисление, переход в растворимое состояние токсичных элементов, нарушение структуры, обеднение ее видового состава); изменении свойств воды (повышенная минерализация, повышение содержания нитратов и фосфатов, закисление, насыщение поверхностно-активными веществами); изменении соотношения элементов в почве и воде, что приводит к ухудшению условий развития растений и животных.

Подобные изменения служат факторами отбора, в результате действия которых формируются новые растительные и животные сообщества с обедненным видовым составом.

Интенсивность действия факторов среды. Некоторые свойства среды остаются относительно постоянными на протяжении длительных периодов времени. Таковы сила тяготения, интенсивность солнечного излучения, солевой состав океана, газовый состав и свойства атмосферы. Большинство же экологических факторов — температура, влажность, ветер, количество и равномерность выпадения осадков, укрытия, хищники, паразиты, конкуренты и пр. — очень изменчиво как в пространстве, так и во времени.

Изменения факторов среды по силе действия на организмы могут быть: 1) регулярно-периодическими, например в связи со временем суток, сезоном года или ритмом приливов и отливов в океане; 2) нерегулярными, например изменения

погодных условий в разные годы, катастрофы (бури, ливни, обвалы и т. д.); 3) направленными: при похолодании или потеплении климата, зарастании водоемов и т. д. Популяции организмов, обитающие в какой-то определенной среде, приспособляются к этому непостоянству путем естественного отбора. У них вырабатываются те или иные морфологические и физиологические особенности, позволяющие существовать именно в этих и ни в каких других условиях среды. Для каждого влияющего на организм фактора существует благоприятная сила воздействия, называемая зоной оптимума экологического фактора или просто его оптимума. Для организмов данного вида отклонение от оптимальной интенсивности действия фактора (уменьшение или увеличение) угнетает жизнедеятельность. Границы, за пределами которых наступает гибель организма, называют верхним и нижним пределами выносливости.

Опорные точки



1. Большинство видов организмов приспособлено к жизни в узком диапазоне температур; оптимальные значения температуры составляют 15—30 °С.
2. Свет в форме солнечной радиации обеспечивает все процессы жизнедеятельности на Земле.
3. Космическое и ионизирующее излучения, испускаемые природными радиоактивными веществами, образуют «фоновое» излучение, к которому ныне существующие растения и животные адаптированы.
4. Загрязняющие вещества, обладая токсическим действием на живые организмы, обедняют видовой состав биоценозов.

Вопросы для повторения и задания



1. Что такое абиотические факторы среды?
2. Какие приспособления существуют у растений и животных к изменениям температуры окружающей среды?

3. Укажите, какая часть спектра видимого излучения Солнца наиболее активно поглощается хлорофиллом зеленых растений?
4. Расскажите о приспособлениях живых организмов к недостатку воды?
5. Охарактеризуйте влияние различных видов ионизирующего излучения на животный и растительный организмы.
6. Каково влияние загрязняющих веществ на состояние биогеоценозов?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

6.3.3. Взаимодействие факторов среды. Ограничивающий фактор

На организм одновременно влияют многочисленные разнообразные и разнонаправленные факторы среды. В природе сочетание всех воздействий в их оптимальных, наиболее благоприятных значениях практически невозможно. Поэтому даже в местообитаниях, где наиболее благоприятно сочетаются все (или ведущие) экологические факторы, каждый из них чаще всего несколько отклоняется от оптимума. Для характеристики действия факторов внешней среды на животных и растения существенно, что по отношению к одним факторам организмы обладают широким диапазоном выносливости и выдерживают значительные отклонения интенсивности фактора от оптимальной величины.

К другим факторам организмы приспособлены только в узком диапазоне их изменений и выдерживают лишь небольшие отклонения от оптимума. Например, для некоторых антарктических видов рыб, адаптированных к холоду, диапазон переносимых температур составляет всего 4 °C (от -2 до +2 °C). С повышением температуры до 0 °C активность обмена веществ возрастает, но при дальнейшем ее увеличении интенсивность метаболизма падает и при 1,9 °C рыбы перестают двигаться, впадая в тепловое оцепенение. Широким диапазоном выносливости к колебаниям температуры

обладают животные, обитающие в высоких широтах. Так, песцы в тундре могут переносить колебания температуры в пределах 80°C (от 30°C до -55°C). Устойчивы к холодам сибирские растения. Например, даурская лиственница близ Верхоянска выдерживает зимние морозы до -70°C . Растения же тропических лесов могут существовать в достаточно узких пределах изменения температуры: ее снижение до $5-8^{\circ}\text{C}$ оказывает на них губительное действие.

По отношению к факторам среды различают виды теплолюбивые и холодолюбивые, влаго- и сухолюбивые, приспособленные к высокой или низкой солености воды. Для водных животных большое значение имеет концентрация кислорода в воде. Некоторые виды могут существовать лишь в узких пределах колебаний содержания кислорода. Молодь речной форели хорошо развивается при концентрации кислорода 2 мг/л ; при ее снижении до $1,6\text{ мг/л}$ вся форель гибнет. Другие виды рыб — сом, карп, приспособленные к обитанию в застойных водах, хорошо переносят низкое содержание кислорода.

На разных этапах онтогенеза организмы могут проявлять неодинаковую выносливость к тому или иному фактору. Например, у бабочки мельничной огневки — одного из вредителей муки и зерновых продуктов — критическая минимальная температура для гусениц -7°C , для взрослых форм -22°C , а для яиц -27°C . Мороз в 10°C погубит гусениц, но будет безвреден для яиц и взрослых форм.

Отклонение интенсивности одного какого-либо фактора от оптимальной величины может сузить пределы выносливости к другому фактору. Так, при уменьшении азота в почве снижается засухоустойчивость злаков. Фактор, находящийся в недостатке или избытке по сравнению с оптимальной величиной, называют ограничивающим, поскольку он делает невозможным процветание вида в данных условиях. Впервые на существование ограничивающих факторов указал немецкий химик Ю. Либих (1840). Природа этих факторов неодинакова: недостаток химического элемента в почве, недостаток тепла или влаги. Ограничивающими распространение факторами могут быть и биотические отношения: занятие территории более сильным конкурентом или недостаток опылителей для растений. Для распространения ви-

дов большое значение имеют два показателя: температурный порог развития и сумма эффективных температур.

Под эффективной температурой понимают разницу между температурой среды и температурным порогом развития. Так, развитие икры форели начинается при 0°C , значит, эта температура служит порогом развития. При температуре воды 2°C мальки выходят из яйцевых оболочек через 205 дней, при 5°C — через 82 дня, а при 10°C — через 41 день. Во всех случаях произведение положительных температур среды на число дней развития остается постоянным: 410. Это и будет сумма эффективных температур.

Таким образом, для осуществления генетической программы развития животным с непостоянной температурой тела (и растениям) необходимо получать определенное количество теплоты.

И пороги развития, и сумма эффективных температур для каждого вида свои. Они обусловлены исторической приспособленностью вида к определенным условиям жизни.

От суммы температур за определенный период времени зависят и сроки цветения растений. Например, для зацветания мать-и-мачехи требуется 77, для кислицы — 453, а для земляники — 500. Сумма эффективных температур, которую нужно набрать для завершения жизненного цикла, часто ограничивает географическое распространение вида. Так, северная граница древесной растительности совпадает с июльскими изотермами $10\text{--}12^{\circ}\text{C}$. Севернее уже не хватает тепла для развития деревьев и зона лесов сменяется тундрой. Точно также, если в умеренной зоне хорошо растет ячмень (его сумма температур за весь период от посева до уборки составляет $1600\text{--}1900^{\circ}\text{C}$), то этого количества тепла недостаточно для риса или хлопчатника (при требуемой для них сумме температур $2000\text{--}4000^{\circ}\text{C}$).

Многие факторы становятся ограничивающими в период размножения. Пределы выносливости для семян, яиц, эмбрионов, личинок обычно уже, чем для взрослых растений и животных. Например, многие крабы могут заходить в реки далеко вверх по течению, но их личинки в речной воде развиваться не могут. Ареал промысловых птиц часто определяется влиянием климата на яйца или птенцов, а не на взрослых особей.

Выявление ограничивающих факторов очень важно в практическом отношении. Так, пшеница плохо растет на кислых почвах, а внесение в почву извести позволяет значительно повысить урожайность.

Summary



Organisms, forming biogeocenoses, are affected both by abiotic factors and biotic influences. Temperature, light, humidity, level of radiation, and level of environmental pollution as a result of human activity are most important among the abiotic factors. Living organisms can adapt to different factors of the environment, through sharp changes in their intensity decline the level of organism vitality.

Опорные точки



1. Из множества факторов окружающей среды, оказывающих влияние на организм, лишь некоторые характеризуются оптимальными для жизнедеятельности значениями.
2. Животные и растения, грибы и прокариоты приобретают в процессе эволюции приспособления к условиям существования.

Вопросы для повторения и задания



1. Что называют узким и широким диапазоном выносливости организмов?
2. О чем свидетельствуют термины холодоустойчивые и теплолюбивые организмы?
3. Что такое сумма эффективных температур?
4. Поясните, каким образом может проявиться ограничивающее действие фактора среды.

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

Терминология



Каждому термину, указанному в левой колонке, подберите соответствующее ему определение, приведенное в правой колонке на русском и английском языках.

Select the correct definition for every term in the left column from English and Russian variants listed in the right column.

1. Абиотические факторы
Abiotic factors

А. Значение интенсивности фактора среды, угнетающее или прекращающее проявление жизнедеятельности организмов.
The intensity level of a certain factor, when the vital activity of an organism is oppressed or completely ceased.

2. Автотрофы
Autotrophs

Б. Совокупность живых организмов (животных, растений, грибов и микроорганизмов), населяющих определенную территорию.
A totality of living organisms (animals, plants, fungi and microorganisms), inhabiting a certain area.

3. Биомасса
Biomass

В. Организмы, использующие для биосинтеза органических веществ энергию света или энергию химических связей неорганических соединений.
Organisms which use for biosynthesis of organic substances the energy of light or the energy from chemical joints of inorganic matters.

4. Биоценоз
Biocenosis

Г. Значения интенсивности действия фактора среды, в пределах которых процессы жизнедеятельности организмов оптимальны.

The intensity level of a certain factor, when the vital activities of an organism are optimal.

5. Гетеротрофы
Geterotrophs

Д. Совокупность физических и химических факторов неживой природы, воздействующих на организм в среде его обитания.
A combination of all physical and chemical factors, influencing an organism in a certain environment.

6. Ограничивающий фактор
Limiting factor

Е. Организмы, использующие для биосинтеза органических веществ энергию химических связей органических соединений.
Organisms which use for biosynthesis the energy from chemical joints of organic substances.

7. Пределы выносливости
Endurance limits

Ж. Суммарная масса особей вида, группы видов или сообщества организмов, выраженная в единицах массы (часто на единицу площади). Термин используется для оценки продуктивности отдельных групп организмов, биоценозов и биосферы в целом.
The total mass of all organisms of a species, a group of species or a community of organisms, expressed in weight units (often per square unit). The term is used for evaluation of productivity in separate groups of organisms, biocenoses, and biosphere on the whole.

Вопросы для обсуждения



Как вы думаете, почему приспособление живых организмов к абиотическим условиям среды обитания не может быть бесконечным?

На основе знаний о взаимодействии факторов среды и об ограничивающем факторе попытайтесь создать модель искусственного сельскохозяйственного производства по выращиванию культурных растений в течение всего года.

6.3.4. Биотические факторы среды

Помимо абиотических воздействий живые организмы испытывают на себе и влияние друг друга. Определяющими факторами в этом отношении являются видовое разнообразие сообщества и численность популяций, образующих биоценоз.

Видовое разнообразие биоценозов. Каждый живой организм живет в окружении множества других, вступая с ними в самые разнообразные отношения, как с положительными, так и с отрицательными для себя последствиями. Связь с другими организмами обеспечивает питание и размножение, возможность защиты, смягчает неблагоприятные условия среды. В то же время биотическое окружение — это и опасность ущерба или гибели.

Рассмотрим два примера биоценозов. На рисунке 6.11 изображено население пресноводного водоема. В неглубоких водоемах, прудах, мелких озерах солнечный свет проникает до дна, создавая условия для развития водорослей и высших водных растений. В толще воды обитают многочисленные одноклеточные водоросли, нитевидные, многоклеточные водоросли. На поверхности воды в летнее время встречаются скопления тины — это тоже водоросли. На дне некоторые водоросли образуют обширные темно-зеленые скопления. Вблизи берегов растет водяной хвощ, на поверхности воды можно встретить водяной папоротник — сальвинию. Обильно представлены цветковые растения: камыш, тростник, рогоз, обитающие у берегов. На поверхности воды плавают листья и цветки белой кувшинки или желтой кубышки. Нередко вся поверхность прудов покрыта мелкими пластинками ряски. Часто можно встретить и многие другие водные растения, например пузырчатку, роголистник.

Животный мир пресноводного водоема еще более богат и разнообразен. В воде и иле, покрывающем дно, обитают бактерии, многочисленные простейшие (голые и раковинные



Рис. 6.11. Биоценоз пресноводного водоема

амебы, жгутиковые, инфузории), мелкие рачки, личинки насекомых, плоские черви (планарии). В грунте водоемов распространены свободноживущие круглые черви, в огромных количествах встречается кольчатый червь трубочник, весьма обычны пиявки. На листьях водных растений сидят пресноводные гидры, очень многочисленны разнообразные моллюски, например крупный хищный клоп гладыш, или водяной скорпион. Наконец, в пресноводных водоемах обычно обитают растительноядные и хищные рыбы, амфибии и их личинки — головастики. Этот, далеко не полный, перечень обитателей водоема дает все же представление о его видовом разнообразии. В состав биоценоза всегда входит очень много (до нескольких тысяч) видов самого разного уровня организации — от бактерий до позвоночных. Их взаимоотношения в среде обитания в первую очередь определяются пищевыми потребностями. В приведенном примере одноклеточные водоросли служат пищей простей-

шим, низшим ракообразным — циклопам и дафниям, личинкам насекомых, фильтрующим двустворчатым моллюскам. Высшие растения поедаются растительноядными рыбами, скользящими брюхоногими моллюсками, личинками некоторых насекомых. В свою очередь, мелкие рачки, черви, личинки насекомых служат пищей рыбам и амфибиям. Хищные рыбы охотятся на растительноядных. В воде кормятся некоторые млекопитающие, например выхухоль,

питающаяся моллюсками, насекомыми и их личинками, иногда рыбой. Мертвые органические остатки падают на дно. На них развиваются бактерии, которые в свою очередь потребляются простейшими, фильтрующими моллюсками и т. д.

Таким образом, пищевые отношения служат регуляторами численности видов, входящих в биоценоз.

Помимо видового разнообразия биоценозы характеризуются сложной пространственной структурой (рис. 6.12). Так, в каждом ярусе леса поселяются многочисленные животные, основной формой взаимоотношений которых, так же, как и в других биоценозах, являются пищевые отношения.

Цепи питания. Ряд взаимосвязанных видов, из которых каждый предыдущий служит пищей последующему, носит название *цепи питания*. Можно сказать также, что пищевая цепь, или цепь питания, — это перенос энергии от ее источника — растений — через ряд организмов путем поедания одних видов другими. Таким образом, цепи питания — это трофические связи между видами (от греч. *trophos* — питание). В основе цепей питания лежат зеленые растения, которыми питаются насекомые и позвоночные животные, в свою очередь служащие источником энергии и вещества для построения тела потребителей второго, третьего и других порядков. Общая их закономерность в том, что количество особей, включенных в пищевую цепь, последовательно уменьшается, и численность жертв значительно больше численности их потребителей. Это происходит потому, что в каждом звене пищевой цепи, при каждом переносе энергии 80—90% ее теряется, рассеиваясь в форме теплоты. Это обстоятельство ограничивает число звеньев в цепи (обычно из 3—5). В среднем из 1 тыс. кг растений образуется 100 кг тела травоядных животных. Хищники, поедающие травоядных, могут построить из этого количества 10 кг своей биомассы, а вторичные хищники только 1 кг. Например, человек съедает большую рыбу. Ее пищу составляют мелкие рыбы, потребляющие зоопланктон, который живет за счет фитопланктона, улавливающего солнечную энергию.

Таким образом, для построения 1 кг тела человека требуется 10 тыс. кг фитопланктона. Следовательно, масса каждого последующего звена в цепи прогрессивно уменьшается.

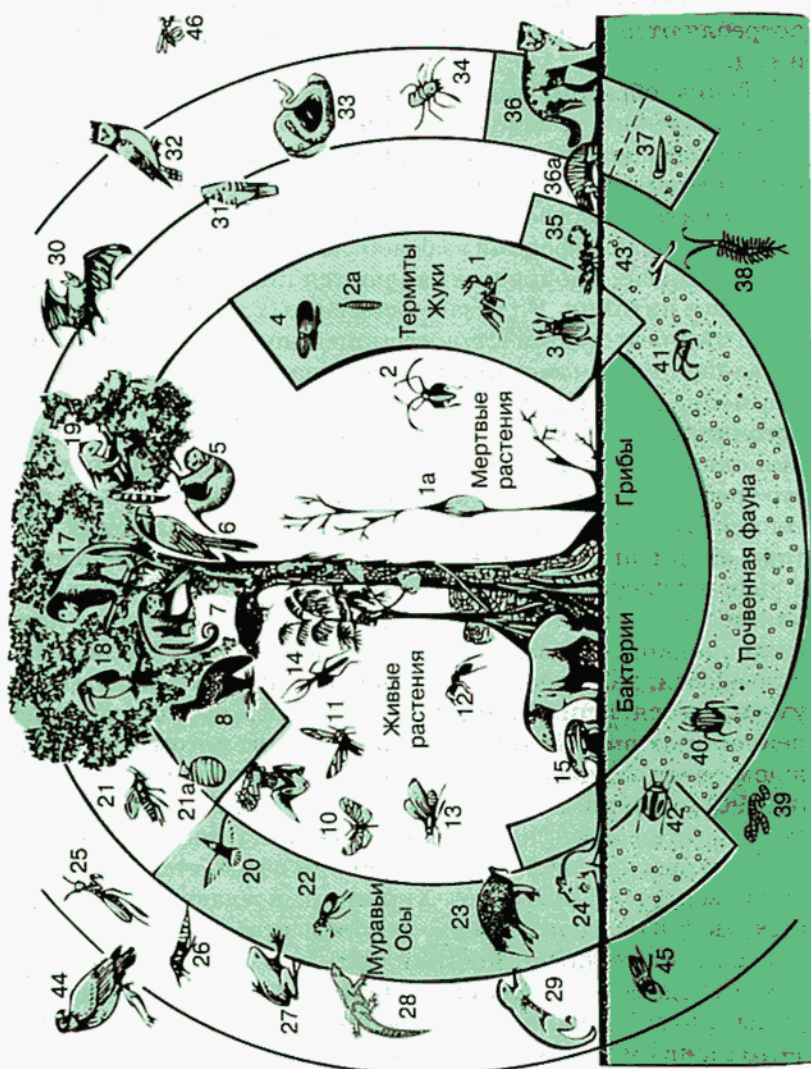


Рис. 6.12.

