

Р.А. ПЕТРОСОВА,
В.П. ГОЛОВ,
В.И. СИВОГЛАЗОВ,
Е.К. СТРАУД

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ
* ОБРАЗОВАНИЕ *

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ И ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

учебное пособие



ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Р. А. ПЕТРОСОВА, В. П. ГОЛОВ,
В. И. СИВОГЛАЗОВ, Е. К. СТРАУД

**ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ
И
ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ**

Учебное пособие

Для студентов средних
педагогических учебных заведений

*Рекомендовано
Министерством общего
и профессионального образования
Российской Федерации*

2-е издание, стереотипное

Москва

Academ A
1998

Федеральная целевая программа книгоиздания России

Издательская программа
«Учебники и учебные пособия
для педагогических училищ и колледжей»
Руководитель программы *З. А. Нефедова*

Авторы книги:

Р. А. Петросова (§ 39, 40 гл. VI, гл. VII, § 48, 55–63 гл. VIII, гл. IX),
В. П. Голов (гл. II–V, § 41, 42 гл. VI), *В. И. Сивоглазов* (§ 49–54 гл. VIII),
Е. К. Страуд (Введение, гл. I)

Рецензенты:

зам. директора Московского учебно-педагогического
комплекса № 10 *Л. Р. Петухова*;
кафедра физической географии и кафедры методики
преподавания географии Московского государственного
открытого педагогического университета

ПЗ1 **Естествознание и основы экологии: Учеб. пособие для
студ. сред. пед. учеб. заведений / Р. А. Петросова, В. П. Голов,
В. И. Сивоглазов, Е. К. Страуд. – 2-е изд., стереотип. –
М.: Издательский центр «Академия», 1998. – 288 с.
ISBN 5-7695-0283-5**

Пособие написано в соответствии с программой по естествознанию для педагогических училищ и факультетов начальных классов педагогических колледжей. В него включены основные сведения по таким разделам естественных наук, как астрономия, физическая география, биология. Особое внимание уделено основам экологии, выявлению закономерностей взаимоотношения организмов со средой обитания, вопросам охраны природы.

ББК 20.18я723

ISBN 5-7695-0283-5

© Петросова Р. А., Голов В. П.,
Сивоглазов В. И., Страуд Е. К., 1997
© Издательский центр «Академия», 1997

ВВЕДЕНИЕ

Наука представляет собой внутреннее единое целое. Ее разделение на отдельные области обусловлено не столько природой вещей, сколько ограниченностью способностей человеческого познания. В действительности существует непрерывная цепь от физики и химии через биологию и антропологию к социальным наукам, цепь, которая ни в одном месте не может быть разорвана, разве лишь по произволу.

М. Планк

На протяжении всей истории цивилизации человечество стремится познать окружающий мир и понять, какое место оно занимает во Вселенной. Многие идеи и мысли, которые впоследствии отразились в современных естественно-научных представлениях о природе, зародились в Древней Греции еще за несколько веков до нашей эры. Именно там началось бурное развитие *философии* как науки о природе, когда вместо простого созерцания явлений и их наивного толкования древнегреческие философы стали делать попытки научного объяснения причин наблюдаемых явлений природы.

В древности было естественным считать окружающий мир таким, каким его человек непосредственно воспринимал своими органами чувств. В частности, было очевидно, что Земля является неподвижной, плоской и находится в центре мира, а Солнце и все другие небесные светила движутся вокруг нее. Казалось, что все наблюдения древних людей подтверждали это. Более того, со временем сложилось представление, что вообще весь мир создан ради человека. Подобные представления получили название *антропоцентризм* (от греческого слова «антропос» — человек).

Однако, как известно, «неумолимые факты свергли его (человека) с того трона, который он строил себе в центре Вселенной. Отныне он должен смириться с положением жителя — пылинки среди миров...» Эти слова были сказаны в

начале XX века одним из выдающихся ученых астрофизиком Джеймсом Джинсом.

«Он остановил Солнце и сдвинул Землю» — так гласит надпись на пьедестале памятника Николаю Копернику. Этот памятник был открыт в Варшаве лишь в 1830 г., много лет спустя после смерти ученого, совершившего выдающийся научный подвиг еще в XVI веке. Действительно, учение Н. Коперника ознаменовало новый этап в развитии не только астрономии, но и всего естествознания. Оно совершило переворот в мировоззрении человечества. Для науки в целом и для естествознания в особенности важную роль сыграла идея Коперника о том, что за видимой картиной происходящих явлений, которая кажется нам истинной, надо искать и находить недоступную для непосредственного наблюдения сущность этих явлений.

Древняя вера в непосредственную видимость служила серьезным барьером на пути развития химии. Это проявилось, в частности, на примере понимания такого распространенного процесса, как горение. Долгое время оно считалось процессом распада тел. Лишь в конце XVIII века французский химик А. Л. Лавуазье, правильно обосновав эмпирическое открытие кислорода, показал, что горение — это не распад тел, а их соединение с кислородом. В результате была разработана кислородная теория целого ряда химических процессов — горения, окисления металлов и других элементов, а также процесса дыхания. Как и в случае с движением небесных тел, стало очевидно, что за внешней стороной (видимостью) химических процессов скрывается их сущность, недоступная нашему непосредственному восприятию.