Схема соотношения типов питания в экосистеме равнинного тропического дождевого леса Южной Америки. Заштрихованные секторы отображают вклад каждого типа питания в создание общей биомассы животных.

Внутреннее кольцо включает чисто растительноядные формы консументов первого порядка, большая часть которых питается отмершими растениями. Важную роль здесь играют жуки и термиты. Среднее кольцо охватывает всеядных, то есть консументов первого и высшего порядков. Здесь наибольшее значение имеют муравьи и осы.

Во внешнем кольце представлены плотоядные формы (консументы второго и высшего порядков), чисто живущие под землей.

Наибольший вклад в создание биомассы животных дождевого леса вносит почвенная фауна.

Обитающие в верхних слоях почвы и в лесной подстилке мелкие животные, преимущественно членистоногие, живут не прямо за счет опавшей листвы, а питаются грибами и бактериями, разрушающими отмершие части растений.

Консументы первого порядка, живущие только за счет отмерших частей растений:

1 — термиты, 1а — гнездо термитов, 2 — жук-усач, 3а — личинка усача, 3 — сахарный жук, 4 — короеды.

Консументы первого порядка, питающиеся только живыми растениями:

5 — двупалый ленивец, 6 — попугай амазон, 7 — обезьяна-ревуна, 8 — гокко, 9 — ложный вампир, 10 — бабочка геликониды, 11 — бражник, 12 — муравей-листорез, 13 — цикада, 14 — палочник, 15 — паук, 16 — равнинный тапир.

Консументы первого и второго порядков (всеядные):

17 — обезьяна капуцин, 18 — тукан, 19 — енот-носуха, 20 — колибри, 21 — оса, 21а — осиное гнездо, 22 — странствующий муравей, 23 — пекари, 24 — мышевидный опоссум.

Консументы второго и высшего порядков (плотоядные, паразиты, падальщики):

25 — богомол, 26 — наездник, 27 — лягушка филомедуза, 28 — игуана анолис, 29 — четырехпалый муравьед, тамаманда, 30 — американский листонос рода копыносов, 31 — дятел, 32 — гарпия, 33 — обыкновенный удав, 34 — паук-птицед, 35 — скорпион, 36 — ягуар, 36а — девятипоясный броненосец, 37 — наземная пиявка, 38 — многоножка сколопендра, 39 — беззубое земноводное червяга, 40 — почвенный клещ, 41 — ногохвостка, 42 — таракан, 43 — дождевой червь, 44 — королевский гриф, 45 — навозный жук, 46 — комар. Королевский гриф (44) и кровососущие комары (46) — падальщики и паразиты — представители консументов высшего порядка

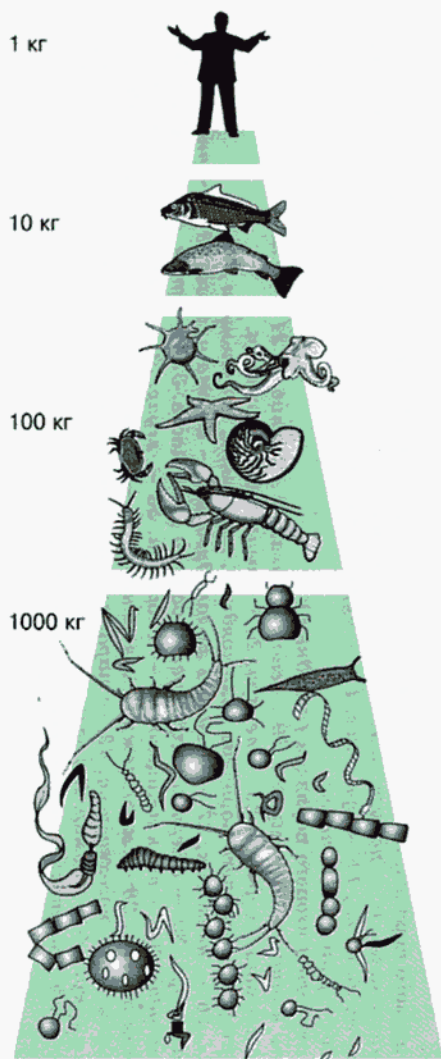


Рис. 6.13. Экологическая пирамида (пирамида биомассы)

Эта закономерность носит название *правила экологической пирамиды* (рис. 6.13). Различают пирамиду чисел, отражающую число особей на каждом этапе пищевой цепи, пирамиду биомассы — количество синтезированного на каждом уровне органического вещества и соответственно экологическую пирамиду — пирамиду энергии — количество энергии в пище. Все они имеют одинаковую направленность, различаясь в абсолютном значении цифровых величин. В реальных условиях цепи питания могут иметь разное число звеньев. Кроме того, цепи питания могут перекрещиваться, образуя сети питания. Почти все виды животных, за исключением очень специализированных в пищевом отношении, используют не один какой-нибудь источник пищи, а несколько (рис. 6.14). Чем больше видовое разнообразие в биоценозе, тем он устойчивее. Так, в цепи питания растения—заяц—лиса всего три звена. Но лиса питается не только зайцами, но и мышами и птицами. Общая закономерность состоит в том, что в начале пищевой цепи всегда находятся зеленые растения, а в конце — хищники. С каждым звеном



Рис. 6.14. *Пищевая цепь*

в цепи организмы становятся крупнее, они медленнее размножаются, их число уменьшается. Виды, занимающие положение низших звеньев, хотя и обеспечены питанием, но сами интенсивно потребляются (мышей, например, истребляют лисы, волки, совы). Отбор идет в направлении увеличения плодовитости. Такие организмы превращаются в кормовую базу высших животных без всяких перспектив прогрессивной эволюции.

В любой геологической эпохе с наибольшей скоростью эволюционировали организмы, стоящие на высшем уровне в пищевых взаимоотношениях, например в девоне — кистеперые рыбы — рыбацкие хищники; в каменноугольном периоде — хищные стегоцефалы; в пермском — рептилии, охотившиеся на стегоцефалов. На протяжении всей мезозойской эры млекопитающие истреблялись хищными рептилиями и только вследствие вымирания последних в конце мезозоя заняли господствующее положение, дав большое число форм.

Пищевые отношения — самый важный, но не единственный тип отношений между видами в биоценозе. Один вид может влиять на другой разными путями. Организмы могут поселяться на поверхности или внутри тела особей другого вида, могут формировать среду обитания для одного или нескольких видов, влиять на движение воздуха, температуру, освещенность окружающего пространства. Примеры связей, влияющих на местообитания видов, многочисленны. Морские желуди — морские ракообразные, ведущие сидяче-прикрепленный образ жизни, нередко поселяются на коже китов. Личинки многих мух живут в коровьем навозе. Особенно большая роль в создании или изменении среды для других организмов принадлежит растениям. В зарослях

растений, будь то лес или луг, температура колеблется в меньшей степени, чем на открытых пространствах, а влажность выше.

Нередко один вид участвует в распространении другого. Животные переносят семена, споры, пыльцу растений, а также других более мелких животных. Семена растений могут захватываться животными при случайном соприкосновении, особенно если семена или соплодия имеют специальные зацепки, крючки (череда, лопух). При поедании плодов, ягод, не поддающихся перевариванию, семена выделяются вместе с пометом. Млекопитающие, птицы и насекомые переносят на своем теле многочисленных клещей.

Все эти многообразные связи обеспечивают возможность существования видов в биоценозе, удерживают их друг возле друга, превращая в стабильные саморегулирующиеся сообщества.

6.3.5. Смена биоценозов

Биоценоз живет и развивается как целостная система. В природе менее устойчивые биогеоценозы со временем сменяются наиболее устойчивыми. Их смена определяется тремя факторами: упорядоченным процессом развития сообщества — установлением в нем стабильных взаимоотношений между видами; изменением климатических условий; изменением физической среды под влиянием жизнедеятельности организмов, составляющих сообщество. Развитая стабильная экологическая система образует максимальную биомассу на единицу имеющегося потока энергии и наибольшее количество симбиотических связей между организмами.

Например, развитие экосистемы на песчаных дюнах. Сначала на голых песках поселяются злаки, ивняк и такие животные, как парные пауки, кузнечики, роющие осы. Появляется сосна, затем лиственные породы, становится более разнообразным животный мир. К первым поселенцам прибавляются муравьи, кобылки, жуки. Развитие, начавшееся в сухом и бесплодном местообитании, заканчивается образованием стабильного влажного лиственного леса с мощной, богатой гумусом (от лат. *humus* — земля; высокомолекулярные органические вещества) почвой, с дождевыми чер-

выми и моллюсками, разнообразным животным миром. Таким образом, главную роль в развитии биоценоза играют растения. Вызываемые ими изменения в почве служат основой для изменения видового состава биоценоза.

Примером смены сообщества как результата жизнедеятельности входящих в них организмов может служить также процесс зарастания озер и образования болот.

Summary



Each living organism is supported by many others coming with them into different interrelations with positive or negative consequences. These interrelations enable feeding, reproduction and possible protection of organisms, and reduce the negative influence of surroundings. Simultaneously, biotic environment can be a cause of death or damage. Food interrelations between the species in biocenosis are the most important but not the only ones. Separate species can influence others in different ways.

Опорные точки



1. Каждый живой организм живет в окружении множества других, вступая с ними в самые разнообразные отношения, как с положительными, так и с отрицательными для себя последствиями.
2. В состав биоценоза всегда входит очень много (до нескольких тысяч) видов самого разного уровня организации — от бактерий до позвоночных.
3. Общая закономерность цепей питания заключается в том, что на каждом ее этапе происходит потеря энергии, достигающая 90%.

Вопросы для повторения и задания



1. Какие признаки вы можете предложить для характеристики биогеоценоза?
2. Как на жизнедеятельности организмов проявляется взаимодействие абиотических факторов среды?

3. В чем заключается негативное воздействие ионизирующего излучения на живые организмы?
4. Каково значение для устойчивости биоценоза его видового разнообразия?
5. Что такое экологическая пирамида и каковы направления естественного отбора на каждой ее ступени?
6. Назовите причины смены биогеоценозов.

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

Терминология



Каждому термину, указанному в левой колонке, подберите соответствующее ему определение, приведенное в правой колонке на русском и английском языках.

Select the correct definition for every term in the left column from English and Russian variants listed in the right column.

1. Видовое
разнообразие
Species diversity

А. Все разнообразие пищевых взаимоотношений между организмами в экологических системах, включающее потребителей и весь спектр их источников питания.
All the diversity of trophic interrelations between organisms in ecosystems, including all consumers and the spectrum of their food sources.

2. Пищевая цепь
Food chains

Б. Графическое изображение соотношения между продуцентами, консументами и редуцентами в биоценозе, выраженное в единицах массы, численности особей или энергии.

A graphic image of portion of producers, consumers and decomposers in a biocenosis, expressed in units of weight, numbers of individuals or energy.

3. Сети питания
Nutrition system

В. Изменение видового состава биоценоза, сопровождающееся повышением устойчивости сообщества. Changes of species composition in a biocenosis, accompanied by increase in stability of a community.

4. Смена биоценозов
Succession of biocenosis

Г. Совокупность видов живых организмов, принадлежащих к различным царствам живой природы, образующих сообщество. A totality of all species of living organisms belonging to different Natural Kingdoms, which form a community.

5. Экологическая пирамида
Ecological pyramid

Д. Ряд взаимосвязанных видов, из которых каждый предыдущий служит пищей последующему. A number of interrelated species where every one serves as food to the next one.

Вопросы для обсуждения



Какими, по вашему мнению, отличиями характеризуются созданные человеком искусственные биоценозы и какие трудности приходится ему преодолевать для поддержания целостности сообщества?

Как можно сократить потери энергии в цепях питания в искусственном сообществе организмов — агроценозе?

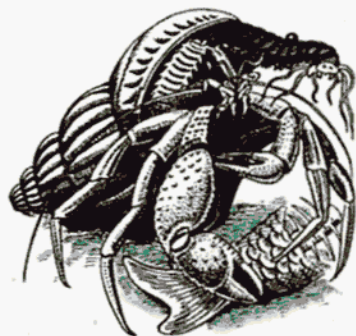
6.4. Взаимоотношения между организмами

Живые организмы поселяются друг с другом не случайно, а образуют определенные сообщества, приспособленные к совместному обитанию. Среди огромного разнообразия взаимосвязей живых существ выделяют определенные типы отношений, имеющие много общего у организмов разных систематических групп. По направлению действия на организм все они подразделяются на позитивные, негативные и нейтральные.

6.4.1. Позитивные отношения — симбиоз

Симбиоз — сожительство (от греч. *syn* — вместе, *bios* — жизнь), форма взаимоотношений, при которой оба партнера или один из них извлекает пользу от другого. Различают несколько форм взаимопользующего сожительства живых организмов.

Кооперация. Общеизвестно сожительство раков-отшельников с мягкими коралловыми полипами — актиниями.



Рак поселяется в пустой раковине моллюска и возит ее на себе вместе с полипом. Такое сожительство взаимовыгодно: перемещаясь по дну, рак увеличивает пространство, используемое актинией для ловли добычи, часть которой, пораженная стрекательными клетками актинии, падает на дно и поедается раком.

Сожителями рака-отшельника и актинии часто бывают многощетинковые черви (рис. 6.15). Они иногда встречаются — в других условиях — в норах различных животных и пустых раковинах. Замеча-

Рис. 6.15. Кооперация. Взаимопользующее сожительство рака-отшельника и ногощети́нкового червя

тельно, что рак-отшельник не трогает «своего» червя, хотя поедает других. Больше того, при переселении в новую раковину он нередко переносит с собой и червя. Черви принимают участие в трапезах рака-отшельника, высываясь в это время из раковины и подбирая куски разрываемой хозяином пищи. Они приносят пользу своему сожителю, очищая полость его раковины и объедая паразитов с его мягкого брюшка. Польза для всех трех организмов очевидна, но их связь необязательна.



Рис. 6.16. *Птицы-чистильщики на зебре*

У свободноживущих организмов всегда очень много паразитов. Поэтому в некоторых случаях они становятся единственным источником пищи для животных-чистильщиков. Например, рыбы, мелкие и крупные (мурены), приплывают к местам, где их ожидают креветки, принимают определенную позу — ложатся на бок или открывают пасть и ждут, пока креветки не соберут паразитов с поверхности тела или в ротовой полости. Заодно с паразитами креветки выстригают клешнями поврежденные омертвевшие ткани.

Среди позвоночных животных такое явление распространено достаточно широко. Многие птицы кормятся на копытных, выбирая из их шерсти паразитов — клещей (рис. 6.16). Столь же часто птицы выщипывают зимнюю шерсть у оленей, лосей, коров во время линьки, используя ее при постройке гнезда.

Мутуализм (от лат. *mutuus* — взаимный). Широко распространена форма взаимополезного сожительства, когда присутствие партнера становится обязательным условием существования каждого из них. Один из самых известных примеров таких отношений — лишайники, представляющие собой сожительство гриба и водоросли. В лишайнике гифы гриба, оплетая клетки и нити водорослей, образуют специальные всасывающие отростки, проникающие в клет-

ки. Через них гриб получает продукты фотосинтеза, образованные водорослями. Водоросль же из гиф гриба извлекает воду и минеральные соли.

Типичный симбиоз — отношения термитов и жгутиковых простейших, обитающих в их кишечнике. Термиты питаются древесиной, однако у них нет ферментов для переваривания целлюлозы. Жгутиконосцы вырабатывают такие ферменты и переводят клетчатку в простые сахара. Без простейших — симбионтов — термиты погибают от голода. Сами же жгутиковые, помимо благоприятного микроклимата, получают в кишечнике термитов пищу и условия для размножения. Кишечные симбионты, участвующие в переработке грубых растительных кормов, обнаружены у многих животных: жвачных, грызунов, жуков-точильщиков и др.

Мутуализм широко распространен и в растительном мире. Примером взаимовыгодных откошений служит сожительство так называемых клубеньковых бактерий и бобовых растений (гороха, фасоли, сои, клевера, люцерны, вики, белой акации, земляного ореха, или арахиса). Эти бактерии, способные усваивать азот воздуха и превращать его в аммиак, а затем в аминокислоты, поселяются в корнях растений. Присутствие бактерий вызывает разрастание тканей корня и образование утолщений — клубеньков. Растения в симбиозе с азотфиксирующими бактериями могут произрастать на почвах, бедных азотом, и обогащать им почву. Вот почему бобовые — клевер, люцерну, вику — вводят в севообороты как предшественников для других культур.

Другая форма симбиотических взаимоотношений у растений — сожительство гриба с корнями высших растений — микориза. На корнях березы, сосны, дуба, ели, а также орхидных, вересковых, брусничных и многих многолетних трав мицелий гриба образует толстый слой. Корневые волоски на корнях высших растений при этом не развиваются, а вода и минеральные соли поглощаются с помощью гриба. Мицелий гриба проникает даже внутрь корня, получая от растения-партнера углеводы и доставляя ему воду и минеральные соли. Деревья с микоризой растут гораздо лучше, чем без нее.

Комменсализм (от лат. *com* — вместе, *mensa* — трапеза). Одна из широко распространенных форм симбиоза —

взаимоотношения, при которых один вид получает пользу от сожительства, а другому это безразлично. В открытом океане крупных морских животных (акул, дельфинов, черепах) часто сопровождают рыбы-лоцманы. При больших скоростях, развиваемых акулой или дельфином, образуется так называемый слой трения, примыкающий непосредственно к поверхности тела этих животных. Лоцманы, попадая в этот слой, движутся с той же скоростью, не затрачивая больших усилий, и кормятся остатками пищи животных, которых они сопровождают, а также их экскрементами и паразитами. Близость к крупным хищникам защищает лоцманов от нападения. Сами акулы лоцманов не трогают. Очевидно, что пользу от совместного обитания получают главным образом лоцманы. Такие отношения между видами называют нахлебничеством. Оно может принимать разные формы. Например, гиены подбирают остатки недоеденной львами добычи.

Примером перехода нахлебничества в более тесные отношения между видами служат рыбы-прилипалы, обитающие в тропических и субтропических морях. Их передний спинной плавник преобразовался в присоску. Биологический смысл прикрепления прилипал заключается в облегчении передвижения и расселения этих рыб.

Если прилипалы используют крупных рыб как «извозчиков», то часто тела животных других видов или их местобитания (постройки) служат убежищами. Эта форма взаимоотношений получила название квартирантства. В полости тела голотурии (тип Иглокожие), называемой также морским огурцом, находят убежище разнообразные мелкие виды животных. Мальки рыб прячутся под зонтиками крупных медуз, где находятся под защитой щупалец, снабженных стрекательными нитями. В гнездах птиц, норах грызунов обитает огромное количество членистоногих, использующих благоприятный микроклимат и находящих там пищу в виде разлагающихся остатков. Особую важность приобретает использование надежных убежищ для сохранения икры или молоди. Морские рыбы карепрокты откладывают икру под панцирь краба, в его жаберную полость. Отложенные на жабры икринки развиваются в условиях идеального снабжения чистой водой, непрерывно пропускаемой через



Рис. 6.17. Ежовая уточка
среди игл
морского ежа



Рис. 6.18. Эпифитная орхидея
с воздушными
корнями

жабры хозяина. Такое приспособление выработалось у пресноводного горчака, откладывающего икру в мантийную полость двустворчатых моллюсков беззубок. Взрослые рыбы также нередко ищут защиты у животных других видов. Мелкие кривохвостки, как и другие маленькие рыбки, подолгу держатся между длинными иглами морских ежей в полной безопасности от хищников (рис. 6.17).

Растения также используют другие виды как места обитания. Примером могут служить эпифиты. Эпифитами могут быть водоросли, лишайники, мхи, папоротники, цветковые (рис. 6.18). Древесные растения служат им местом прикрепления, но не источником питательных веществ или минеральных солей. Питаются эпифиты за счет отмирающих тканей, выделений хозяина и путем фотосинтеза. В нашей стране эпифиты представлены главным образом лишайниками и некоторыми мхами.

Опорные точки



1. Взаимоотношения между организмами в сообществах носят позитивный, негативный или нейтральный характер.

- 2. Симбиотические отношения между организмами могут носить обязательный или временный характер.**
-

Вопросы для повторения и задания



1. Дайте определение основным формам взаимодействий живых организмов.
 2. Какие формы симбиоза вам известны и в чем заключаются их особенности?
 3. В чем состоит эволюционное значение симбиоза?
-

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

6.4.2. Антибиотические отношения

Антибиоз — форма взаимоотношений, при которой обе взаимодействующие популяции или одна из них испытывают отрицательное влияние. Неблагоприятное влияние одних видов на другие может проявляться в разных формах.

Хищничество. Это одна из самых распространенных форм, имеющих большое значение в саморегуляции биocenозов. Хищниками называют животных (а также некоторые растения), питающихся другими животными, которых они ловят и умерщвляют. Объекты охоты хищников чрезвычайно разнообразны. Отсутствие специализации позволяет хищникам использовать самую разную пищу. Например, лисы поедают плоды; медведи собирают ягоды и любят лакомиться медом лесных пчел. Хотя у всех хищников есть предпочитаемые виды жертв, массовое размножение непривычных объектов охоты заставляет переключаться именно на них. Так, соколы-сапсаны добывают пищу в воздухе. Но при массовом размножении леммингов соколы начинают охотиться на них, схватывая добычу с земли.

Способность переключения с одного вида добычи на другой — одно из необходимых приспособлений в жизни хищников.

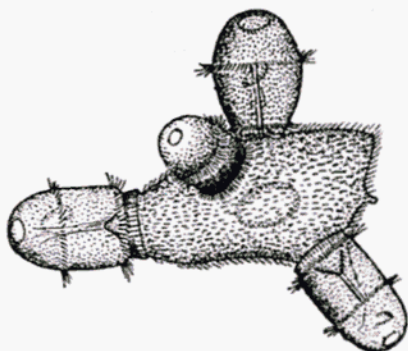


Рис. 6.19. *Инфузории Дидинии пожирают инфузорию туфельку*

Хищничество является одной из основных форм борьбы за существование и встречается во всех крупных группах эукариотических организмов. Уже у одноклеточных поедание особей одного вида другим — обычное явление (рис. 6.19). Медузы парализуют стрекательными клетками любые организмы, попадающие в сферу досягаемости их щупалец (у крупных форм — до 20—30 м в длину), и поедают их. На дне моря обитают типичные хищники — морские звезды,

питающиеся моллюсками (рис. 6.20) и часто уничтожающие обширные поселения коралловых полипов.

Многие многоножки, в частности сколопендра, — также типичные хищники с чрезвычайно широким спектром жертв: от насекомых до мелких позвоночных животных

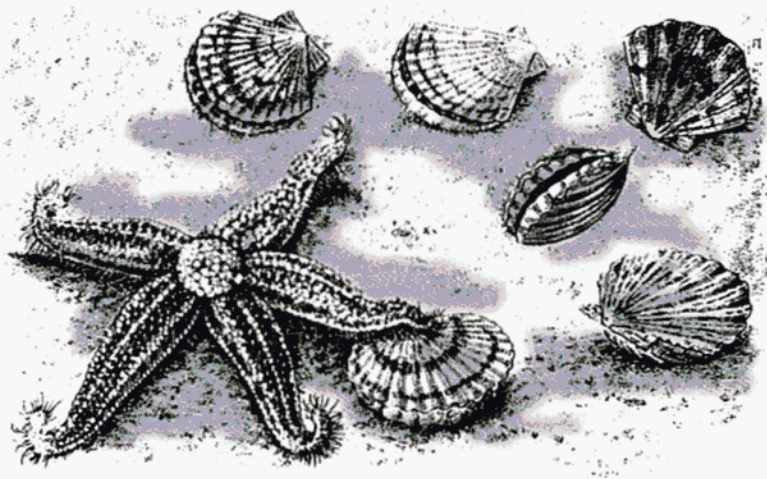


Рис. 6.20. *Морская звезда и двустворчатые моллюски*

(рис. 6.21). Крупные лягушки нападают на птенцов и могут наносить серьезный ущерб разведению водоплавающей домашней птицы (рис. 6.22). Змеи охотятся на амфибий, птиц и мелких млекопитающих. Нередко объектами их охоты бывают не только взрослые особи, но и яйца птиц. Гнезда птиц, расположенные как на земле, так и на ветвях деревьев, буквально опустошаются змеями.

Частным случаем хищничества служит каннибализм — поедание особей своего вида, чаще всего молоди. Каннибализм часто встречается у пауков (самки нередко съедают самцов), у рыб (поедание мальков). Самки млекопитающих также иногда съедают своих детенышей.

Хищничество связано с овладением сопротивляющейся и убегающей добычей. При нападении на птиц сокола-сапсана большинство жертв погибает мгновенно от внезапного удара когтей сокола. Мыши-полевки также не могут оказать сопротивления сове или лисице. Но иногда борьба хищника и жертвы превращается в ожесточенную схватку.

Поэтому естественный отбор, действующий в популяции хищников, будет увеличивать эффективность средств поиска и ловли добычи.

Этой цели служит паутина пауков, ядовитые зубы змей, точные нападающие удары богомоллов, стрекоз, змей, птиц и млекопитающих. Вырабатывается сложное поведение, например согласованные действия стаи волков при охоте на оленей.

Жертвы в процессе отбора также совершенствуют средства защиты и избегания хищников.

Сюда относится покровительственная окраска, различные шипы и панцирь, приспособительное поведение. При



Рис. 6.21. Сколопендра, нападающая на ящерицу



Рис. 6.22. Лягушка, поедающая птенца

нападении хищника на стаю рыб все особи бросаются врассыпную, что увеличивает их шансы уцелеть. Напротив, скворцы, заметив сапсана, сбиваются в плотную кучу. Хищник избегает нападать на плотную стаю, так как рискует получить увечья. Крупные копытные при нападении на них волков становятся кругом. Для волков вероятность отбить и зарезать отдельную особь в результате такого поведения стада значительно уменьшается. Поэтому они предпочитают нападать на старых или ослабленных болезнями животных, особенно отбившихся от стада.

Сходное поведение выработалось и у приматов. При угрозе нападения хищника самки с детенышами оказываются в плотном кольце самцов (рис. 6.23).

В эволюции связи хищник—жертва происходит постоянное совершенствование и хищников, и их жертв.

Потребность в азоте у растений, произрастающих на бедных питательными веществами почвах, промываемых водой, привела к возникновению у них очень интересного явления. Эти растения обладают приспособлениями для ловли насекомых. Так, листовые пластинки эндемика штата Северная Каролина (США) венериной мухоловки превратились в створки с зубцами. Створки захлопываются, как только насекомое коснется чувствительных волосков на листовой пластинке (рис. 6.24). У встречающейся в России росянки

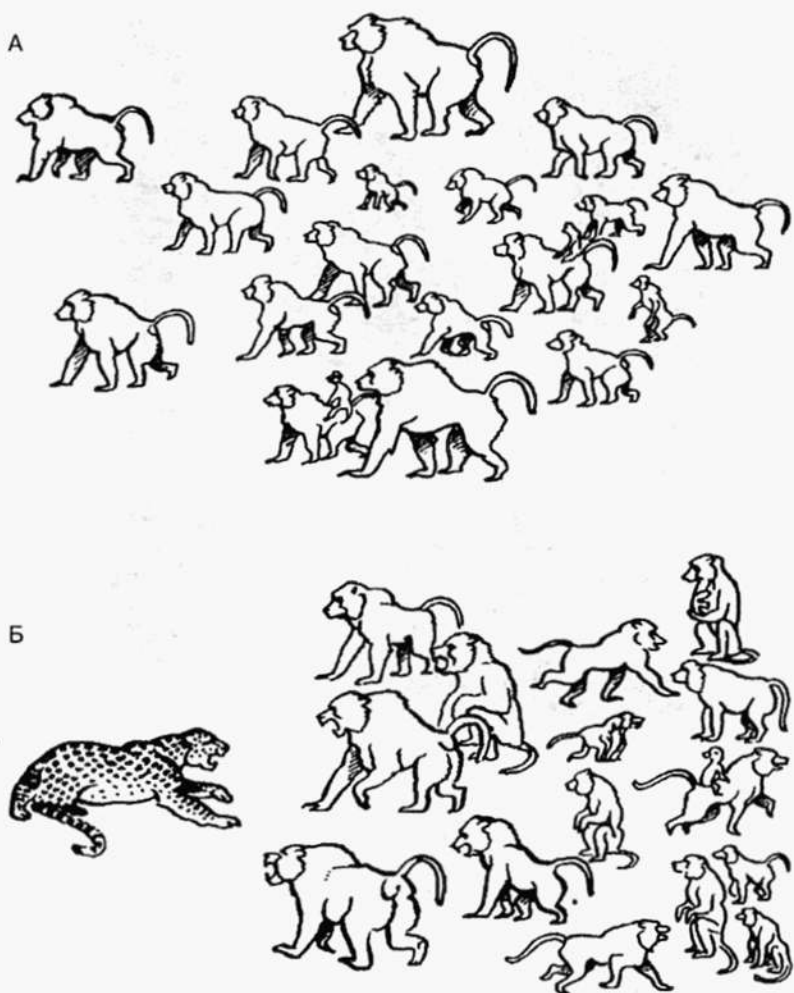


Рис. 6.23. Стадо павианов на марше (А)
и при возникновении опасности (Б)

круглолистной листья собраны в прикорневую розетку. Вся верхняя сторона и края каждого листа усажены железистыми волосками. В центре листа железистые волоски короткие, по краям — длинные. Головку волоска окружает прозрачная капелька густой липкой тягучей слизи. Мелкие му-

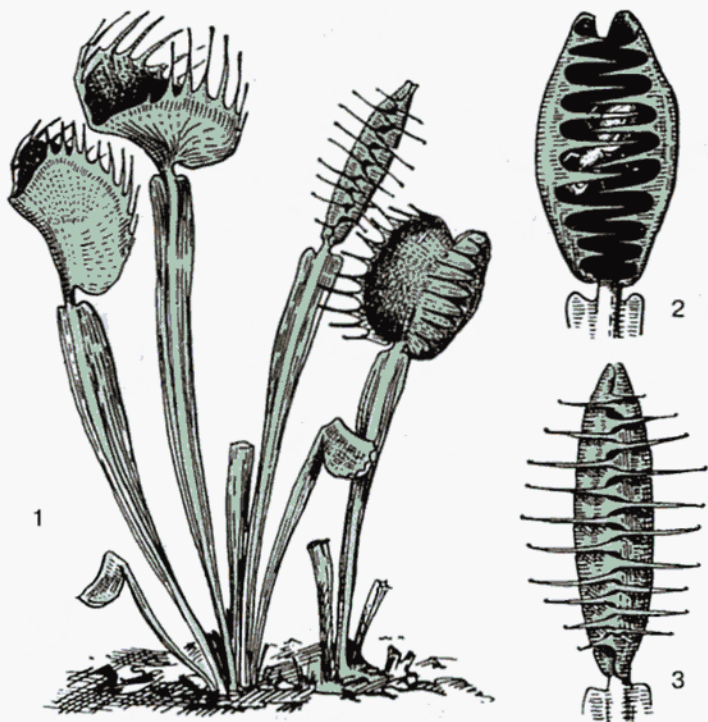


Рис. 6.24. Венера мухоловка:

- 1 — общий вид, 2 — полужакрытый лист с жертвой,
3 — закрытый лист

хи или муравьи садятся или вползают на лист и прилипают к нему. Насекомое бьется, пытаясь освободиться, но все волоски потревоженного листа изгибаются навстречу добыче, обволакивая ее слизью. Край листа медленно загибается и покрывает насекомое. Слизь, выделяемая волосками, содержит ферменты, поэтому добыча вскоре переваривается.

Питание животными — хищничество — встречается также у грибов. Хищные грибы образуют ловчие аппараты в виде маленьких овальных или шаровидных головок, расположенных на коротких веточках мицелия (рис. 6.25). Однако самый распространенный тип ловушки — клейкие трехмерные сети, состоящие из большого числа колец, образующих-

ся в результате ветвления гиф. Часто хищные грибы ловят животных, превосходящих их по размерам, например круглых червей. Процесс улавливания напоминает ловлю мух на липкую бумагу. Вскоре после запутывания червя гифы гриба прорастают внутрь и быстро заполняют все тело. Весь процесс продолжается около суток. В отсутствие нематод грибы не образуют ловушек. Возникновение сложного ловчего аппарата стимулируется химически, продуктами жизнедеятельности червей.

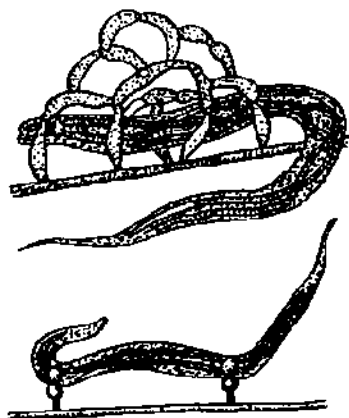


Рис. 6.25. Хищничество у грибов

Паразитизм. Организмы могут использовать другие виды не только как место обитания, но и как постоянный источник питания. Такая форма сожительства получила название паразитизма. Паразитизм распространен широко и встречается уже у прокариот. Известно несколько десятков тысяч видов паразитических форм, из них около 500 — паразиты человека, поэтому изучение паразитов необходимо для предупреждения и лечения заболеваний. Паразиты причиняют большой ущерб в сельскому хозяйству. Изучением их жизнедеятельности, путей распространения и разработкой мер борьбы с паразитарными заболеваниями занимается наука паразитология.

Переход к паразитизму резко увеличивает возможность вида выжить в борьбе за существование. Организм-хозяин служит для паразита источником питания, очень часто — местом обитания, защитой от врагов. Тело хозяина создает для живущих в нем организмов благоприятный и относительно ровный микроклимат, не подверженный тем значительным колебаниям, которые всегда имеют место в природе.

Различают несколько форм паразитизма. Паразиты могут быть временными, когда организм-хозяин подвергается нападению на короткий срок, лишь на время питания. Таковы клопы, в частности постельный клоп, всюду следующий



Рис. 6.26. *Миного, присосавшаяся к форели*

за человеком. Очень опасен целуйный клоп, обитающий в тропиках, — крупное, 1,5—3,5 см в длину, насекомое. Эти клопы ведут ночной образ жизни. Они заселяют глинобитные дома или камышовые хижины, постройки для скота. Нападая на человека, клопы прокалывают кожу около губы на месте перехода кожи в слизистую оболочку (отсюда название паразитов). Напившись крови, клоп выпускает на месте укуса каплю экскрементов, содержащую трипаносом — возбудителей тяжелой болезни. Трипаносомы внедряются в ранку или в места расчесов.

К временным паразитам относятся слепни, комары, мухи жигалки, блохи. Нередко на одного хозяина нападает много паразитов. В этих случаях организму хозяина наносится большой ущерб, и он может погибнуть.

Паразитизм не всегда можно отличить от хищничества. Например, миноги нападают на треску, лососей, корюшку, осетров и других крупных рыб и даже на китов. Присосавшись к жертве, минога питается соками ее тела в течение нескольких дней, даже недель (рис. 6.26). Выделения щечных желез миноги препятствуют свертыванию крови, разрушают эритроциты и вызывают распад тканей. Многие рыбы погибают от ран. При массовом размножении миноги наносят большой ущерб ценным промысловым рыбам.

При более тесном контакте паразита с хозяином эволюционное преимущество получают организмы, способные длительное время использовать хозяина, не приводя к слишком ранней его гибели и обеспечивая себе тем самым наилучшее существование. Паразитизм становится постоянным. К числу постоянных паразитов относятся простейшие (малярийный плазмодий, дизентерийная амеба), плоские черви (сосальщики, цепни), круглые черви (аскарида, трихина, власоглав и многие другие), членистоногие (чесоточный зудень,

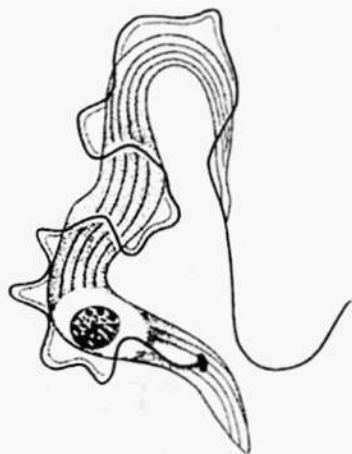


Рис. 6.27. *Трипаносома* — возбудитель трипаномоза (сонной болезни)

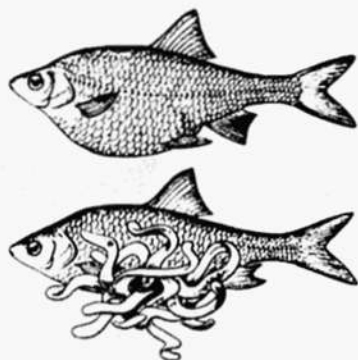


Рис. 6.28. *Ленточные черви* — паразиты рыб

вши). Поскольку при постоянном паразитизме организм хозяина — единственное местообитание для паразита, с гибелью хозяина погибает и паразит.