Тем самым ломался привычный способ мышления людей, менялось восприятие ими объектов и явлений внешнего мира.

Наука представляет собой систему знаний, которая включает и методы познания мира, и способы, и стиль мышления, развивающиеся по мере развития самой науки и всей человеческой цивилизации,

Нередко можно услышать, что благодаря успешной работе ученых была раскрыта еще одна тайна природы. Разумеется, важнейшая задача любой науки — познать природу явлений и процессов, однако это вовсе не означает, что природа каким-то образом скрывает от нас свои тайны. Нетрудно убедиться, что никаких тайн у природы нет: она всегда перед нами во всем своем многообразии. Во все не природа и ее

мифические тайны, а ограниченность мышления самого человека, зачастую не способного преодолеть сложившиеся стереотипы и предрассудки, мешают познанию окружающего нас мира. Наука и формируемый в процессе ее развития научный способ мышления создают человеку возможность правильно «задавать» природе вопросы и находить на них ответы.

Научные теории помогают нам увидеть и понять характер связи между явлениями, которые порой кажутся совершенно разными и несвязанными друг с другом, предсказывать результаты опытов и экспериментов, прогнозировать последующие события. Наука старается проникнуть в суть происходящих событий, пытается их понять на основе аналогий между привычным миром повседневного опыта и необычным миром, который открывается перед человеком в процессе наблюдений и научных экспериментов.

Язык, который при этом используется, те слова, которые употребляются в научных рассуждениях, неизбежно оказываются сходными с привычными, повседневными. Однако слова эти в науке и в «обычной» жизни имеют порой разный смысл.

Одним из важнейших в любой науке о природе является понятие «закон». Это слово заимствовано из повседневной жизни, где оно понимается как свод правил, соблюдение которых в обществе признается обязательным, а несоблюдение влечет за собой то или иное наказание.

В науке закон — тоже своеобразный свод правил о характере протекания тех или иных явлений. Люди должны знать эти правила, чтобы понимать происходящие вокруг них явления. Наказанием за их незнание является непонимание этих явлений, ошибки в рассуждениях, которые становятся тормозом на пути развития мышления. Однако человек не может по своему желанию подчинить явление природы тому или иному закону, он может лишь понять закономерности протекания этого явления и выразить их в виде закона.

Обобщить все знания, которые к IV веку до н.э. были накоплены путем наблюдений и опыта, сумел выдающийся философ античного мира Аристотель (384—322 гг. до н.э.). Его деятельность охватывала все естественные науки — сведения о небе и Земле, о закономерностях движения тел, о животных и растениях и т. д. Но главной заслугой Аристотеля как ученого-энциклопедиста стало именно создание единой системы научных знаний, которой до его трудов еще не существовало. Авторитет Аристотеля в научном мире был столь

высок, что на протяжении почти двух тысячелетий его мнение по многим вопросам не подвергалось сомнению.

После расцвета античной культуры в Европе начался длительный период (более 1000 лет), в течение которого не было сделано ни одного существенного научного открытия. Поиски первоосновы окружающего мира и попытки понять его строение надолго прекратились.

Только в начале второго тысячелетия характер жизни в Европе, пережившей мрачную эпоху Средневековья, стал меняться. Развивались ремесла, торговля и мореплавание, появилась потребность в образованных людях. В различных городах Западной Европы стали основываться университеты. Первым из них стал университет в г. Болонье (1119 г.), в котором впоследствии довелось учиться Николаю Копернику, затем открылись университеты в Равенне (1130 г.), Париже (1200 г.), Кембридже (1209 г.), Оксфорде (1214 г.) и т. д.

Но это было только началом возрождения наук. «В 1500 г. Европа знала меньше, чем Архимед, который умер в 212 г. до н.э.», — так заметил позднее наш современник английский ученый Эдмунд Уайтекер. Примечательно, например, что в Париже в 1626 г. был принят указ, под страхом смертной казни запрещающий распространение учения об атомах.

Лишь начиная с эпохи Возрождения началось победное шествие атомистических представлений.

Вера в качественную тождественность макро- и микромира была характерной чертой научных представлений вплоть до начала XX века. Открытия в физике, которые ликвидировали перегородки между такими, казалось бы, различными понятиями, как вещество и свет, пространство и время, масса и энергия, разрушили эту веру.

Как и прежде, то, что в современных научных теориях кажется странным и непривычным с обыденной точки зрения, становится серьезным препятствием на пути их понимания. Однако вся история развития естественно-научных представлений говорит о том, что подобные барьеры преодолимы. Надеемся, что вам, как и человечеству в целом, удастся успешно преодолеть этот барьер.

I. ЗЕМЛЯ — ПЛАНЕТА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

§ 1. СТРОЕНИЕ И СОСТАВ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ. ДВЕ ГРУППЫ ПЛАНЕТ

Наша Земля входит в число 9 больших планет, обращающихся вокруг Солнца. Именно в Солнце сосредоточена основная часть вещества Солнечной системы. Масса Солнца в 750 раз превосходит массу всех планет и в 330 000 раз — массу Земли. Под действием силы его притяжения происходит движение планет и всех других тел Солнечной системы вокруг Солнца.