С течением времени отбор на сопротивляемость приводит к тому, что вред от присутствия паразита становится менее ощутимым. Например, в крови африканских антилоп часто обнаруживаются жгутиковые простейшие трипаносомы (рис. 6.27), переносчиком которых является кровососущая муха це-це. Антилопам трипаносомы ощутимого вреда не приносят. Но если простейшие попадают в кровь человека, развивается тяжелая болезнь (сонная болезнь), всегда приводящая к смертельному исходу. Таким образом, катастрофические последствия заражения паразитами наблюдаются в тех случаях, когда взаимоотношения паразит — хозяин не стабилизированы длительным естественным отбором. По этой причине гораздо больший вред сельскохозяйственным растениям и животным причиняют завозные вредители, чем местные.

Паразиты могут поселяться не только в крови, но и в тканях, и в полостях тела (рис. 6.28). Например, ленточные чер-

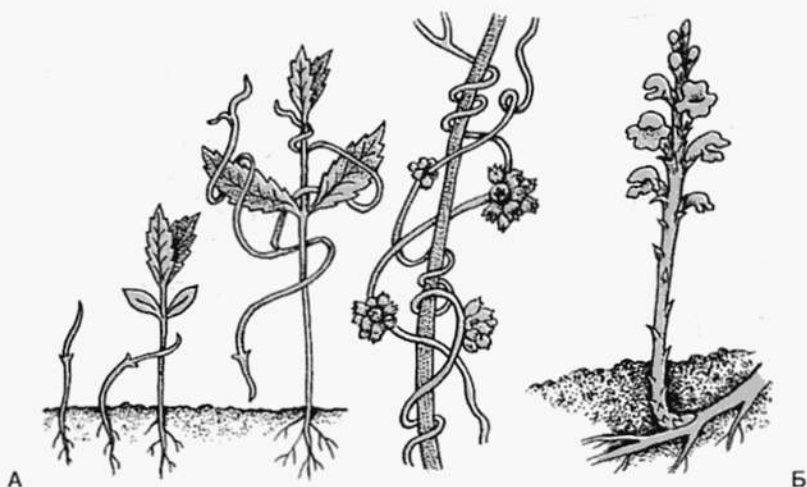


Рис. 6.29. Наружные паразиты растений:
А — повилика, Б — заразиха

ви — процветающая группа животных, ведущая исключительно паразитический образ жизни. Цикл их развития обычно сопровождается сменой хозяев.

Паразитические отношения часто встречаются и у растений. Особенно широко распространены паразитические бактерии и грибы. Они поселяются на вегетативных органах древесных и травянистых растений, вызывая у них заболевания. Низшие грибы питиум служат причиной корневой гнили многих растений. Этот гриб особенно сильно вредит всходам сахарной свеклы, пораженные ткани которой буреют и загнивают.

Один из самых процветающих паразитов высших растений — гриб рода фитофтора. Некоторые виды этого рода поражают практически любые растения, так как они не специализированы к какой-то определенной группе растений. Другие низшие грибы — мучнисторосяные, ржавчинные и головневые также наносят большой ущерб зерновым и другим сельскохозяйственным культурам.

Есть паразиты и среди цветковых растений. Они особенно распространены в тропиках, но нередко встречаются и в умеренной зоне. У наружных паразитов большая часть тела

находится вне хозяина, а в него проникают лишь органы питания — присоски. Один из наиболее распространенных наружных паразитов — повилика, растущая на многих видах трав и кустарников (рис. 6.29). Повилика обвивается вокруг стеблей растения-хозяина, внедряясь в них присосками. Листья у повилики отсутствуют: она питается только за счет органических и минеральных веществ хозяина. На многих сельскохозяйственных растениях (подсолнечник, конопля, табак) паразитирует заразиха — бесхлорофилльное растение с толстым мясистым стеблем и бесцветными листьями. У растений встречаются и внутренние паразиты, когда почти все их тело помещается внутри тканей хозяина, а наружу выходят лишь органы размножения. Обитающая в тропиках раффлезия имеет расчлененное на тонкие нити тело, погруженное в ткани питающего растения, а снаружи развиваются лишь цветки (рис. 6.30).

В одном и том же растительном сообществе могут быть виды, пораженные паразитами и совсем не затронутые ими. В пределах одного вида часть особей тоже может быть сво-



Рис. 6.30. Раффлезия



Рис. 6.31. Птенец кукушки, выбрасывающий из гнезда яйцо хозяев

бодна от паразитов. Угнетенные паразитами растения менее жизнеспособны. Вследствие этого конкурентоспособность растений в сообществах за свет, воду, минеральные соединения неодинакова.

Среди причин, определяющих пораженность растений паразитами или, напротив, устойчивость к ним, ведущее значение имеет генотип. Поэтому так важна селекционная

работа, направленная на выведение сортов культурных растений, устойчивых к паразитам.

Образ жизни паразитов, вызывая в процессе эволюции глубокие изменения в строении и жизнедеятельности, служит причиной появления у них многих приспособлений к новым условиям существования. У паразитов развиваются органы прикрепления — присоски, крючки, коготки и т. п. У кровососущих животных увеличивается вместимость пищеварительной системы за счет появления слепых выростов кишечной трубки (клеши, пиявки). Многие паразиты утрачивают отдельные органы и целые системы — органы зрения, передвижения. У них упрощается строение органов чувств.

Паразитические формы характеризуются очень высокой продуктивностью.

Так, свиной цепень за сутки может выделять до 5 млн яиц. В громадном количестве образуются семена растений-паразитов, к тому же обладающие долговечностью и сохраняющие всхожесть многие годы. Все это увеличивает вероятность контакта с организмом-хозяином.

Своеобразна форма паразитизма, при которой паразит использует для питания не ткани и соки организма хозяина, а пищу, предназначенную для его потомства. Есть мухи, откладывающие яйца в гнезда одиночных ос, где личинки мух питаются парализованными гусеницами, заготовленными осой для своего потомства.

Муха, готовая к откладке яиц, следует за осой, которая и «приводит» ее к своему гнезду. Дождавшись, когда оса

улетит, муха проникает в гнездо и откладывает яйца. Из них сразу же вылупляются личинки, и развитие паразита совершается быстрее, чем развитие хозяина. Такая форма паразитизма получила название гнездового. Гнездовой паразитизм свойствен и позвоночным животным. Обыкновенная кукушка откладывает свои яйца в гнезда более 100 видов птиц, преимущественно мелких воробьиных. Кукушка откладывает по одному яйцу непосредственно в гнездо птиц другого вида во время отсутствия хозяев или на землю, а потом переносит в клюве в гнездо, и в этом случае птенцы паразитического вида развиваются быстрее, чем птенцы хозяев. Вылупившийся из яйца кукушонок выталкивает яйца своих хозяев, точно так же он поступает с птенцами, если они успевают появиться на свет. Оставшись один, птенец кукушки получает всю пищу, приносимую приемными родителями, и быстро растет (рис. 6.31).

В тех случаях, когда паразиты поселяются в теле другого животного или человека, они зачастую оказывают неблагоприятное воздействие на хозяина. Такое воздействие часто вызывается механическими причинами с помощью крючков, присосок, коготков и других приспособлений, предназначенных для того, чтобы удерживаться внутри тела или на поверхности хозяина. Механические повреждения причиняют личинки паразитических червей, когда они проходят через неповрежденную кожу или стенки сосудов или полостей. Крупные паразиты — лентецы, цепни, аскариды — могут образовывать клубки и закрывать просвет кишечника и даже вызывать разрыв его стенки. Желчные протоки печени нередко закупориваются печеночными сосальщиками. Токсическое действие оказывают продукты жизнедеятельности паразитов. Например, при выходе малярийных плазмодиев из эритроцитов (рис. 6.32) в плазму крови сюда поступают и продукты их обмена. В результате у больного повышается температура (развивается приступ лихорадки).

У человека некоторые паразиты не только снижают жизнедеятельность, но и могут приводить к инвалидности. В странах с тропическим и субтропическим климатом широко распространены круглые черви нитчатки, получившие название от нитевидной формы их тела. Они достигают 5—10 см

Биологические методы борьбы приобретают все большее значение и в будущем позволяют сократить применение ядохимикатов в сельском хозяйстве.

Конкуренция. Одна из форм отрицательных взаимоотношений между видами — конкуренция. Этот тип взаимоотношений возникает, если у двух близких видов наблюдаются сходные потребности. Если такие виды обитают на одной территории, то каждый из них находится в невыгодном положении: уменьшаются возможности овладения пищевыми ре-

сурсами, местами для размножения и т. д. Формы конкурентного взаимодействия могут быть самыми разными — от прямой физической борьбы до мирного совместного существования. Тем не менее если два вида с одинаковыми потребностями оказываются в одном сообществе, рано или поздно один конкурент вытеснит другого. Ч. Дарвин считал конкуренцию одной из важнейших составных частей борьбы за существование, играющей большую роль в эволюции видов.

Как бы ни были сходны потребности видов, все же чем-то они отличаются друг от друга так же, как различается их устойчивость к факторам среды — температуре, влажности и т. п. Скорость размножения видов уже по этим причинам будет неодинакова. С каждым поколением все больше пищевых ресурсов будет захватываться особями конкурентоспособного вида, при этом другой вид неизбежно исчезнет.

Часто конкуренты активно действуют друг на друга. У растений это может быть перехват минеральных солей и влаги корневой системой, солнечного света — листьями. В смешанных посевах трав преимущество получают виды с более длинными листовыми черешками. В смешанных посадках деревьев быстрорастущие экземпляры будут затенять и угнетать медленно растущие деревья.

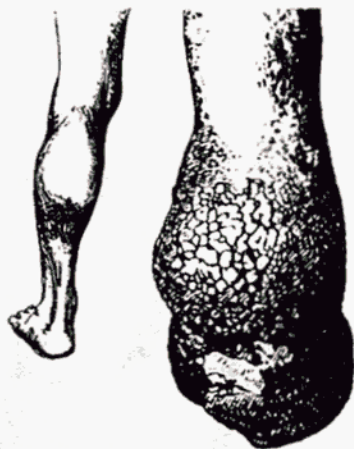


Рис. 6.33. «Слоновая болезнь» у человека



Рис. 6.34. *Зубр, маркирующий дерево*

Растения и животные могут подавлять конкурентов и с помощью химических веществ. Грибы препятствуют росту бактерий путем выработки антибиотиков. У животных встречаются случаи прямого нападения представителей одного вида на другой. В результате более слабый конкурент погибает или ищет свободную территорию.

Одним из путей регуляции плотности населения данного вида в биогеоценозе служит маркирование занимаемой особью или семьей территории (рис. 6.34). Оставляемый животным запах служит сигналом, предупреждающим, что территория занята.

В результате конкуренции в биогеоценозе совместно уживаются только те виды, которые смогли разойтись в своих требованиях к условиям жизни. Например, копытные африканских саванн по-разному используют пастбищный корм (см. рис. 6.7). Зебры обрывают верхушки трав; антилопы кормятся тем, что оставляют им зебры, выбирая при этом определенные виды растений; газели выщипывают самые низкие травы, а антилопы топчи едят сухие стебли, оставшиеся после других травоядных.

6.4.3. Нейтрализм

Нейтрализм — форма взаимоотношений, при которой совместно обитающие на одной территории организмы не влияют друг на друга. При нейтрализме особи разных видов не связаны друг с другом непосредственно, но, формируя биоценоз, зависят от состояния сообщества в целом. Например, белки и лоси в одном лесу не контактируют друг с другом, однако угнетение леса засухой сказывается на каждом из них, хотя и в разной степени.

Все перечисленные формы биологических связей между видами служат регуляторами численности животных и растений в биоценозе, определяя степень его устойчивости; при этом чем богаче видовой состав биоценоза, тем устойчивее сообщество в целом.

Summary



Living organisms coexist with each other inoccasionally, they are adapted to each other and form the communities. Within the variety of interactions among living beings certain types of relations common to the organisms from different taxonomic groups can be distinguished. Considering their influence on the individuals they can be separated into positive, negative and neutral ones. Positive ones include cooperation and mutualism; negative (antibiotic) interrelations are predation, parasitism and competition. Neutral interrelations are found when the organisms are not directly connected with each other but depend on the state of community on the whole as they take part in its functioning.

Опорные точки



1. Множественность форм антибиотических, симбиотических и нейтральных отношений между организмами внутри сообществ образует биоценозы.
2. Симбиоз, нейтрализм и антибиоз характерны для взаимодействия организмов всех царств живой природы.

3. Нейтральный характер взаимоотношений между организмами свидетельствует лишь об отсутствии прямых контактов между организмами.

Вопросы для повторения и задания



1. Перечислите основные формы негативных взаимоотношений организмов.
2. По каким критериям можно отличить хищничество от паразитизма?
3. Как сказывается конкуренция на интенсивности жизнедеятельности соперничающих видов?
4. Каким образом антибиоз влияет на интенсивность естественного отбора?
5. Какое значение имеет нейтрализм для развития биогеоценоза?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

Терминология



Каждому термину, указанному в левой колонке, подберите соответствующее ему определение, приведенное в правой колонке на русском и английском языках.

Select the correct definition for every term in the left column from English and Russian variants listed in the right column.

1. Биологические
меры борьбы
Biological
protective measures

A. Форма антибиотических взаимоотношений между организмами, при которой один вид умерщвляет представителей другого вида и использует их в качестве пищи.
A form of negative (antibiotic) interrelations between the organisms, when one of them kills and uses as food the other one.

2. Квартиранство
«Taking shelter»
amensalism

Б. Форма антибиотических взаимоотношений между организмами, при которой один вид использует представителей другого в качестве источника питания и часто как среду обитания.

A form of negative (antibiotic) interrelations between the organisms, when one of them uses the other as food and often as the environment (lives inside its body).

3. Кооперация
Cooperation

В. Форма позитивных взаимоотношений между организмами, при которой особи одного вида используют жилище или тело представителей другого вида для защиты от врагов или передвижения, не нанося ему ущерба.

A form of positive interrelations between organisms, when individuals of one species use, doing no harm, the shelters or the body of the other to move from one place to another or to be protected from enemies.

4. Паразитизм
Parasitism

Г. Форма позитивных взаимоотношений между организмами, при которой особи одного вида могут вступать во взаимовыгодное сожительство с представителями других видов.

A form of positive interrelations between the organisms, when individuals of one species come to mutually advantageous coexistence with the other ones.

5. Хищничество
Predation

Д. Формы воздействия человека на организмы вредителей сельского хозяйства, при которых используются их естественные враги (хищники, паразиты и т. п.).

A form of human influence on the pests of agriculture, when native enemies of pests (predators, parasites etc.) are used.

Вопросы для обсуждения



Какие формы взаимоотношений между организмами, по вашему мнению, преобладают в пресноводном водоеме и доминируют во влажном тропическом лесу?

Как вы думаете, каким образом взаимоотношения между организмами различных систематических групп обеспечивают биологическое равновесие в экологической системе?

Обзор изученного материала главы 6

Основные положения

Сообщества живых организмов формируются во времени. На характер их организации влияет изоляция и климатические факторы среды обитания.

Биоценозы представляют собой целостные саморегулирующиеся и самоподдерживающиеся биологические системы, включающие различные взаимосвязанные между собой организмы, обитающие в данной местности.

Биоценозы характеризуются видовым разнообразием, плотностью популяций и биомассой.

На жизнедеятельность организмов оказывают существенное влияние факторы неживой природы: температура, влажность, свет и многие другие, которые при оптимальной интенсивности действия обеспечивают благоприятные условия для существования живых организмов.

Большое видовое разнообразие биоценозов создает предпосылки для устойчивости биоценоза во времени и способствует его длительному пребыванию в стационарном состоянии.

Пищевые взаимоотношения организмов внутри биоценозов складываются в широкие «сети питания», в которых происходит преобразование энергии.

Взаимоотношения между организмами, входящими в состав биоценоза, могут носить позитивный (симбиоз), негативный (антибиоз) или нейтральный характер.

Проблемные области

Какую цель преследует изучение экологии в общеобразовательном курсе предметов?

Зачем во всех цивилизованных странах мира создаются правительственные экологические структуры и чем, по вашему мнению, они должны руководствоваться в своей деятельности?

Как знание биогеографии и центров происхождения культурных растений может повлиять на развитие сельского хозяйства в нашей стране?

Прикладные аспекты

При организации посадок плодовых деревьев и овощных культур, разведении животных на дачном или приусадебном участке хозяева часто сталкиваются с проблемой выбора необходимых сортов растений и пород животных. Какие экологические знания позволят с наименьшими затратами получить на небольшой площади наибольший урожай?

Задания

Обратите внимание и отметьте интенсивность действия абиотических факторов среды в городе и сельской местности.

Оцените климатические особенности вашего постоянно места жительства и влияние хозяйственной деятельности человека на структуру типичных биомов.

Биосфера и человек. Ноосфера

Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. И перед ним, перед его мыслью и трудом, становится вопрос о перестройке биосферы в интересах свободно мыслящего человечества как единого целого. Это новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть ноосфера.

В. И. Вернадский

Современный человек сформировался около 30—40 тыс. лет назад. С этого времени в эволюции биосферы стал новый фактор — антропогенный. Из этой главы вы узнаете о том, как развитие человеческого общества влияет на эволюцию биосферы; как сказывается хозяйственная деятельность человека на состоянии биоценозов и отдельных видов организмов, в них входящих.

Термин «ноосфера» был предложен в 1927 г. французским математиком и философом Э. Леруа. *Noos* — древнегреческое название человеческого разума. Следовательно, ноосфера — сфера человеческого разума.