Не случайно обычно в качестве иллюстрации порядка расположения планет приводят не современную схему Солнечной системы, а лишь рисунок из книги Коперника «Об обращении небесных кругов». Дело в том, что расстояния между Солнцем и планетами во много раз превосходят их размеры, и нарисовать такую схему, на которой соблюдался бы единый масштаб для Солнца, планет и расстояний между ними, практически невозможно. Диаметр Солнца в 109 раз больше, чем Земли, а расстояние между ними примерно во столько же раз больше диаметра Солнца. К тому же расстояние от Солнца до последней планеты Солнечной системы (Плутона) в 40 раз больше, чем расстояние до Земли.

Если изобразить нашу планету в виде кружочка диаметром в 1 мм, то Солнце окажется на расстоянии около 11 м от Земли, а его диаметр будет примерно 11 см. Орбита Плутона будет показана окружностью диаметром 440 м.

По физическим характеристикам большие планеты разделяются на две группы. Одну из них — планеты земной группы — составляют Земля и сходные с ней Меркурий, Венера и Марс. Во вторую входят планеты-гиганты: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Самая далекая от Солнца планета Плутон явно не похожа на планеты-гиганты, однако

Расположение и физические характеристики больших планет

Планета	Среднее расстояние от солнца, а.е.	Звездный период обращения, годы	Синодический период обращения, сутки	Период вращения вокруг оси	Наклонение орбиты к орбите Земли	Радиус, в радиусах Земли	Масса, в массах Земли	Средняя плотность, кг/м ³	Сжатие	Число известных спутников
Меркурий	0,4	0,24	116	59 сут	7°	0,38	0,055	5400	0,0	0
Венера	0,7	0,62	584	243 сут	3°24'	0,95	0,816	5200	0,0	0
Земля	1,0	1,00	—	23 ч 56 мин	—	1,00	1,000	5500	0,0034	1
Марс	1,5	1,88	780	24 ч 37 мин	1°51'	0,53	0,107	3900	0,0052	2
Юпитер	5,2	11,86	399	9 ч 50 мин	1°18'	11,2	318	1300	0,062	15
Сатурн	9,5	29,46	378	10 ч 14 мин	2°29'	9,5	94,3	700	0,103	17
Уран	19,2	84,07	370	15 ч 36 мин	0°46'	3,9	14,6	1600	0,06	14
Нептун	30,1	164,82	367	18 ч 29 мин	1°46'	4,0	17,2	1700	0,02	2
Плутон	39,5	248,6	367	6,4 сут	17°08'	0,45	0,002	700 (?)	(?)	1

недостаток сведений о ней не позволяет с уверенностью считать ее планетой типа Земли (таб. 1).

Разделение планет на группы прослеживается по всем трем характеристикам, но наиболее четко — по плотности. Планеты, принадлежащие к одной и той же группе, по плотности различаются между собой незначительно, в то время как средняя плотность планет земной группы примерно в 5 раз больше средней плотности планет-гигантов.

Большая часть массы планет земной группы приходится на долю твердых веществ. Земля и другие планеты земной группы состоят из оксидов и других соединений тяжелых химических элементов: железа, магния, алюминия и других металлов, а также кремния и других неметаллов. На долю четырех наиболее обильных в твердой оболочке нашей планеты (литосфере) элементов — железа, кислорода, кремния и магния — приходится свыше 90 % ее массы.

Малая плотность планет-гигантов (у Сатурна она меньше плотности воды) объясняется тем, что они в основном состоят из газообразных и жидких веществ, преимущественно водорода и гелия. Этим они похожи на Солнце и многие другие звезды, водорода и гелия в массе которых примерно 98 %. Атмосфера планет-гигантов содержит различные соединения водорода, например метан и аммиак.

Из планет-гигантов лучше всего изучен Юпитер, на котором даже в небольшой школьный телескоп видны многочисленные темные и светлые полосы, тянущиеся параллельно экватору планеты. Так выглядят облачные образования в его атмосфере, температура которых всего -140°C , а давление примерно такое же, как у поверхности Земли. Красно-коричневый цвет полос объясняется, видимо, тем, что помимо кристалликов аммиака, составляющих основу облаков, в них содержатся различные аэрозольные примеси, в частности красный фосфор. На снимках, полученных космическими аппаратами, видны следы интенсивных и иногда устойчивых атмосферных процессов. Так, уже свыше 350 лет на Юпитере наблюдают атмосферный вихрь, получивший название Большое Красное Пятно. В земной атмосфере циклоны и антициклоны существуют в среднем около недели. Атмосферные течения и облака зафиксированы космическими аппаратами и на других планетах-гигантах, хотя развиты они в меньшей степени, чем на Юпитере.

Предполагают, что по мере приближения к центру планет-гигантов водород вследствие возрастания давления должен переходить из газообразного в газожидкое состояние,

при котором сосуществуют его газообразная и жидкая фазы. При приближении к центру планеты давление в миллионы раз превышает атмосферное давление, существующее на Земле, и водород приобретает свойства, характерные для металлов. В недрах Юпитера металлический водород вместе с силикатами и металлами образует ядро, которое по размерам примерно в 1,5 раза, а по массе в 10—15 раз превосходит Землю.

Любая из планет-гигантов превосходит по массе все планеты земной группы вместе взятые. Самая крупная планета Солнечной системы — Юпитер — больше самой крупной планеты земной группы — Земли — по диаметру в 11 раз и по массе в 300 с лишним раз.