7.1. Воздействие человека на природу в процессе становления общества

Первая созданная человеком культура — *палеолит* (каменный век) продолжалась примерно 20—30 тыс. лет; она совпала с длительным периодом оледенения. Экономической основой жизни человеческого общества была охота на крупных животных: благородного и северного оленей, шерстистого носорога, осла, лошадь, мамонта, тура. На стоянках человека каменного века находят многочисленные кости диких животных — свидетельство успешной охоты. Интенсивное истребление крупных травоядных животных привело к сравнительно быстрому сокращению их численности и исчезновению многих видов. Если мелкие травоядные могли восполнять потери от преследования охотниками высокой рождаемостью, то крупные животные в силу эволюционной истории были лишены этой возможности. Дополнительные трудности для травоядных животных возникли вследствие изменения природных условий в конце палеолита.

10—12 тыс. лет назад наступило резкое потепление, отступил ледник, леса распространились в Европе, вымерли крупные животные. Это создало новые условия жизни, разрушило сложившуюся экономическую базу человеческого общества. Закончился период его развития, характеризовавшийся только использованием пищи, т. е. чисто потребительским отношением к окружающей среде.

В следующую эпоху — эпоху *неолита* (новый каменный век) — наряду с охотой (на лошадь, дикую овцу, благородного оленя, кабана, зубра, козла и т. д.), рыбной ловлей и собирательством (моллюски, орехи, ягоды, плоды) все большее значение приобретает процесс производства пищи.

Делаются первые попытки одомашнивания животных и разведения растений, зарождается производство керамики. Уже 9—10 тыс. лет назад существовали поселения, среди остатков которых обнаруживают пшеницу, ячмень, чечевицу, кости домашних животных — коз, овец, свиней. В разных местах Передней и Средней Азии, Кавказа, Южной Европы развиваются зачатки земледельческого и скотоводческого хозяйства. Широко используется огонь и для уничтожения растительности в условиях подсечного земледелия, и как средство охоты. Начинается освоение минеральных ресурсов, зарождается металлургия.

Рост населения, качественный скачок в развитии науки и техники за последние два столетия, и особенно в наши дни, привели к тому, что деятельность человека стала фактором планетарного масштаба, направляющей силой дальнейшей эволюции биосферы. Возникли антропоценозы (от греч. *anthropos* — человек, *koinos* — общий, общность) — сообщества организмов, в которых человек является доминирующим видом, а его деятельность — определяющей состоянием всей системы. В. И. Вернадский считал, что влияние научной мысли и человеческого труда обусловили переход биосферы в новое состояние — ноосферу (сферу разума). Сейчас человечество использует для своих нужд все большую часть территории планеты и все большие количества минеральных ресурсов. Рассмотрим современное состояние биосферы и перспективы ее развития.

Опорные точки



1. Ранние стадии эволюции человечества характеризуются добычей пищи посредством охоты и собирательства.
2. В дальнейшем все большее значение приобретает процесс производства пищи, сопровождающийся глубоким воздействием на природу.

Вопросы для повторения и задания



1. Как отразилась на окружающей среде деятельность первобытного человека?

2. К какому периоду развития человеческого общества относится зарождение сельскохозяйственного производства?
3. Кто впервые ввел в науку термин «ноосфера»?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

7.2. Природные ресурсы и их использование

Биологические, в том числе пищевые, ресурсы планеты обуславливают возможности жизни человека на Земле, а минеральные и энергетические служат основой материального производства человеческого общества.

Среди природных богатств планеты различают неисчерпаемые и исчерпаемые ресурсы.

7.2.1. Неисчерпаемые ресурсы

Неисчерпаемых природных ресурсов не так уж много. Они подразделяются на *космические, климатические и водные*. Это энергия солнечной радиации, морских волн, ветра. С учетом огромной массы воздушной и водной среды планеты неисчерпаемыми считают атмосферный воздух и воду. Выделение это относительно. Например, пресную воду уже можно рассматривать как ресурс исчерпаемый, поскольку во многих регионах земного шара возник острый дефицит воды. Можно говорить и о неравномерности ее распределения, и невозможности ее использования из-за загрязнения. Условно считают и кислород атмосферы неисчерпаемым ресурсом.

Современные ученые-экологи полагают, что при современном уровне технологии использования атмосферного воздуха и воды эти ресурсы можно рассматривать как неисчерпаемые только при разработке и реализации крупномасштабных программ, направленных на восстановление их качества.

7.2.2. Исчерпаемые ресурсы

Исчерпаемые ресурсы делятся на *возобновляемые* и *невозобновляемые*. К возобновляемым относятся растительный и животный мир, плодородие почв.

К невозобновляемым ресурсам относятся полезные ископаемые. Их использование человеком началось в эпоху неолита. Первыми металлами, которые нашли применение, были золото и медь. Добывать руды, содержащие медь, а также олово, серебро, свинец умели уже за 4 тыс. лет до н. э.

В настоящее время человек вовлек в сферу своей промышленной деятельности преобладающую часть известных минеральных ресурсов. Из земных недр извлекается все больше различных руд, каменного угля, нефти и газа. Научно-технический прогресс открывает все новые области применения черных и цветных металлов, различного неметаллического сырья. В результате расширяется разработка бедных руд, увеличивается добыча нефти со дна моря. В хозяйственный оборот вовлекаются новые территории, растет использование древесины и промысловых животных. Подвергаются обработке значительные площади суши с целью выращивания растительных продуктов питания и создания кормовой базы для животноводства.

В современных условиях значительная часть поверхности Земли распахана или представляет собой полностью или частично окультуренные пастбища для домашних животных. Развитие промышленности и сельского хозяйства потребовало больших площадей для строительства городов, промышленных предприятий, разработки полезных ископаемых, сооружения коммуникаций. Таким образом, к настоящему времени человеком преобразовано около 20% суши.

Значительные площади поверхности суши исключены из хозяйственной деятельности человека вследствие накопления на ней промышленных отходов и невозможности использования районов, где ведется разработка и добыча полезных ископаемых. На прилегающих территориях создаются отвалы, карьеры, терриконы — земляные конусы, провальные воронки, возникающие на местах пустот под землей.

Из числа восполняемых природных ресурсов большую роль в жизни человека играет лес, имеющий немаловажное значение как географический и экологический фактор. Леса предотвращают эрозию почвы, задерживают поверхностные воды, т. е. служат влагонакопителями, способствуют поддержанию уровня грунтовых вод. В лесах обитают животные, представляющие материальную и эстетическую ценность для человека: копытные, пушные звери и другая дичь. В нашей стране леса занимают около 30% всей ее суши и являются одним из основных природных богатств.

Несмотря на длительную историю культурного земледелия, дикая природа продолжает служить для человека существенным источником продуктов питания. В первую очередь сюда относится рыболовство. В разных странах мира в белковом рационе человека рыба составляет от 17 до 83%. Из рыбы, кроме того, получают витамины, кормовую муку для скота, малоценные сорта рыб перерабатывают на удобрение для полей. Основная доля рыбных богатств (около 90%) сосредоточена в морях. При этом около 90% всего улова приходится на материковый шельф — на прибрежные воды, глубиной до 200 м, которые составляют всего лишь 8% всей площади Мирового океана. Населенность остальной акватории Мирового океана гораздо ниже и соответственно выше трудности лова. Важный объект морского промысла — водные млекопитающие. Добыча китов составляет несколько десятков тысяч особей в год. Киты и ластоногие служат источником мяса, жира, некоторые виды добывают ради шкур с прочным и красивым мехом. Значение диких растений и животных для человека не исчерпывается их пищевой ценностью. Подавляющее большинство их необходимы как обязательные компоненты биоценозов, без них понятие «природа» просто утрачивает свое значение. Растения, например лекарственные, приносят человеку ощутимую пользу. Дикорастущие виды до сих пор являются исходным материалом для селекции. Среди диких животных есть виды, перспективные для одомашнивания.

Таким образом, человечество интенсивно потребляет как живые, так и минеральные природные ресурсы. Однако такое использование окружающей среды имеет свои отрицательные последствия.

Опорные точки



1. Биологические и минеральные ресурсы планеты определяют саму возможность существования человечества.
2. Большинство природных ресурсов являются в большей или меньшей степени исчерпаемыми либо за счет конечности запасов, либо вследствие преобладания скорости использования над временем воспроизведения.

Вопросы для повторения и задания



1. Охарактеризуйте неисчерпаемые природные ресурсы.
2. Расскажите, как человек использует неисчерпаемые ресурсы.
3. Что такое исчерпаемые природные ресурсы?
4. Какие ресурсы называют возобновляемыми?
5. Какие ресурсы относятся к невозобновляемым?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

7.3. Последствия хозяйственной деятельности человека для окружающей среды

В соответствии с плотностью населения меняется и степень воздействия человека на окружающую среду. Однако при современном уровне развития производительных сил деятельность человеческого общества сказывается на биосфере в целом.

В этом и последующих параграфах будет показано, к чему приводит производственная деятельность человека и как предотвратить или ликвидировать ее отрицательные последствия.

7.3.1. Загрязнение воздуха

В процессе своей деятельности человек загрязняет воздушную среду. Над городами и промышленными районами в атмосфере возрастает концентрация газов, которые обычно в сельской местности содержатся в очень небольших количествах или совсем отсутствуют. Загрязненный воздух вреден для здоровья. Кроме того, вредные газы, соединяясь с атмосферной влагой и выпадая в виде кислых дождей, ухудшают качество почвы и снижают урожай.

Основные причины загрязнения атмосферы — сжигание природного топлива и металлургическое производство. Если в XIX и в начале XX в. поступающие в окружающую среду продукты сгорания угля и жидкого топлива почти полностью ассимилировались растительностью Земли, то в настоящее время содержание вредных продуктов сгорания неуклонно возрастает. Из печей, топков, выхлопных труб автомобилей в воздух попадает целый ряд загрязняющих веществ. Среди них выделяется сернистый ангидрид — ядовитый газ, легко растворимый в воде.

Концентрация сернистого газа в атмосфере особенно высока в окрестностях медеплавильных заводов. Он вызывает разрушение хлорофилла, недоразвитие пылевых зерен, засыхание и отпадание листьев хвой. Часть SO_2 окисляется до серного ангидрида. Растворы сернистой и серной кислот, выпадая с дождями на поверхность Земли, причиняют вред живым организмам, разрушают здания. Почва приобретает кислую реакцию, из нее вымывается перегной (гумус) — органическое вещество, содержащее все компоненты, необходимые для развития растений. Кроме того, в ней снижается количество солей кальция, магния, калия. В кислых почвах уменьшается и число обитающих в них видов животных, замедлена скорость разложения опада. Все это создает неблагоприятные условия для роста растений.

Каждый год в результате сжигания топлива в атмосферу поступают миллиарды тонн CO_2 . Половина диоксида углерода, образующегося при сгорании ископаемого топлива, поглощается океаном и зелеными растениями, половина остается в воздухе. Содержание CO_2 в атмосфере постепенно возрастает и за последние 100 лет увеличилось более чем на 10%. CO_2 препятствует тепловому излучению в космическое

пространство, создавая так называемый *парниковый эффект*. Изменение содержания CO_2 в атмосфере в значительной мере влияет на климат Земли.

Промышленные предприятия и автомобили служат причиной поступления в атмосферу многих ядовитых соединений — окислов азота, оксида углерода, соединений свинца (каждый автомобиль выделяет за год 1 кг свинца), различных углеводородов — ацетилена, этилена, метана, пропана, толуола, бензпирена и др. Вместе с капельками воды они образуют ядовитый туман — смог, наносящий вред организму человека и растительности городов. Жидкие и твердые частицы (пыль), взвешенные в воздухе, уменьшают количество солнечной радиации, достигающей поверхности Земли. Так, в больших городах солнечная радиация уменьшается на 15%, ультрафиолетовое излучение — на 30% (а в зимние месяцы оно может совсем исчезнуть).

7.3.2. Загрязнение пресных вод

Масштабы использования водных ресурсов быстро увеличиваются. Это связано с ростом населения и улучшением санитарно-гигиенических условий жизни человека, развитием промышленности и орошаемого земледелия. Суточное потребление воды на хозяйственно-бытовые нужды в сельской местности составляет 50 л на одного человека, в городах — 150 л.

Огромное количество воды используется в промышленности. На выплавку 1 т стали необходимо 200 м³ воды, а 1 т никеля — 4000 м³. На производство 1 т бумаги требуется 100 м³, на изготовление 1 т синтетического волокна от 2500 до 5000 м³ воды. Промышленность поглощает 85% всей воды, расходуемой в городах, оставляя на хозяйственно-бытовые цели около 15%.

Еще больше воды необходимо для орошения. В течение года на 1 га поливных земель уходит 12—14 м³ воды. В нашей стране ежегодно на орошение расходуется более 150 км³, в то время как на все другие нужды — около 50 км³ воды.

Постоянное увеличение водопотребления на планете ведет к опасности «водного голода», что обуславливает необходимость разработки мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов.

Кроме высокого уровня расхода нехватка воды вызывается ее растущим загрязнением вследствие сброса в реки отходов промышленного и особенно химического производства и коммунальных сточных вод. Бактериальное загрязнение и ядовитые химические вещества (например, фенол) приводят к омертвлению водоемов. Вредные последствия имеет также молевой сплав леса по рекам, который часто сопровождается заторами. При длительном пребывании древесины в воде она теряет деловые качества, а вымываемые из нее вещества губительно действуют на рыб.

В реки и озера поступают и вымываемые из почвы дождями минеральные удобрения — нитраты и фосфаты, которые в больших концентрациях способны резко изменять видовой состав водоемов, а также различные *ядохимикаты* — пестициды, используемые в сельском хозяйстве для борьбы с насекомыми-вредителями. Для аэробных организмов, обитающих в пресных водах, неблагоприятным фактором служит и сброс предприятиями теплых вод. В теплой воде кислород плохо растворяется и его дефицит может приводить многие организмы к гибели.

7.3.3. Загрязнение Мирового океана

Значительному загрязнению подвергаются воды морей и океанов. С речным стоком, а также от морского транспорта в моря поступают болезнетворные отходы, нефтепродукты, соли тяжелых металлов, ядовитые органические соединения, в том числе пестициды. Загрязнение морей и океанов достигает таких масштабов, что в ряде случаев выловленные рыбы и моллюски оказываются непригодными для употребления в пищу. ДДТ обнаружен даже в организме пингвинов, обитающих в Антарктиде.

7.3.4. Антропогенные изменения почвы

Плодородный слой почвы формируется очень долго. В то же время ежегодно вместе с урожаем из почвы изымаются десятки миллионов тонн азота, калия, фосфора — главных компонентов питания растений. Основной фактор плодородия почвы — перегной (гумус) содержится в черноземах в количестве менее 5% от массы пахотного слоя. На бедных почвах перегноя еще меньше. При отсутствии пополнения

почв соединениями азота его запас может быть израсходован за 50—100 лет. Этого не происходит, поскольку культурное земледелие предусматривает внесение в почву органических и неорганических (минеральных) удобрений.

Внесенные в почву азотные удобрения используются растениями на 40—50%. Остальная часть (около 20%) восстанавливается микроорганизмами до газообразных веществ — N_2 , N_2O и улетучивается в атмосферу или вымывается из почвы. Таким образом, минеральные азотные удобрения не обладают длительным действием, и поэтому их приходится вносить ежегодно. При недостаточном внесении органических и неорганических удобрений почва истощается и урожаи падают. Неблагоприятные изменения в почве наступают и в результате неправильных севооборотов, т. е. ежегодного посева одних и тех же культур, например картофеля. Включение же в севообороты бобовых культур обогащает почву азотом. Посевы клевера и люцерны за счет связывания N_2 симбиотическими клубеньковыми бактериями позволяют задержать в почве до 300 кг азота на 1 га. Севообороты необходимы и для борьбы с растительными червями — нематодами, которые значительно снижают урожаи. Например, луковично-чесночная нематода может снизить урожай лука на 50%.

К числу антропогенных изменений почвы относится *эрозия* (от лат. *erosio* — разъедение). Эрозия представляет собой разрушение и снос почвенного покрова потоками воды или ветром. Широко распространена и наиболее разрушительна водная эрозия. Она возникает на склонах и развивается при неправильной обработке земли. Вместе с талыми и дождевыми водами с полей ежегодно уносятся в реки и моря миллионы тонн почвы. Если размыву ничто не препятствует, мелкие промоины превращаются в более глубокие и, наконец, в овраги. На юге европейской части страны овраги занимают большие территории, уменьшая полезную площадь обрабатываемых земель.

Ветровая эрозия наиболее сильно проявляется в южных степных областях нашей страны. Она возникает в районах с сухой обнаженной почвой, с изреженным растительным покровом. Чрезмерный выпас скота в степях и полупустынях способствует ветровой эрозии и быстрому разрушению

травяного покрова. Для восстановления слоя почвы толщиной 1 см в естественных условиях требуется 250—300 лет. Следовательно, пыльные бури приносят невосполнимые потери плодородного слоя почвы.

Значительные территории со сформированными почвами изымаются из сельскохозяйственного оборота вследствие открытого способа разработки полезных ископаемых, залегающих на небольшой глубине. Открытый способ добычи дешев, так как избавляет от сооружения дорогостоящих шахт и сложной системы коммуникаций, а также повышает безопасность. Вырытые глубокие карьеры и отвалы грунта разрушают не только земли, подлежащие разработке, но и окружающие территории, при этом нарушается гидрологический режим местности, загрязняются воды, почва и атмосфера, снижается урожай сельскохозяйственных культур. В районах подземной добычи полезных ископаемых формируется провално-терриконовый тип местности. Эти две особенности рельефа тесно связаны друг с другом: провалы образуются в результате возникновения пустот под земной поверхностью, а *терриконы* — в тех местах, где складывается пустая порода. Терриконы (земляные конусы) возникают не только вокруг шахт, но и около заводов, электростанций и других промышленных предприятий. Они занимают много места, сильно пылят при ветре, а многие из них продолжают тлеть внутри, выделяя едкий дым и сернистый газ.

7.3.5. Влияние человека на растительный и животный мир

Воздействия человека на живую природу складываются из *прямого влияния и косвенного изменения природной среды*. Одна из форм прямого воздействия на растения и животных — рубка леса.

Выборочные и санитарные рубки, регулирующие состав и качество леса и необходимые для удаления поврежденных и больных деревьев, существенно не влияют на видовой состав лесных биоценозов. Другое дело — сплошная вырубка древостоя. Оказавшись внезапно в условиях открытого местообитания, растения нижних ярусов леса испытывают неблагоприятное влияние прямого солнечного излучения.

У тенелюбивых растений травянистого и кустарничкового ярусов разрушается хлорофилл, угнетается рост, некоторые виды исчезают. На местах вырубок поселяются светолюбивые растения, устойчивые к повышенной температуре и недостатку влаги. Меняется и животный мир: виды, связанные с древостоем, исчезают или мигрируют в другие места.