Отличия между планетами двух групп проявляются и в том, что планеты-гиганты быстрее вращаются вокруг оси, и в числе спутников: на 4 планеты земной группы приходится всего 3 спутника, на 4 планеты-гиганта — 54. Все эти спутники состоят из тех же веществ, что и планеты земной группы, — силикатов, оксидов и сульфидов металлов и т. д., а также водяного (или водно-аммиачного) льда. Помимо многочисленных кратеров метеоритного происхождения на поверхности многих спутников обнаружены тектонические разломы и трещины их коры или ледяного покрова. Самым удивительным оказалось открытие на ближайшем к Юпитеру спутнике Ио около десятка действующих вулканов. Это первое достоверное наблюдение вулканической деятельности земного типа за пределами нашей планеты.

Кроме спутников планеты-гиганты имеют еще и кольца, которые представляют собой скопления небольших по размеру тел. Они так малы, что в отдельности невидны. Благодаря их обращению вокруг планеты кольца кажутся сплошными, хотя сквозь кольца Сатурна, например, просвечивает и поверхность планеты, и звезды. Кольца, вероятнее всего, состоят из вещества тех спутников, которые прежде были крупнее, а затем разрушились при столкновениях между собой.

§ 2. ПЛАНЕТЫ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ. СИСТЕМА ЗЕМЛЯ — ЛУНА

Благодаря наличию спутника, Луны, Землю нередко называют двойной планетой. Этим подчеркивается как общность их происхождения, так и редкостное соотношение масс планеты и ее спутника: Луна всего в 81 раз меньше Земли.

О природе Земли будут даны достаточно подробные сведения в последующих главах учебника. Поэтому здесь мы расскажем об остальных планетах земной группы, сравнивая их с нашей, и о Луне, которая хотя и является лишь спутником Земли, но по своей природе относится к телам планетного типа.

Несмотря на общность происхождения, природа Луны существенно отличается от земной, что определяется ее массой и размерами. Из-за того что сила тяжести на поверхности Луны в 6 раз меньше, чем на поверхности Земли, молекулам газа гораздо легче покинуть Луну. Поэтому наш естественный спутник лишен заметной атмосферы и гидросферы.

Отсутствие атмосферы и медленное вращение вокруг оси (сутки на Луне равны земному месяцу) приводят к тому, что в течение дня поверхность Луны нагревается до $+120^{\circ}\text{C}$, а ночью остывает до -170°C . Из-за отсутствия атмосферы лунная поверхность подвержена постоянной «бомбардировке» метеоритами и более мелкими микрометеоритами, которые падают на нее с космическими скоростями (десятки километров в секунду). В результате вся Луна покрыта слоем мелкораздробленного вещества — реголита. Как описывают американские астронавты, побывавшие на Луне, и как показывают снимки следов «Луноходов», по своим физико-механическим свойствам (размеры частиц, прочность и т. п.) реголит похож на мокрый песок.

При падении на поверхность Луны крупных тел образуются кратеры размером до 200 км в диаметре. Кратеры метрового и даже сантиметрового диаметра хорошо видны на панорамах лунной поверхности, полученных с космических аппаратов.

В лабораторных условиях детально исследованы образцы пород, доставленных нашими автоматическими станциями «Луна» и американскими астронавтами, побывавшими на Луне на космических кораблях «Аполлон». Анализ пород Марса и Венеры проводился непосредственно на поверхности этих планет и, естественно, не отличается такой же детальностью и полнотой. Набор минералов, имеющих в составе лунных пород, беднее, чем в земных, но богаче, чем в метеоритах. На Луне практически нет минералов, отличающихся от земных, но в то же время отсутствуют те из них, которые могут образовываться в водной среде и при наличии свободного кислорода. На нашем спутнике нет и не было ни гидросферы, ни атмосферы такого состава, как на Земле. Все типы лунных пород похожи на земные изверженные породы, но обеднены по сравнению с ними летучими элементами. Никаких призна-

ков жизни даже в виде микроорганизмов или органических соединений на Луне не обнаружено.

Светлые области Луны — «материки» и более темные — «моря» отличаются не только по внешнему виду, но также по рельефу, геологической истории и химическому составу покрывающего их вещества. На более молодой поверхности «морей», покрытой застывшей лавой, кратеров меньше, чем на более древней поверхности «материков». В различных частях Луны заметны такие формы рельефа, как трещины, по которым происходит смещение коры по вертикали и горизонтали. При этом образуются только горы сбросового типа, а складчатых гор, столь типичных для нашей планеты, на Луне нет.

Отсутствие на Луне процессов размывания и выветривания позволяет считать ее своеобразным геологическим заповедником, где на протяжении миллионов и миллиардов лет сохраняются все возникавшие за это время формы рельефа. Таким образом, изучение Луны дает возможность понять геологические процессы, происходившие на Земле в далеком прошлом, от которого на нашей планете не осталось никаких следов.

§ 3. НАШИ СОСЕДИ — МЕРКУРИЙ, ВЕНЕРА И МАРС

Оболочки Земли — атмосфера, гидросфера и литосфера — соответствуют трем агрегатным состояниям вещества — твердому, жидкому и газообразному. Наличие литосферы — отличительная черта всех планет земной группы. Сравнить литосферы по строению можно с помощью рисунка 1, а атмосферы — с помощью таблицы 2.