Ощутимое воздействие на состояние растительного покрова оказывает массовое посещение лесов отдыхающими и туристами. В этих случаях вредное влияние заключается в вытаптывании, уплотнении почвы и ее загрязнении. Уплотнение почвы угнетает корневые системы и приводит к засыханию древесных растений. Вытаптывание трав нарушает существенные этапы круговорота веществ, обрекая деревья на частичное голодание. Прямое влияние человека на животный мир заключается в истреблении видов, представляющих для него пищевую или другую материальную пользу.

Считается, что с 1600 г. человеком было истреблено более 160 видов и подвидов птиц и не менее 100 видов млекопитающих. В длинном списке исчезнувших видов значится тур — дикий бык, живший на территории всей Европы. В XVIII в. была истреблена описанная русским натуралистом Г. В. Стеллером морская корова (стеллерова корова) — водное млекопитающее, относящееся к отряду сиреновых. Немногим более ста лет назад исчезла дикая лошадь тарпан, обитавшая на юге России. Многие виды животных находятся на грани вымирания или сохранились только в заповедниках. Такова судьба бизонов, десятками миллионов населявших прерии Северной Америки, и зубров, прежде широко распространенных в лесах Европы. На Дальнем Востоке почти полностью истреблен пятнистый олень. Усиленный промысел китообразных привел на грань уничтожения несколько видов китов: серого, гренландского, голубого.

На численность животных оказывает влияние и хозяйственная деятельность человека, не связанная с промыслом. Резко сократилась численность уссурийского тигра. Это произошло в результате освоения территорий в пределах его ареала и сокращения кормовой базы. В Тихом океане ежегодно погибает несколько десятков тысяч дельфинов: в период лова рыбы они попадают в сети и не могут из них

выбраться. Еще недавно, до принятия рыбаками специальных мер, число погибающих в сетях дельфинов достигало сотен тысяч. На морских млекопитающих очень неблагоприятное действие оказывает загрязнение воды. В таких случаях оказывается неэффективным запрет на отлов животных. Например, после запрещения отлова дельфинов в Черном море их численность не восстанавливается. Причина заключается в том, что в Черное море с речной водой и через проливы из Средиземного моря поступает много ядовитых веществ. Эти вещества особенно вредны для детенышей дельфинов, высокая смертность которых и препятствует росту поголовья этих китообразных.

Исчезновение сравнительно небольшого числа видов животных и растений может показаться не очень существенным. Однако главная ценность живущих ныне видов заключается не в их хозяйственном значении. Каждый вид занимает определенное место в биоценозе, в цепи питания, и заменить его не может никто. Исчезновение того или иного вида ведет к уменьшению устойчивости биоценозов. Еще важнее то, что каждый вид обладает уникальными, присущими только ему свойствами. Утрата генов, определяющих эти свойства и отобранных в ходе длительной эволюции, лишает человека возможности в будущем воспользоваться ими для своих практических целей (например, для селекции).

7.3.6. Радиоактивное загрязнение биосферы

Проблема радиоактивного загрязнения биосферы возникла в 1945 г. после взрыва атомных бомб, сброшенных на японские города Хиросиму и Нагасаки. Испытания ядерного оружия, производимые до 1962 г. в атмосфере, вызвали глобальное радиоактивное загрязнение. При взрыве атомных бомб возникает очень сильное ионизирующее излучение, радиоактивные частицы рассеиваются на большие расстояния, заражая почву, водоемы, живые организмы. Многие радиоактивные изотопы имеют длительный период полураспада, оставаясь опасными в течение всего времени своего существования.

Все эти изотопы включаются в круговорот веществ, попадают в живые организмы и оказывают губительное дейст-

вие на клетки. Очень опасен *стронций-90* вследствие своей близости к кальцию. Накапливаясь в костях скелета, он служит постоянным источником облучения организма. Радиоактивный *цезий* (^{137}Cs) сходен с калием, его много в мышцах пораженных животных. Исследования показали, что в организме эскимосов Аляски, питающихся мясом северных оленей, в значительных количествах содержится цезий-137.

У испытаний ядерного оружия (а тем более при использовании этого оружия в военных целях) есть еще одна отрицательная сторона. При ядерном взрыве образуется громадное количество мелкой пыли, которая долго держится в атмосфере и поглощает значительную часть солнечной радиации. Расчеты отечественных ученых, подтвержденные учеными разных стран мира, показывают, что даже при ограниченном, локальном применении ядерного оружия образовавшаяся пыль будет задерживать большую часть солнечного излучения. Наступит длительное похолодание (*ядерная зима*), которое неизбежно приведет к гибели всего живого на Земле.

В настоящее время практически любая территория планеты от Арктики до Антарктиды подвержена многообразным антропогенным влияниям. Очень серьезный характер приобрели последствия разрушения природных биоценозов и загрязнения окружающей среды. Вся биосфера находится под все более усиливающимся давлением деятельности человека, поэтому актуальной задачей становятся природоохранительные мероприятия.

Опорные точки



1. С развитием промышленного производства воздействие человека на природу резко усилилось.
2. Количество отходов, возникающих в результате хозяйственной деятельности человеческого общества, во много раз превышает то, которое может быть естественным образом утилизировано в биосфере.
3. Низкая урожайность сельскохозяйственных культур делает необходимым расширение обрабатываемых площадей, что негативно сказывается на природе в целом.

Вопросы для повторения и задания



1. Что является причиной и каковы последствия загрязнения атмосферы?
2. Каковы причины возможного возникновения «водного голода» в ряде районов мира?
3. К чему приводит загрязнение вод Мирового океана?
4. Как сказывается хозяйственная деятельность человека на структуре и плодородии почвы?
5. Каково прямое влияние человека на растительный и животный мир Земли?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

7.4. Охрана природы и перспективы рационального природопользования

В наши дни потребительское отношение к природе, изъятие ее ресурсов без осуществления мер по их восстановлению уходят в прошлое. Проблема рационального использования природных ресурсов, охрана природы от губительных последствий хозяйственной деятельности человека приобрели огромное государственное значение.

Не будет преувеличением сказать, что охрана среды обитания людей — дело всего человечества. Охрана природы и рациональное природопользование — проблема комплексная, и ее решение зависит как от последовательного осуществления государственных мероприятий, направленных на бережение экосистем, так и от расширения научных знаний, которые обществу, для собственного благополучия, рентабельно и выгодно финансировать.

Здесь будут рассмотрены лишь некоторые примеры, показывающие направленность и эффективность природоохранительных мер.

Для вредных веществ в атмосфере законодательно установлены *предельно допустимые концентрации*, не вызы-

вающие у человека ощутимых последствий. С целью предотвращения загрязнения атмосферы разработаны мероприятия, обеспечивающие правильное сжигание топлива, переход на газифицированное центральное отопление, установку на промышленных предприятиях очистных сооружений. Помимо предохранения воздуха от загрязнения, очистные сооружения позволяют экономить сырье и возвращать в производство многие ценные продукты. Например, улавливание серы из выделяющихся газов дает возможность увеличить выпуск серной кислоты, улавливание цемента берегает продукцию, равную производительности нескольких заводов. На алюминиевых заводах установка фильтров на трубах предотвращает выброс в атмосферу фтора. Помимо строительства очистных сооружений ведутся поиски технологии, при которой образование отходов было бы сведено к минимуму. Этой же цели служит улучшение конструкции автомобилей, переход на другие виды топлива (сжиженный газ, этиловый спирт), при сжигании которого образуется меньше вредных веществ. Разрабатываются автомобили с электрическим двигателем для передвижения в пределах города. Большое значение имеет правильная планировка городов и зеленые насаждения. Деревья очищают воздух от взвешенных в нем жидких и твердых частиц (аэрозолей), поглощают вредные газы. Например, сернистый газ хорошо поглощается тополем, липой, кленом, конским каштаном; фенолы — сиренью, шелковицей, бузиной.

Бытовые и промышленные сточные воды подвергаются механической, физико-химической и биологической обработке. Биологическая очистка заключается в разрушении растворенных органических веществ микроорганизмами. Вода пропускается через специальные резервуары, содержащие так называемый активный ил, в который входят микроорганизмы, окисляющие фенолы, жирные кислоты, спирты, углеводороды, нефть и т. д.

Очистка сточных вод не решает всех проблем. Поэтому все больше предприятий переходит на новую технологию — замкнутый цикл, при котором очищенная вода вновь поступает в производство. Новые технологические процессы позволяют в десятки раз сократить количество воды, необходимое для промышленных целей.

Охрана недр заключается прежде всего в предотвращении непроизводительных затрат органических и минеральных ресурсов и комплексном их использовании. Например, много каменного угля теряется при подземных пожарах, горючий газ сгорает в факелах на нефтепромыслах. Разработка технологии комплексного извлечения металлов из руд позволяет получать дополнительно такие ценные элементы, как титан, кобальт, вольфрам, молибден и др.

Для повышения продуктивности сельского хозяйства громадное значение имеет правильная агротехника и осуществление специальных мероприятий по охране почвы. Например, борьба с оврагами успешно ведется путем посадки растений — деревьев, кустарников, трав. Растения защищают почвы от смыва и уменьшают скорость течения воды. Окультуривание оврагов позволяет использовать их в хозяйственных целях. Посев завезенной из Америки аморфы, имеющей мощную корневую систему, не только эффективно предотвращает смыв почвы: само растение дает бобы, имеющие высокую кормовую ценность. Разнообразие посадок и посевов по оврагу способствует образованию стойких биоценозов. В зарослях поселяются птицы, что имеет немаловажное значение для борьбы с вредителями. Защитные лесонасаждения в степях препятствуют водной и ветровой эрозии полей.

Развитие биологических методов борьбы с вредителями позволяет резко сократить использование в сельском хозяйстве пестицидов. В настоящее время в охране нуждаются 2000 видов растений, 236 видов млекопитающих, 287 видов птиц. Международным союзом охраны природы учреждена специальная Красная книга, в которой сообщаются сведения об исчезающих видах и даются рекомендации по их сохранению. Многие виды животных, находящиеся под угрозой исчезновения, сейчас восстановили свою численность. Это относится к лосю, сайгаку, белой цапле, гаге.

Сохранению животного и растительного мира способствует организация заповедников и заказников. Помимо охраны редких и исчезающих видов заповедники служат базой для одомашнивания диких животных, обладающих ценными хозяйственными свойствами. Заповедники являются также центрами по расселению животных, исчезнувших

в данной местности, помогают обогащению местной фауны. В России успешно прижилась североамериканская ондатра, дающая ценный мех. В суровых условиях Арктики размножается овцебык, завезенный из Канады и Аляски. Восстановлена численность бобров, почти исчезнувших в нашей стране в начале века.

Подобные примеры многочисленны. Они показывают, что бережное отношение к природе, основанное на глубоких знаниях биологии растений и животных, не только сохраняет ее, но и дает значительный экономический эффект.

Summary



One of the global problems of mankind is a problem of interrelations with biosphere. Since the time of appearance, human beings affect natural world more and more actively. However, nobody has learned yet how to prevent negative consequences of our influence on biosphere, and our power is often only an illusion. Almost all the time our activities coincide with changes in stability of biosphere, in transformation of energy flow in ecosystems, and in restructuring of genetic information, transferred from one generation to another.

Опорные точки



1. Мероприятия по охране природы должны носить не благотворительный, а обязательный характер, так как от состояния окружающей среды зависит само существование жизни на Земле.
2. Природоохранные мероприятия могут быть эффективными только в том случае, если они основываются на глубоких биологических знаниях.

Вопросы для повторения и задания



1. Повторите предыдущий параграф и сформулируйте, зачем и почему необходимы бережное отношение к природе и ее охрана.

2. В чем значение рационального научно обоснованного природопользования для сохранения многообразия животного и растительного мира?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

Терминология



Каждому термину, указанному в левой колонке, подберите соответствующее ему определение, приведенное в правой колонке на русском и английском языках.

Select the correct definition for every term in the left column from English and Russian variants listed in the right column.

1. Антропогенный фактор
Anthropogenic factor

А. Система научнообоснованных методов использования природных ресурсов.
A system of scientifically substituted methods for exploitation of natural resources.

2. Антропоценоз
Anthropocenosis

Б. Комплексная дисциплина, разрабатывающая общие принципы и методы сохранения и восстановления природных ресурсов.
A complex discipline, that is working out of the main principles of preservation and restoration of natural resources.

3. Природопользование
The use of natural resources

В. Ресурсы, скорость использования которых человеком во много раз превышает темпы их образования.
Resources, which formation rate is much lower that the rate of their exploitation by people.

4. Охрана природы Environmental protection	Г. Действующий в природе фактор, обусловленный деятельностью человека. Environmental factor, determined by the human activity.
5. Природные ресурсы Natural resources	Д. Искусственно созданное человеком сообщество живых организмов (агроценоз). Artificial man-made community of living organisms (agrocoenosis).
6. Невосполнимые ресурсы Irrestorable resources	Е. Природные объекты и явления, используемые или потенциально пригодные для прямого потребления человеком. Natural objects and phenomenons, which are used or can be used for direct human needs.

Вопросы для обсуждения



Каким образом живые организмы влияют на глобальные круговороты веществ в природе?

В чем, по вашему мнению, заключаются вредные последствия расширения сельскохозяйственного производства для биоценозов и биосферы в целом?

Обзор изученного материала главы 7

Основные положения

Интенсивное истребление древним человеком крупных травоядных животных привело к сравнительно быстрому сокращению их численности и исчезновению многих видов.

В эпоху неолита наряду с охотой, рыбной ловлей и собирательством все большее значение приобретает процесс производства пищи.

Рост населения, качественный скачок в развитии науки и техники за последние два столетия привели к тому, что деятельность человека стала фактором планетарного масштаба, направляющей силой дальнейшей эволюции биосферы.

Значительные площади поверхности суши исключены из хозяйственной деятельности человека вследствие накопления на ней промышленных отходов и невозможности использования районов, где ведется разработка и добыча полезных ископаемых.

Биологические и минеральные ресурсы планеты определяют саму возможность существования человечества.

Большинство природных ресурсов являются в большей или меньшей степени исчерпаемыми либо за счет конечности запасов, либо вследствие преобладания скорости использования над временем воспроизведения.

Для восстановления слоя почвы толщиной 1 см в естественных условиях требуется 250—300 лет.

Многие радиоактивные изотопы имеют длительный период полураспада, оставаясь опасными в течение всего времени своего существования. Изотопы включаются в круговорот веществ, попадают в живые организмы и оказывают губительное действие на клетки.

Проблема рационального использования природных ресурсов, охрана природы от губительных последствий хозяйственной деятельности человека приобрели огромное государственное значение.

Мероприятия по охране природы должны носить не благотворительный, а обязательный характер, так как от состояния окружающей среды зависит само существование жизни на Земле.

Природоохранительные мероприятия могут быть эффективными только в том случае, если они основываются на глубоких биологических знаниях.

Проблемные области

Какие виды крупных животных, а также целые сообщества живых организмов находятся под угрозой исчезновения? Предложите возможные меры по их сохранению.

К каким отрицательным экологическим последствиям приводит сооружение на реках каскада гидроэлектростанций и зарегулирование стока воды?

Прикладные аспекты

Почему повышение урожайности сельскохозяйственных культур предпочтительнее, чем расширение обрабатываемых площадей?

Какие экологические последствия представляют крушения нефтеналивных судов?

Задания

Повторите материалы главы и обоснуйте положение о том, что на современном этапе развития биосферы она является сферой разума — ноосферой.

Бионика

Птица — действующий по математическому закону инструмент, сделать который в человеческой власти со всеми его движениями...

Леонардо да Винчи

С незапамятных времен мысль человека искала ответ на вопрос: может ли человек достичь того же, чего достигла живая природа? Сможет ли он, например, летать, как птица, или плавать под водой, как рыба? Сначала человек мог только мечтать об этом, но вскоре изобретатели начали применять особенности организации живых организмов в своих конструкциях. В этой главе вы познакомитесь с некоторыми такими примерами.

Человек представляет собой высшую ступень развития живой природы не потому, что его чувствительные или рабочие органы и системы лучше, чем у животных. Многочисленные примеры убеждают в том, что у многих животных та или иная система жизнедеятельности во много раз совершенней, чем у человека. Приведем лишь некоторые из них.

Лучшие спортсмены-бегуны на короткие дистанции развивают скорость 40—42 км/ч. В мире животных в 2—3 раза быстрее бегают гепард, страус и некоторые другие. Более того, относительная скорость передвижения и расстояние, на которое могут перемещаться животные, еще разительнее отличаются от естественных возможностей человека. Количество движений, которое человек способен совершить за 1 с, составляет максимум 10—12 (к примеру, постукивания пальцем по столу), а частота взмахов крыла у обыкновенной пчелы — 250—300 в секунду.

Преимущество человека заключается в уникальной способности мозга к мышлению и способности к общественному труду.

В своей практической деятельности человек использует в качестве моделей для конструирования сооружений и механизмов наиболее удачные приспособления живых организмов к среде их обитания. В наше время появилось самостоятельное направление в науке и технике, цель которого — использовать биологические знания для решения инженерных задач и развития техники. Это направление было названо *бионикой* (от греч. слова *bion* — ячейка жизни).

Круг вопросов, которые использует бионика, довольно обширен и продолжает расширяться. Для того чтобы получить о них представление, лучше всего рассмотреть несколько примеров.

В 1889 г. в Париже по проекту инженера Ж. Эйфеля была сооружена трехсотметровая металлическая ажурная башня, ставшая впоследствии своеобразным символом столицы Франции. Эта конструкция — яркий пример единства закона формирования естественных и искусственных структур. Ученые обнаружили, что силовые линии в конструкциях башни и в костях птиц и млекопитающих распределяются очень сходно (рис. 8.1), хотя при создании башни инженер не пользовался живыми моделями.

Легкая и хрупкая кость, способная выдержать большие нагрузки, стала предметом пристального изучения ученых и архитекторов. Всесторонне исследуя трубчатые кости позвоночных и скелетные образования беспозвоночных животных (моллюсков) как комплекс располо-

женных в пространстве опорных элементов, известный математик и конструктор Ле-Реколе установил, что прочность этих биологических конструкций обусловлена соответствующим расположением в них обрамленных отверстий, соединяемых различным образом. На основе изучения структуры костей и других природных моделей в архитектуре родился принцип дырчатых конструкций, положивший начало разработке новых пространственных систем. Так, французские инженеры использовали этот принцип при строительстве моста, придав ему форму скелета морской звезды.