Таблица 2
Характеристики атмосфер планет земной группы
(у Меркурия атмосфера отсутствует)

Планета	Венера	Земля	Марс
Основные составляющие атмосферы(в %)	N ₂ 3—5 O ₂ 0,001 CO ₂ 95 H ₂ O 0,01—0,1 Ar 0,01	N ₂ 78 O ₂ 21 CO ₂ 0,03 H ₂ O 0,1—1 Ar 0,93	N ₂ 2—3 O ₂ 0,1—0,4 CO ₂ 95 H ₂ O 0,001—0,1 Ar 1—2
Давление у поверхности (по сравнению с земным)	90	1	0,006
Температура на поверхности (°С) в средних широтах	470	От +40 до -30	От 0 до -70

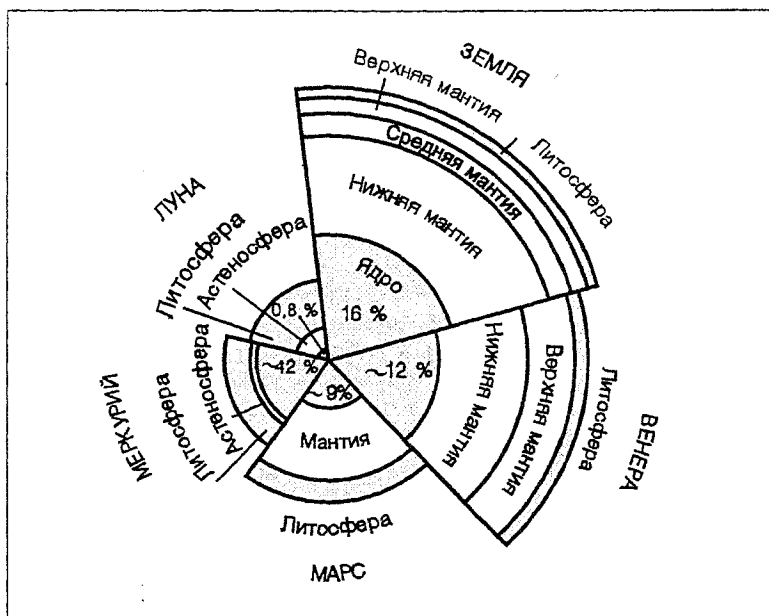


Рис. 1. Внутреннее строение планет земной группы

Для удобства запоминания можно считать, что плотность атмосферы у Венеры в 100 больше, а у Марса — в 100 раз меньше, чем у Земли.

Предполагают, что атмосферы Марса и Венеры в основном сохранили тот первичный химический состав, который когда-то имела и атмосфера Земли. За миллионы лет в земной атмосфере в значительной степени уменьшилось содержание углекислого газа и увеличилось — кислорода. Это объясняется растворением углекислого газа в земных водоемах, которые, видимо, никогда не замерзали, а также выделением кислорода появившейся на Земле растительностью. Ни на Венере, ни на Марсе такие процессы не происходили. Более того, современные исследования особенностей обмена углекислым газом между атмосферой и сушей (при участии гидросферы) способны объяснить, почему Венера лишилась своей воды, Марс замерз, а Земля осталась пригодной для развития жизни. Так что существование жизни на нашей планете объясняется, вероятно, не только ее расположением на благоприятном расстоянии от Солнца.

Наличие гидросферы — уникальная особенность нашей планеты, позволившая ей сформировать современный состав атмосферы и обеспечить условия для возникновения и развития жизни на Земле.

Меркурий. Эта самая маленькая и близкая к Солнцу планета во многом похожа на Луну, которую Меркурий лишь немного превосходит по размерам. Так же, как и на Луне, самыми многочисленными и характерными объектами являются кратеры метеоритного происхождения, на поверхности планеты есть достаточно ровные низменности — «моря» и неровные возвышенные «материки». Строение и свойства поверхностного слоя также сходны с лунным.

Вследствие отсутствия атмосферы перепады температуры на поверхности планеты в течение продолжительных «меркурианских» суток (176 земных суток) еще более значительны, чем на Луне, — от 450°C до -180°C .

Венера. Размеры и масса этой планеты близки земным, однако особенности их природы существенно отличаются. Изучение поверхности Венеры, скрытой от наблюдателя постоянным слоем облаков, стало возможно лишь в последние десятилетия благодаря радиолокации и ракетно-космической технике.

По концентрации частиц облачный слой Венеры, верхняя граница которого находится на высоте около 65 км, напоминает земной туман с видимостью в несколько километров. Облака, возможно, состоят из капелек концентрированной серной кислоты, ее кристалликов и частиц серы. Для солнечного излучения эти облака достаточно прозрачны, так что освещенность на поверхности Венеры примерно такая же, как на Земле в пасмурный день.

Над низменными областями поверхности Венеры, которые занимают большую часть ее площади, на несколько километров возвышаются обширные плоскогорья, по размерам примерно равные Тибету. Расположенные на них горные массивы имеют высоту 7—8 км, а самые высокие — до 12 км. В этих районах имеются следы тектонической и вулканической деятельности, наиболее крупный вулканический кратер имеет диаметр чуть меньше 100 км. На Венере обнаружено и немало метеоритных кратеров диаметром до 150 км.

Суточные колебания температуры на Венере практически отсутствуют, ее атмосфера хорошо сохраняет тепло даже в условиях продолжительных суток (один оборот вокруг оси планета совершает за 240 дней). Этому способствует парниковый эффект, атмосфера, несмотря на облачный слой, про-

пускает достаточное количество солнечных лучей, и поверхность планеты нагревается. Однако тепловое (инфракрасное) излучение нагретой поверхности в значительной степени поглощается содержащимся в атмосфере углекислым газом и облаками. Благодаря такому своеобразному тепловому режиму температура на поверхности Венеры выше, чем на Меркурии, который расположен ближе к Солнцу, и доходит до 470 °С. Проявления парникового эффекта, хотя и в меньшей степени, заметны и на Земле: в пасмурную погоду ночью почва и воздух охлаждаются не так интенсивно, как при ясном безоблачном небе, когда могут случиться ночные заморозки (рис. 2).

Марс. На поверхности этой планеты можно выделить крупные (более 2000 км в диаметре) впадины — «моря» и возвышенные области — «материки». На их поверхности наряду с многочисленными кратерами метеоритного происхождения обнаружены гигантские вулканические конусы высотой 15—20 км, диаметр основания которых достигает 500—600 км. Считается, что деятельность этих вулканов прекратилась лишь несколько сот миллионов лет тому назад. Из других форм

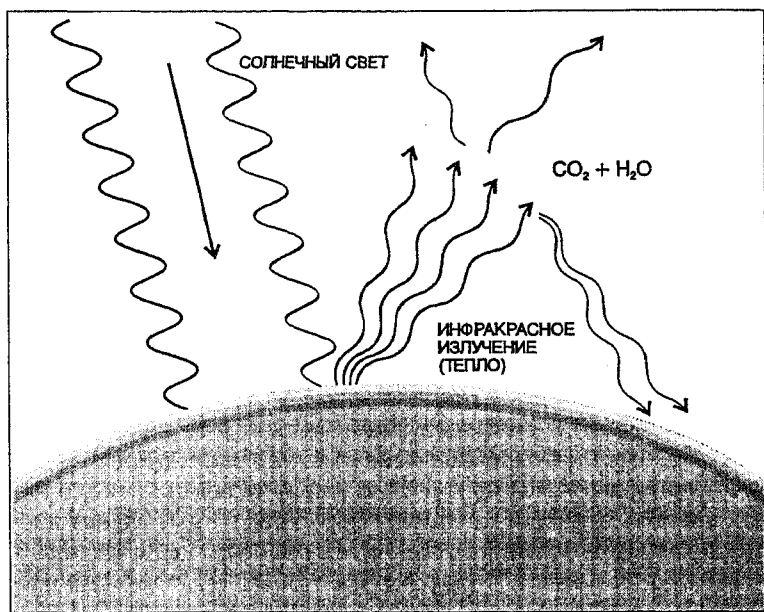


Рис. 2. Схема парникового эффекта

рельефа отмечены горные цепи, системы трещин коры, огромные каньоны и даже объекты, похожие на русла высохших рек. На склонах видны осыпи, встречаются участки, занятые дюнами. Все эти и другие следы атмосферной эрозии подтвердили предположения о пылевых бурях на Марсе.

Исследования химического состава марсианского грунта, которые проведены автоматическими станциями «Викинг», показали высокое содержание в этих породах кремния (до 20 %), железа (до 14 %). В частности, красноватая окраска поверхности Марса, как и предполагалось, объясняется присутствием оксидов железа в виде такого известного на Земле минерала, как лимонит.

Природные условия на Марсе весьма суровы: средняя температура на его поверхности всего -60°C и крайне редко бывает положительной. На полюсах Марса температура падает до -150°C , при которой не только замерзает вода, но даже углекислый газ превращается в сухой лед. Видимо, полярные шапки Марса состоят из смеси обычного и сухого льда. Вследствие смены времен года, каждое из которых примерно вдвое длиннее, чем на Земле, полярные шапки тают, углекислый газ выделяется в атмосферу и ее давление повышается. Перепад давления создает условия для сильных ветров, скорость которых может превышать 100 м/с, и возникновения пылевых бурь. Воды в атмосфере Марса мало, но вполне вероятно, что ее значительные запасы сосредоточены в слое вечной мерзлоты, аналогичном существующему в холодных районах земного шара.