Для творчества архитекторов природа предоставляет немало образцов подобных конструкций, например скелеты некоторых глубоководных губок и особенно радиолярий — микроскопических организмов, относящихся к типу простейших. Скелеты радиолярий поражают богатством и разнообразием форм и расположением опорных элементов. При удивительной экономии материала они обладают высокой устойчивостью, выдерживая давление воды на больших глубинах. Это яркий пример достижения максимальной прочности при минимальной затрате материала (рис 8.2, А).

Ле-Реколе, исследовав строение некоторых радиолярий, разработал ряд конструкций универсальных ячеек, которые могут быть использованы в создании различных сооружений — от перекрытий залов до мостов и плотин. Возможно, в будущем они найдут применение и в оборудовании, предназначенном для полетов в космос, поскольку в подобных условиях требуется принимать во внимание не только прочность конструкции, но и количество материала, необходимого для его изготовления.



Рис. 8.1.

Продольный разрез кости грифа. Внутренние распорки расположены почти так же, как перекладины в металлической ферме моста

Дырчатые конструкции — не единственная возможность построения объектов. В природе встречаются разнообразные формы скелетных элементов — окружности и овалы, ромбы и кубы, треугольники, квадраты и многоугольники. Комбинируя их, природа создала бесконечное множество сложных красивых, легких, прочных и экономичных конструкций. Части живых организмов нередко построены из элементов сходной формы. Таковы лепестки цветков, чешуи семян злаков, чешуя рыб, панцирь броненосцев и т. д. Повторяемость однотипных структурных элементов в природе — закономерное явление. Естественный отбор сохраняет структуры, наиболее совершенные в функциональном отношении и наиболее экономные по затрате материала. В этом отношении хорошим примером служит фигура, составленная из плотно сомкнутых правильных шестиугольников или шестигранников. Она очень часто встречается в природе: панцири черепах, чешуя змей, проводящие сосуды растений содержат в своей структуре шестиугольники. Однако среди этих природных шестигранных конструкций наиболее замечательное творение — пчелиные соты. Это самая экономная и самая емкая форма, единственным элементом которой является шестигранная призма.

Принцип строения живых конструкций из унифицированных элементов используется строителями при возведении секционных домов из однотипных элементов. Конструкция пчелиных сот легла в основу изготовления «сотовых панелей» для строительства жилых домов (см. рис. 8.2, Б). Шестигранная призма — основной элемент «сотовых» элементов под Новосибирском и в Целинограде. Успешно используют принцип пчелиных построек и гидростроители при наведении плотин и создании других гидротехнических сооружений.

Это всего лишь небольшой ряд примеров того, как человек применяет в строительстве биологические модели. Но

Рис. 8.2. *Приспособления у животных и примеры использования их в технике:*

А — дырчатая ажурная конструкция,

Б — ячеистая конструкция,

В — ориентация: перелеты птиц и насекомых,

Г — электрические рыбы: ориентация в воде



животные обладают и многими другими свойствами, которые используются или могут быть использованы человеком.

Основоположник современной аэродинамики Н. Е. Жуковский тщательно изучил механизм полета птиц и условия, позволяющие им свободно парить в воздухе. На основании исследования полета птиц появилась авиация.

Еще более совершенным летательным аппаратом в живой природе обладают насекомые. По экономичности полета, относительной скорости и маневренности они не имеют себе равных ни в живой природе, ни тем более в современной авиационной технике. Бабочки адмиралы или репейницы, совершая дальние полеты из Европы в Африку, находятся в воздухе в течение многих часов. Они преодолевают такие гигантские расстояния благодаря высокой экономичности работы своего организма. Бабочки расходуют «горючего» (жиры, углеводы и др.) гораздо меньше, чем птицы при дальних перелетах или современный самолет. Хотя скорость их полета, казалось бы, невелика по сравнению с современными авиалайнерами (самая большая у стрекозы-дозорщика достигает 144 км/ч), но если сравнивать, сколько раз укладывается длина тела летуна в полете за единицу времени, то окажется, что относительная скорость у насекомых намного больше. Несравнимо выше и маневренность полета насекомых. Так, некоторые виды мух могут подолгу зависать в воздухе, а затем быстро снижаться и мягко вертикально садиться даже на неровную площадку. Бабочки на лету останавливаются перед цветком, чтобы собрать нектар. Стрекозы, осы, пчелы и бабочки бражники могут передвигаться в воздухе не только вперед, но и назад, вправо, влево, вверх и вниз. Чтобы в полете не возникали вредные колебания, на концах крыльев у быстролетающих насекомых имеются хитиновые утолщения. Сейчас авиаконструкторы применяют подобные приспособления для крыльев самолетов, тем самым устраняя опасность вибрации машины.

Полет насекомых — процесс сложный и во многом еще не изученный. Однако идея создания летательного аппарата, в основе которого лежал бы принцип полета насекомых, ждет своего разрешения. Изучение способности насекомых к полету открывает перед человеком бесконечное разнообразие оригинальных решений в конструкции летательных ап-

паратов. Там, где удается раскрыть их секреты, конструкторы стремятся создать аналогичные системы. Так, например, была выявлена функция жужжальцев — недоразвитых задних крыльев в виде булавовидных придатков, имеющих у некоторых насекомых, например у мух. Во время полета жужжальца колеблются в определенной плоскости и служат животному органом, определяющим отклонение от горизонтального положения — положения равновесия. На принципе жужжальца был создан прибор гиротрон, применяемый в скоростных самолетах и ракетах для определения углового отклонения стабильности полета.

Долгое время оставалась загадочной способность летучих мышей летать в полной темноте и ловить насекомых, не задевая встречные предметы. Лишь в наше время было установлено, что летучие мыши могут издавать и воспринимать звуки с частотой выше 20 тыс. Гц, т. е. ультразвуки, недоступные слуху человека. Беспрерывно испуская в полете ультразвуковые сигналы и воспринимая их отражение от окружающих предметов, летучие мыши как бы ощупывают в темноте окружающее пространство. У некоторых видов летучих мышей ультразвук распространяется через рот, у других видов — через ноздри. «Приемником» отраженного звука служат уши, которые у некоторых видов, например ушанов, достигают значительных размеров. С помощью такого «ультразвукового видения» летучие мыши способны обнаружить в темноте натянутую проволоку диаметром всего лишь 0,05 мм, уловить эхо, которое в 2 тыс. раз слабее посылаемого сигнала, на фоне множества звуковых помех могут выделить тот звук, который им нужен.

Интересно, что некоторые ночные бабочки также чувствительны к ультразвуковым сигналам. Они воспринимают импульсы летучих мышей на гораздо большем расстоянии, чем сама мышь, т. е. несколько раньше, чем та может их обнаружить, и таким образом избегают опасности. Другие бабочки сами способны издавать ультразвуковые сигналы, которые отпугивают мышей, предупреждая их о несъедобности насекомого.

Изучение природных ультразвуковых локаторов только начинается. Моделирование локаторов по живым образцам открывает новые перспективы их использования в качестве

чувствительных элементов различных технических систем. По аналогии с принципом, лежащим в основе эхолокации у летучих мышей, конструируются модели приборов-локаторов для слепых и приборы для народного хозяйства. Ориентироваться в пространстве животные могут и не прибегая к эхолокаторным системам, тем более, что они высокоэффективны на небольшом расстоянии. Один из примеров ориентации на основе иных принципов — способность к навигации у перелетных птиц и некоторых водных животных.

С наступлением осени большая часть птиц покидает свои гнездовья и отправляется в далекое путешествие к местам зимовок (см. рис. 8.2, В), а весной снова возвращается «домой». Птицы летят группами и в одиночку, днем и ночью, в туман и сильный ветер, подчас покрывая огромные расстояния. Так, в далекую Африку улетают наши горихвостки, мухоловки-пеструшки, ласточки, журавли, аисты, утки. Замечательны своими дальними перелетами полярные крачки. В течение трех месяцев они достигают Антарктиды, пролетая только в один конец около 16 тыс. км.

Способность к навигации у птиц — врожденное чувство. Кукушонок, выросший в чужом гнезде, не летит в ту сторону, куда зовут его приемные родители, а следует традиционным кукушиным путем, хотя летит впервые. У некоторых птиц, например у аистов, молодняк улетает зимовать раньше взрослых. Врожденный «птичий компас» укажет молодому аисту правильный путь к незнакомой ему далекой Африке.

Не только птицы, но и рыбы, например лососи, совершают путешествие из океана в родные реки. Преодолевая течения и пороги, они плывут на нерест вверх по рекам, стремясь во что бы то ни стало попасть туда, где появились на свет.

Навигационные способности мигрирующих животных поражают своей точностью, однако устройство и принцип работы систем, обеспечивающих ориентацию, пока не разгаданы. Ученые предполагают, что птицы и другие животные днем ориентируются по Солнцу, а ночью — по звездам. Но поскольку Земля вращается вокруг своей оси и положение звезд и Солнца непрерывно меняется, для правильного определения направления полета необходимо знать время. Оказалось, что у птиц есть своеобразные биологические часы. Птицы хорошо чувствуют и магнитное поле Земли, си-

ловые линии которого, возможно, также служат ориентиром в полете.

Инженеры-бионики многих стран работают над выяснением механизмов ориентации животных, раскрытие которых даст возможность человеку создать принципиально новые навигационные приборы.

Не менее интересным и перспективным для использования оказалось проявление электрической активности в живой природе, обнаруженное в конце XVIII в. знаменитыми учеными Гальвани и Вольты у животных (лягушки). В дальнейшем оказалось, что электрическая активность — неотъемлемое свойство живой материи. Электричество генерируют нервные, мышечные и железистые клетки всех живых существ. Эта способность наиболее изучена у рыб. В настоящее время известно, что около 300 видов рыб способны создавать и использовать биоэлектрические поля. По силе и характеру разрядов такие рыбы делятся на сильноэлектрические и слабоэлектрические. К первым относятся южноамериканские электрические угри, африканские электрические сомы и морские электрические скаты. Эти рыбы генерируют очень сильные заряды: угри создают напряжение до 600 В, сомы — до 350 В. Напряжение тока у морских скатов невысоко, но сила тока их разрядов иногда достигает 60 А, что позволяет им парализовать даже крупную добычу.

Рыбы второго типа — обитатели мутных, илистых водоемов Африки — не испускают отдельных разрядов. Они посылают в воду почти непрерывные и ритмичные импульсы высокой частоты, создавая вокруг своего тела электрическое поле. Конфигурация этого поля, которую можно представить в виде магнитно-силовых линий, зависит от формы самой рыбы. Если в электрическое поле попадает объект, отличающийся по своей электропроводности от воды, конфигурация поля изменится. Рыбы воспринимают эти изменения с помощью электрических рецепторов, расположенных у большинства в области головы, и определяют местонахождение объекта (см. рис. 8.2, Г). Таким образом эти рыбы осуществляют электрическую локацию, позволяющую на расстоянии найти пищу, избежать встречи с врагами и столкновения с неодушевленными предметами в мутной воде, где всецело полагаться на зрение не приходится.

Приемы, с помощью которых электрические рыбы ловят добычу и защищаются от врагов, подсказывают человеку технические решения при разработке установок для промыслового электролова или отпугивания рыб от разводимых в водоемах моллюсков и растений. Исключительные перспективы открывает моделирование электрических систем локализации у рыб. В современной подводной локационной технике пока не существует систем поиска различных объектов в водной среде, которые работали бы по образцу электролокаторов рыб. Работа по созданию подобной аппаратуры ведется учеными многих стран.

На протяжении многих миллионов лет биологической эволюции на Западе в процессе естественного отбора возникало и вымирало огромное количество самых разнообразных видов живых организмов. Изучение существующих и вымерших в далекие геологические эпохи видов живых организмов показало, что и в древности существовали формы жизни, изучение организации которых может пригодиться для создания или усовершенствования некоторых машин и механизмов.

Перечислить все, чем занимается бионика, нелегко; трудно также охарактеризовать все живые объекты, принципы организации которых могут помочь человеку в решении разнообразных научно-технических задач. Однако проблемы, так или иначе связанные с бионикой, можно разделить на три группы. К первой относятся те, для решения которых достаточно имеющихся знаний биологии. Ко второй группе относятся вопросы, решение которых нужно искать, изучая живую природу и совершенствуя биологические знания. Наконец, есть вопросы, и, быть может, самые увлекательные, которые природа пока еще таит в себе.

Задачи бионики решаются сегодня силами ученых многих специальностей: физиков, химиков, математиков, кибернетиков, инженеров различных специальностей.

Summary



The most successful adaptations of living organisms to the environment are often applied by a Man in construction of various mechanisms, buildings, etc. New

branch of science and technology, called bionics, and aimed to apply biological knowledge for the development of our economy, has appeared in our century. Range of problems, studied by this branch of science is rather large and is growing wider.

Опорные точки



1. С древнейших времен человечество стремилось воплотить особенности организации живых организмов в произведения своего труда.
2. В настоящее время все больше достижений биологических дисциплин находит применение в технике.

Вопросы для повторения и задания



1. Какие особенности строения и приспособления животных и растений используются человеком в строительстве, промышленности и т. д.?
2. Какое значение имеет изучение биологии для научно-технического прогресса?

Используя словарный запас рубрик «Терминология» и «Summary», переведите на английский язык пункты «Опорных точек».

Терминология



Каждому термину, указанному в левой колонке, подберите соответствующее ему определение, приведенное в правой колонке на русском и английском языках.

Select the correct definition for every term in the left column from English and Russian variants listed in the right column.

1. Бионика
Bionics

А. Отдел биофизики, исследующий механические свойства живых тканей, органов и организмов в целом.
A branch of biophysics, studying mechanical properties of tissues, organs and organisms on the whole.

2. Эхолокация
Echolocation

Б. Способность ряда водных организмов генерировать и воспринимать электрические поля.
An ability of some aquatic organisms to generate and perceive electric fields.

3. Способность к навигации
Ability to navigate

В. Способ ориентации в пространстве некоторых животных, основанный на анализе отраженных звуковых волн.
A type of spatial orientation in some animals, based on the analysis of reflected sound waves.

4. Электрическая активность
Electric activity

Г. Свойство некоторых животных ориентироваться при помощи Солнца, звезд и магнитно-силовых линий Земли.
An ability of some animals to orientate by means of the Sun, stars, magnetic fields of the Earth, etc.

5. Биомеханика
Biomechanics

Д. Раздел биологии, изучающий структуру и жизнедеятельность организмов с целью использования выявленных закономерностей в решении инженерных задач и для построения технических систем, сходных по характеристикам с живыми организмами.
Branch of biology, studying structure and vital activities of organisms to apply this knowledge in engineering, constructing of buildings, mechanisms and devices similar in characteristics to living organisms.

Вопросы для обсуждения



Как можно использовать в строительстве принципы организации растительных организмов?

Приведите примеры эколокации и электролокации у живых организмов

Обзор изученного материала главы 8

Основные положения

В своей практической деятельности человек использует в качестве моделей для конструирования сооружений и механизмов наиболее удачные приспособления живых организмов к среде их обитания.

На основе изучения структуры костей и других природных моделей в архитектуре родился принцип дырчатых конструкций, положивший начало разработке новых методов в строительстве.

Естественный отбор сохраняет структуры, наиболее совершенные в функциональном отношении и наиболее экономные по затрате материала.

Среди природных шестигранных конструкций наиболее замечательное творение — пчелиные соты. Это самая экономная и самая емкая форма, единственным элементом которой является шестигранная призма.

Основоположник современной аэродинамики Н. Е. Жуковский тщательно изучил механизм полета птиц и условия, позволяющие им свободно парить в воздухе. На основании исследования полета птиц появилась авиация.

Полет насекомых — процесс сложный и во многом еще не изученный. Однако идея создания летательного аппарата, в основе которого лежал бы принцип полета насекомых, ждет своего разрешения.

С помощью «ультразвукового» видения летучие мыши способны обнаружить в темноте натянутую проволоку диаметром всего лишь 0,05 мм, уловить эхо, которое в 2 тыс. раз слабее посылаемого сигнала, на фоне множества звуковых помех могут выделить тот звук, который им нужен.

Навигационные способности мигрирующих животных поражают своей точностью, однако устройство и принцип работы систем, обеспечивающих ориентацию, пока не разгаданы.

Приемы, с помощью которых электрические рыбы ловят добычу и защищаются от врагов, подсказывают человеку технические решения при разработке установок для промыслового электролова или отпугивания рыб от разводимых в водоемах моллюсков и растений.

Проблемные области

Какие решения проблемы передвижения в живой природе может использовать человек для создания транспортных средств?

С какой целью проводят исследования электрической активности тканей растений и животных?

Прикладные аспекты

Как можно использовать в строительстве сооружений на приусадебном участке принципы структурной организации растений?

Какие особенности организации водных животных лежат в основе конструирования судов?

Задания

Разыщите в специальной литературе по бионике примеры использования структурно-функциональной организации животных различных систематических групп (червей, членистоногих, моллюсков, иглокожих и хордовых) и растений в разных областях производственной деятельности человека.

Заключение

Вы закончили изучение учебника общей биологии. Перелистайте эту книгу еще раз. Очень широк круг вопросов, с которыми надо было познакомиться в процессе учебы. Это не случайно: сложность и многообразие жизни, развивавшейся и усложнявшейся миллиарды лет, столь велики, что одни ее явления мы только начинаем понимать, а другие еще ждут изучения. Очевидно, что в этой небольшой книге могли быть только затронуты, приоткрыты важные вопросы организации живых систем, их функционирование и развитие.

Возникновение жизни и функционирование живых организмов обусловлены естественными законами. Познавание этих законов позволяет не только составить научную картину мира, но и использовать их для практических целей. Раскрытие молекулярных основ наследственности сделало возможным возникновение генетической инженерии, на основе изучения взаимоотношений между организмами созданы биологические методы борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур, многие приспособления живых организмов послужили моделями для конструирования эффективных искусственных сооружений и механизмов. В то же время незнание или игнорирование законов биологии приводит к тяжелым последствиям как для природы, так и для человека. Настало время, когда от поведения каждого из нас — и на работе, и в часы отдыха — зависит сохранность окружающего нас мира. Хорошо отрегулировать двигатель автомобиля, предотвратить сброс ядовитых отходов в реку, предусмотреть в проекте гидроэлектростанции обводные каналы для рыбы (и построить их!), удержаться от желания собрать букетик полевых цветов — все это позволит сохранить окружающую среду — среду нашей жизни — для будущих поколений.