§ 4. МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Помимо больших планет вокруг Солнца обращаются также *малые планеты*, самая крупная из которых — Церера — имеет диаметр около 1000 км. Всего в настоящее время известно более 6000 малых планет, которые называют еще *астероидами* (звездоподобными), поскольку из-за своих малых размеров они видны даже в телескоп как светящиеся точки, похожие на звезды (рис. 3). Считается, что общее число малых планет, размеры которых превышают 1 км, может достигать 1 млн. По массе астероиды невелики, даже их общая масса не превышает $1/1000$ массы Земли. Невозможно разграничить астероиды, которые мы видим в космическом пространстве с помощью телескопа, и *метеориты*, которые попадают в руки человека после того, как они попали из кос-

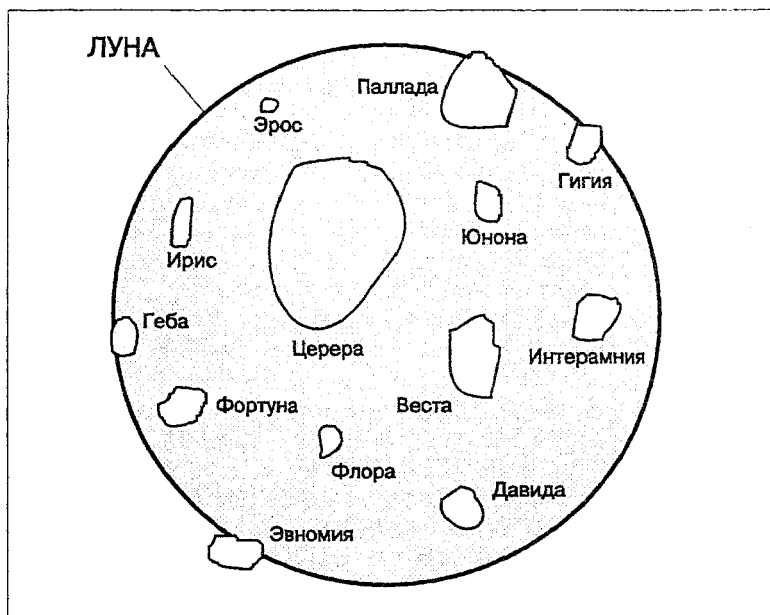


Рис. 3. Сравнительные размеры крупнейших астероидов

мического пространства на Землю. Метеориты не представляют собой какого-то особого класса космических тел, — это обломки астероидов. Они могут сотни миллионов лет двигаться по своим орбитам вокруг Солнца, как и остальные, более крупные тела Солнечной системы. Но если их орбиты пересекаются с орбитой Земли, они попадают на нашу планету как метеориты.

Развитие наблюдательных средств, в частности установка приборов на космических аппаратах, позволило установить, что в окрестностях Земли пролетает немало тел размером от 5 до 50 м (до 4 в месяц). К настоящему времени известно около 20 тел астероидного размера (от 50 м до 5 км), орбиты которых проходят недалеко от нашей планеты. Опасения по поводу возможного столкновения таких тел с Землей значительно усилились после падения на Юпитер кометы Шумейкеров—Леви 9 в июле 1995 г. Это заставило Конгресс США принять в адрес Национальной администрации по авионавтике и освоению космоса (NASA) следующую рекомендацию: «Поручается каталогизировать и отслеживать все кометы и астероиды, которые пересекают орбиту Земли».

особых оснований считать, что количество столкновений с Землей может сколько-нибудь заметно увеличиться (ведь «запасы» метеоритного вещества в межпланетном пространстве постепенно истощаются). Из числа столкновений, имевших катастрофические последствия, можно назвать лишь падение в 1908 г. Тунгусского метеорита — объекта, который по современным представлениям был ядром небольшой кометы.

С помощью космических аппаратов удалось получить изображения нескольких малых планет с расстояния в несколько десятков тысяч километров. Как и предполагалось, породы, составляющие их поверхность, оказались аналогичны тем, которые распространены на Земле и Луне, в частности обнаружены оливин и пироксен. Подтвердились представления о том, что небольшие астероиды имеют неправильную форму, а их поверхность испещрена кратерами. Так, размеры Гаспры $19 \times 12 \times 11$ км. У астероида Ида (размеры $56 \times 28 \times 28$ км) обнаружен на расстоянии около 100 км от его центра спутник размером около 1,5 км. В подобной «двойственности» заподозрено около 50 астероидов.

До недавнего времени считалось, что малые планеты движутся в основном между орбитами Марса и Юпитера, составляя так называемый *пояс астероидов*. Открытия, сделанные в последние годы, показали, что в Солнечной системе и между планетами-гигантами, и за пределами орбиты Нептуна находится несколько десятков тел размером 100—300 км. Первым из них еще в 1992 г. был обнаружен астероид, период обращения которого составляет 93 года (большая полуось орбиты около 20 а.е.), а затем еще более далекий диаметром около 200 км на расстоянии более 40 а.е. от Солнца. Эти и последующие за ними открытия подтвердили высказанное ранее предположение о том, что в Солнечной системе существует второй пояс астероидов.

Вероятно, астероиды этого пояса содержат значительное количество водяного льда и больше похожи на ядра комет, чем на «обычные» астероиды.

К числу малых тел Солнечной системы относятся также кометы. Из-за своего необычного вида (наличие хвоста) они с древних времен обращали на себя внимание всех людей, даже далеких от астрономии. Несмотря на внушительные размеры хвоста, который может превышать в длину 100 млн км, и головы, которая по диаметру может превосходить Солнце, кометы справедливо называют «видимое ничто». Вещества в комете очень немного, практически все оно сосредоточено в ядре, которое представляет собой небольшую (по космичес-

ким меркам) снежно-ледяную глыбу с вкраплением мелких твердых частиц различного химического состава. Так, ядро одной из самых знаменитых комет — кометы Галлея, изображение которого было в 1986 г. получено КА «Вега», имеет длину всего 14 км, а ширину и толщину вдвое меньше. В этом «грязном мартовском сугробе», как часто называют кометные ядра, содержится примерно столько замерзшей воды, сколько в снежном покрове, выпавшем за одну зиму на территорию Московской области.