Исключительная способность живой природы к восстановлению создала иллюзию ее неуязвимости к разрушительным действиям человека, безграничности ее ресурсов. Мы доказали, что это не так. Вся хозяйственная деятельность человека сейчас должна строиться с учетом принципов организации биосферы. Если убежденность в этом возникнет при чтении настоящей книги, ее задача будет выполнена.

Основные вехи в развитии биологии

384—322 гг. до н. э. Даты жизни Аристотеля, который высказал идею о лестнице существ и высказал много других естественнонаучных положений. Аристотель предполагал, что возможно возникновение живого из неживой природы под действием некоей силы творения — энтелехии (в пер. с греч. — «действие»).

1609 г. Изготовлен первый микроскоп (Г. Галилей).

1628 г. Открыто кровообращение (В. Гарвей).

1651 г. Сформулировано положение «Все живое из яйца» (В. Гарвей).

1661 г. Открыты капилляры (М. Мальпиги).

1665 г. Обнаружена клеточная структура пробковой ткани (Р. Гук).

1668 г. Экспериментально доказано развитие личинок мух из отложенных яиц (Ф. Реди).

1674 г. Открыты бактерии и простейшие (А. Левенгук).

1676 г. Описаны пластиды и хроматофоры (А. Левенгук).

1677 г. Впервые увиден сперматозоид человека (А. Левенгук).

1688 г. Введено понятие о виде как о систематической единице (Д. Рей).

1735 г. Разработаны принципы систематики и бинарная номенклатура (К. Линней).

1778 г. Открыто выделение кислорода растениями (Дж. Пристли).

1779 г. Показана связь между светом и зеленой окраской растений (Я. Ингенхауз).

1809 г. Сформулирована первая теория эволюции органической природы (Ж. Б. Ламарк).

1814 г. Установлена способность экстрактов ячменя превращать крахмал в сахар с помощью ферментов (Г. Кирхгоф).

1828 г. Сформулирован закон зародышевого сходства (К. М. Бэр).

1831 г. Открыто клеточное ядро (Р. Броун).

1839 г. Сформулирована клеточная теория (Т. Шванн, М. Шлейден).

1853 г. Описано проникновение сперматозоида в яйцеклетку (Ф. Кебер).

1858 г. Сформулировано положение: «Каждая клетка из клетки» (Р. Вирхов).

1859 г. Опубликована книга Ч. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствующих пород в борьбе за жизнь». Создана эволюционная теория.

1862 г. Опровергнута теория самопроизвольного зарождения (Л. Пастер).

1864 г. Сформулирован биогенетический закон (Э. Геккель, Ф. Мюллер).

1865 г. Опубликованы законы наследственности (Г. Мендель).

1868 г. Открыты нуклеиновые кислоты (Ф. Мишер).

1870—1880 гг. Описаны механизмы нервной регуляции пищеварения (И. П. Павлов).

1871 г. Установлено, что белки состоят из аминокислот (Н. Н. Любавин).

1874 г. Открыт митоз у растительных клеток (И. Д. Чистяков).

1875 г. Доказано, что процессы окисления происходят в тканях, а не в крови (Э. Пфлюгер).

1878 г. Открыто митотическое деление животных клеток (В. Флеминг, П. И. Перемежко).

1880 г. Открыты витамины (Н. И. Лунин).

1880-е гг. Выявлено, что все живые клетки построены из веществ, в состав которых входят аминокислоты, азотистые основания и стеринны (К. Коссель).

1882 г. Открыт возбудитель туберкулеза; выявлен в тканях организма (Р. Кох).

1883 г. Сформулирована биологическая (фагоцитарная) теория иммунитета (И. И. Мечников).

1890—1891 гг. Продемонстрирована возможность создания у человека и животных пассивного иммунитета путем введения готовых антител; применение этого метода в лечении дифтерии (Э. А. фон Беринг).

1890 г. Доказана клеточная структура нервной системы, которая до этого считалась синцитием (С. Рамон-и-Кахаль).

1890 г. Открыт витамин B_1 как средство против болезни бери-бери (полиневрита) (Х. Эйкман).

1892 г. Открыты вирусы (Д. И. Ивановский).

1895 г. Обнаружена в крови система комплемента (лат. «дополнение»); создан метод определения антигенов (Ж. Борде).

1898 г. Впервые описан мейоз (В. И. Беляев).

1898 г. Открыто двойное оплодотворение у цветковых растений (С. Г. Навашин).

1899 г. Открыты бактериофаги (Н. Ф. Гамалея).

1900 г. Вторично открыты законы наследования признаков (К. Корренс, Э. Чермак, Г. де Фриз).

1900—1901 гг. Сформулировано представление об условно-рефлекторной деятельности (И. П. Павлов).

1901 г. Описаны группы крови (система АВ0), что сделало переливание крови практически выполнимым (К. Ландштайнер).

1903 г. Установлена роль зеленых растений в космическом круговороте энергии и веществ (К. А. Тимирязев).

1906 г. Открыт витамин А; описано его влияние на рост и развитие организма (Ф. Хопкинс).

1910 г. Сформулирована теория филэмбриогенеза — макроэволюции (А. Н. Северцов).

1914 г. Сформулирована хромосомная теория наследственности (Т. Морган).

1920-е гг. Открыт витамин С; уточнено, как происходит процесс биологического окисления (А. фон Сьент-Дьерди).

1920 г. Сформулирован закон гомологических рядов в наследственной изменчивости (Н. И. Вавилов).

1921 г. Доказан факт химической передачи в синапсах нервной системы (О. Леви).

1922 г. Открыто влияние одной части зародыша на другую и выяснена роль этого явления в детерминации частей развивающегося зародыша (Г. Шпеман).

1923 г. Охарактеризован фотосинтез как окислительно-восстановительная реакция (Т. Тунберг).

1924 г. Опубликована естественнонаучная теория происхождения жизни на Земле (А. И. Опарин).

1926 г. Основана наука генетика популяций, ставшая основой синтетической теории эволюции — синтеза генетики и классического дарвинизма (С. С. Четвериков).

- 1926 г. Опубликовано труд В. И. Вернадского «Биосфера».
- 1926 г. Обнаружено мутагенное действие рентгеновских лучей (Х. Меллер).
- 1929 г. Выделен природный пенициллин (А. Флеминг).
- 1931 г. Сконструирован электронный микроскоп (Э. Руска, М. Кнолль).
- 1933 г. Доказано линейное расположение генов в хромосомах (Т. Морган).
- 1937 г. Описан цикл трикарбоновых кислот — важнейшая часть процесса тканевого дыхания (Х. Кребс).
- 1940-е гг. Открыт механизм цветовосприятия (Р. Гранит).
- 1940 г. Получен химически чистый антибиотик пенициллин (Г. Флори, Э. Чейн).
- 1940 г. Разработана теория биогеоценозов (В. Н. Сукачев).
- 1943 г. Доказано существование спонтанных мутаций (С. Лурия, М. Дельбрюк).
- 1943 г. Обнаружен витамин К, препятствующий разрушению сосудов (Х. Дам).
- 1944 г. Доказана генетическая роль ДНК (О. Эвери, С. Маклеод, М. Маккарти).
- 1945 г. Открыта эндоплазматическая сеть (К. Портер).
- 1945 г. Доказана иммунологическая природа отторжения при трансплантации (пересадке) тканей и органов (П. Медавар).
- Середина 1940-х гг. Описаны с помощью электронной микроскопии структура эндоплазматического ретикулума (А. Клод), рибосомы и комплекс Гольджи (Д. Палладе), митохондрий и лизосом (К. Де Дюв).
- 1946 г. Открыта система рекомбинаций у бактерий (Д. Ледерберг, Э. Татум).
- 1948 г. Обосновано единство принципов управления в кибернетических системах и живых организмах (Н. Винер).
- 1948 г. Детально описаны функции промежуточного мозга (В. Гесс).
- 1940—1950-е гг. Обнаружены гены, определяющие возможность пересадки тканей от одного животного к другому (Д. Снелл); открыта аналогичная система генов у человека — главный комплекс гистосовместимости (Ж. Доссе).

1950-е гг. Доказано, что часть структурных элементов хромосомы способна перемещаться по самой хромосоме и к другой хромосоме — регуляция экспрессии генов (Б. Мак-Клинтон).

1950-е гг. Установлена роль фосфорилирования белков как связующего звена между вторичными посредниками и конкретными биохимическими реакциями (Э. Фишер, Э. Кребс).

1950—1970-е гг. Открыта новая группа биологически активных веществ — простагландинов; изучено их влияние на процессы жизнедеятельности организмов (У. фон Эйлер, М. Гольдблатт, С. Бергстрем, Б. Самуэльсон, Д. Вейн).

1953 г. Сформулированы представления и создана модель структуры ДНК (Д. Уотсон, Ф. Крик).

1957 г. Открытие механизмов биологического синтеза ДНК и РНК вне живого организма — *in vitro* (С. Очоа, А. Корнберг).

1960 г. Установлена возможность гибридизации соматических клеток (Г. Барский).

1960-е гг. Описаны различия между функциями правого и левого полушарий головного мозга (Р. Сперри).

1961 г. Определены тип и общая природа генетического кода (Ф. Крик, Л. Барнет, С. Бреннер, Р. Уотс-Тобин).

1961 г. Начато клонирование животных (Дж. Гердон).

1962 г. Сформулированы представления о регуляции активности генов специальными генами—операторами (Ф. Жакоб, Ж. Моно).

1965—1966 гг. Расшифрован триплетный генетический код в молекулах ДНК и РНК (М. Ниренберг, Х. Корана), раскрыта структура транспортной РНК (Р. Холли).

1969 г. Раскрыт механизм репродукции вирусов (А. Херши).

1970 г. Осуществлен химический синтез гена (Х. Корана).

1970 г. Открыта обратная транскрипция (Х. Темин, Д. Балтимор).

Начало 1970—х гг. В клеточной мембране обнаружены G-белки, действующие как передатчики сигналов от рецептора к системе вторичных посредников (М. Родбелл, А. Джилмен).

1970-е гг. Обнаружены гены, регулирующие переход от одного периода клеточного деления к следующему (Л. Хартвелл).

1973 г. Опубликованы результаты новых экспериментов по молекулярному клонированию (С. Коэн, А. Чанг).

1973 г. Присуждение Нобелевской премии за создание этологии — науки о поведении животных; работы проводились в 1-й половине XX века (К. фон Фриш, К. Лоренц, Н. Тинберген).

1974 г. Установлена связь между данными генетического анализа и развитием органов у *C.elegans* — нематоды (С. Бреннер).

1975 — 1980 гг. В белковой молекуле обнаружен особый участок — транспортный код, который направляет синтезируемый белок к определенной части клетки и способствует проникновению его сквозь мембраны (Г. Блобел).

1976 г. Доказано, что апоптоз является частью нормального процесса дифференцировки клеток; выявление мутаций одного из генов, регулирующих апоптоз (Д. Салстон).

1977 г. Установлено, что ген присутствует в ДНК и РНК, как правило, в виде отдельных сегментов — экзонов (дополнительная возможность рекомбинации генов) (Р. Робертс, Ф. Шарп).

1978 г. Обнаружено пространственно-временное соответствие между расположением генов в хромосоме и областями тела, развитие которых они направляют (Э. Льюис).

1980 г. Выявлены гены, имеющие в ходе раннего эмбрионального развития ключевое значение для закладки схемы тела и формирования его сегментов (К. Нюсслайн-Фольхард, Э. Вейсхаус).

1982 г. Показана возможность изменения фенотипа млекопитающих с помощью рекомбинантных молекул ДНК (Р. Полмитер, Р. Бринстер).

1985 г. Открыты прионы — клеточные белки, обычно безвредные, но иногда способные изменять свою структуру и превращаться в возбудителей инфекционных заболеваний (С. Прузинер).

1986 г. Установлено, что окись азота — NO является передатчиком сигналов от одной клетки к другой — абсолютно новый принцип передачи сигналов в биологических системах (Р. Фурчготт, Л. Игнарро, Ф. Мюрад).

1986 г. Описаны ключевые гены, регулирующие апоптоз у *C.elegans* (нематоды) и у человека (Р. Хорвитц).

1990-е гг. Описаны синаптические механизмы памяти (Э. Кэндел).

Список дополнительной литературы

Биология / Под ред. акад. РАМН, проф. В. Н. Ярыгина. М.: Медицина, 2002.

Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология: принципы и применение. М.: Мир, 2002.

Голиченков В. А. Эмбриология. М.: Изд-во МГУ, 2004.

Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология. В 3 т. М.: Мир, 2004.

Жимулев И. Ф. Общая и молекулярная генетика. Новосибирск, 2002.

Козлова С. И. Наследственные синдромы и медико-генетическое консультирование. М.: Практика, 1996.

Мамонтов С. Г. Биология: пособие для поступающих в вузы. М.: Дрофа, 2004.

Мамонтов С. Г., Захаров В. Б. Общая биология. 5-е изд. М.: Высшая школа, 2004.

Мамонтов С. Г., Захаров В. Б., Козлова Т. А. Основы биологии. М.: Академия, 2005.

Медников Б. М. Биология: формы и уровни жизни. М.: Просвещение, 1994.

Чайковский Ю. В. Эволюция. М.: Центр системных исследований, 2003.

Ченцов Ю. С. Введение в клеточную биологию. 4-е изд. М.: Академкнига, 2004.

Щелкунов С. Н. Генетическая инженерия. Новосибирск, 2004.

Яблоков А. В., Юсуфов А. Г. Эволюционное учение. М.: Высшая школа, 2004.

Оглавление

Предисловие	5
Раздел I. Учение об эволюции органического мира ...	7
Глава 1. Закономерности развития живой природы.	
Эволюционное учение	8
1.1. История представлений о развитии жизни на Земле	9
1.1.1. Античные и средневековые представления о сущности и развитии жизни	9
1.1.2. Система органической природы К. Линнея	11
1.1.3. Развитие эволюционных идей.	
Эволюционная теория Ж.-Б. Ламарка	13
1.2. Предпосылки возникновения теории Ч. Дарвина ..	20
1.2.1. Естественнаучные предпосылки теории Ч. Дарвина	21
1.2.2. Экспедиционный материал Ч. Дарвина	22
1.3. Эволюционная теория Ч. Дарвина	25
1.3.1. Учение Ч. Дарвина об искусственном отборе	25
1.3.2. Учение Ч. Дарвина о естественном отборе	32
1.4. Современные представления о механизмах и закономерностях эволюции. Микроэволюция	40
1.4.1. Вид. Критерии и структура	40
1.4.2. Эволюционная роль мутаций	43
1.4.3. Генетическая стабильность популяций ...	45
1.4.4. Генетические процессы в популяциях	46
1.4.5. Формы естественного отбора	50
1.4.6. Приспособленность организмов к условиям внешней среды как результат действия естественного отбора	56
1.4.7. Видообразование как результат микроэволюции	70
Глава 2. Макроэволюция. Биологические последствия приобретения приспособлений	78
2.1. Пути достижения биологического прогресса (главные направления прогрессивной эволюции)	80

2.1.1. Арогенез	80
2.1.2. Аллогенез	81
2.1.3. Катагенез	84
2.2. Основные закономерности биологической эволюции	86
2.2.1. Закономерности эволюционного процесса ..	87
2.2.2. Правила эволюции	92
Глава 3. Развитие жизни на Земле	98
3.1. Развитие жизни в архейской эре	106
3.2. Развитие жизни в протерозойской и палеозойской эрах	108
3.3. Развитие жизни в мезозойской эре	114
3.4. Развитие жизни в кайнозойской эре	120
Глава 4. Происхождение человека	129
4.1. Положение человека в системе животного мира	130
4.2. Эволюция приматов	132
4.3. Стадии эволюции человека	135
4.4. Современный этап эволюции человека	138
Раздел II. Взаимоотношения организма и среды	149
Глава 5. Биосфера, ее структура и функции	150
5.1. Структура биосферы	151
5.1.1. Косное вещество биосферы	151
5.1.2. Живые организмы (живое вещество)	152
5.2. Круговорот веществ в природе	155
Глава 6. Жизнь в сообществах. Основы экологии	164
6.1. История формирования сообществ живых организмов	165
6.2. Биогеография. Основные биомы суши	168
6.2.1. Неарктическая область	169
6.2.2. Палеарктическая область	171
6.2.3. Восточная область	172
6.2.4. Неотропическая область	173
6.2.5. Эфиопская область	174
6.2.6. Австралийская область	175
6.3. Взаимоотношения организма и среды	180
6.3.1. Естественные сообщества живых организмов. Биогеоценозы	180

6.3.2. Абиотические факторы среды	183
6.3.3. Взаимодействие факторов среды. Ограничивающий фактор	193
6.3.4. Биотические факторы среды	199
6.3.5. Смена биоценозов	206
6.4. Взаимоотношения между организмами	210
6.4.1. Позитивные отношения — симбиоз	210
6.4.2. Антибиотические отношения	215
6.4.3. Нейтрализм	231
Глава 7. Биосфера и человек. Ноосфера	236
7.1. Воздействие человека на природу в процессе ста- новления общества	237
7.2. Природные ресурсы и их использование	239
7.2.1. Неисчерпаемые ресурсы	239
7.2.2. Исчерпаемые ресурсы	240
7.3. Последствия хозяйственной деятельности чело- века для окружающей среды	242
7.3.1. Загрязнение воздуха	243
7.3.2. Загрязнение пресных вод	244
7.3.3. Загрязнение Мирового океана	245
7.3.4. Антропогенные изменения почвы	245
7.3.5. Влияние человека на растительный и животный мир	247
7.3.6. Радиоактивное загрязнение биосферы	249
7.4. Охрана природы и перспективы рационального природопользования	251
Глава 8. Бионика	259
Заключение	273
Основные вехи в развитии биологии	274
Список дополнительной литературы	280

Учебное издание

**Захаров Владимир Борисович
Мамонтов Сергей Григорьевич
Сонин Николай Иванович
Захарова Екатерина Тимофеевна
БИОЛОГИЯ. ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ**

Профильный уровень

11 класс

Учебник

для общеобразовательных учреждений

Зав. редакцией *И. Б. Морзунова*
Редакторы *Т. П. Крюкова, Н. Ю. Спиридонова*
Перевод на английский язык *Е. А. Лебедева, Т. В. Савченко*
Оформление *И. Г. Сильникова*
Художественный редактор *М. Г. Мицкевич*
Макет *А. М. Драговой*
Иллюстрации *Б. А. Гомон, М. Н. Сергеева*
Технический редактор *В. Ф. Козлова*
Компьютерная верстка *Г. А. Михеева, Т. В. Рыбина*
Корректор *И. А. Никанорова*