Кометы отличает от других тел Солнечной системы прежде всего неожиданность их появления, о чем в свое время писал А. С. Пушкин: «Как незаконная комета в кругу расчисленных светил...»

В этом лишний раз убедили нас события последних лет, когда в 1996 и 1997 гг. появились две очень яркие, видимые даже невооруженным глазом кометы. По традиции они названы по фамилиям тех, кто их открыл, — японского любителя астрономии Хиякутаки и двух американцев — Хейла и Боппа. Столь яркие кометы обычно появляются раз в 10—15 лет (таких, которые видны только в телескоп, ежегодно наблюдают 15—20). Предполагается, что в Солнечной системе существует несколько десятков миллиардов комет и что Солнечная система окружена одним или даже несколькими облаками комет, которые движутся вокруг Солнца на расстояниях в тысячи и десятки тысяч раз больших, чем расстояние до самой дальней планеты Плутон. Там, в этом космическом сейфе-холодильнике миллиарды лет с момента образования Солнечной системы «хранятся» кометные ядра.

Когда ядро кометы приближается к Солнцу, оно разогревается, теряет газы и твердые частицы. Постепенно ядро распадается на все более и более мелкие фрагменты. Частицы, входившие в его состав, начинают обращаться вокруг Солнца по своим орбитам, близким к той, по которой двигалась комета, породившая этот *метеорный поток*. Когда частицы этого потока встречаются на пути нашей планеты, то, попадая в ее атмосферу с космической скоростью, они вспыхивают в виде *метеоров*. Оставшаяся после разрушения такой частицы пыль постепенно оседает на поверхность Земли.

Бывает, что кометы «погибают», столкнувшись с другими телами Солнечной системы. Не избежала этой участи и комета Галлея, которая, удаляясь от Солнца и находясь между орбитами Сатурна и Урана, неожиданно увеличила свою яркость в 300 раз, выбросила пылевое облако и раскололась на несколько частей.

Особенности физической природы тел Солнечной системы находят достаточно хорошее объяснение на основе современных космогонических представлений. Это дает основание считать Солнечную систему комплексом тел, имеющих общее происхождение.

§ 5. ПРОИСХОЖДЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Возраст наиболее древних пород, обнаруженных в образцах лунного грунта и метеоритах, составляет примерно 4,5 млрд лет. Расчеты возраста Солнца дали близкую величину — 5 млрд лет. Принято считать, что все тела, которые в настоящее время составляют Солнечную систему, образовались примерно 4,5 — 5 млрд лет тому назад.

Согласно наиболее разработанной гипотезе, все они сформировались в результате эволюции огромного холодного газопылевого облака. Эта гипотеза достаточно хорошо объясняет многие особенности строения Солнечной системы, в частности значительные различия двух групп планет.

В течение нескольких миллиардов лет само облако и входящее в его состав вещество значительно изменялись. Частицы, из которых состояло это облако, обращались вокруг Солнца по самым различным орбитам.

В результате одних столкновений частицы разрушались, а при других объединялись в более крупные. Возникали более крупные сгустки вещества — зародыши будущих планет и других тел.

Подтверждением этих представлений можно считать и метеоритную «бомбардировку» планет — по сути, она является продолжением того процесса, который в прошлом привел к их образованию. В настоящее время, когда в межпланетном пространстве метеоритного вещества остается все меньше и меньше, этот процесс идет значительно менее интенсивно, чем на начальных стадиях формирования планет.

Вместе с тем в облаке происходило перераспределение вещества, его дифференциация. Под влиянием сильного нагрева из окрестностей Солнца улетучивались газы (в основном это самые распространенные во Вселенной — водород и гелий) и оставались лишь твердые тугоплавкие частицы. Из этого вещества сформировались Земля, ее спутник — Луна, а также другие планеты земной группы.

В процессе формирования планет и позднее на протяжении миллиардов лет в их недрах и на поверхности происхо-

дили процессы плавления, кристаллизации, окисления и другие физико-химические процессы. Это привело к существенному изменению первоначального состава и строения вещества, из которого образованы все ныне существующие тела Солнечной системы.

Вдали от Солнца на периферии облака эти летучие вещества намерзали на пылевые частицы. Относительное содержание водорода и гелия оказалось повышенным. Из этого вещества сформировались планеты-гиганты, размеры и масса которых значительно превышают планеты земной группы. Ведь объем периферийных частей облака был больше, а стало быть, больше и масса вещества, из которого образовались далекие от Солнца планеты.

Данные о природе и химическом составе спутников планет-гигантов, полученные в последние годы с помощью космических аппаратов, стали еще одним подтверждением справедливости современных представлений о происхождении тел Солнечной системы. В условиях, когда водород и гелий, ушедшие на периферию протопланетного облака, вошли в состав планет-гигантов, их спутники оказались похожими на Луну и планеты земной группы.

Однако не все вещество протопланетного облака вошло в состав планет и их спутников. Многие сгустки его вещества остались как внутри планетной системы в виде астероидов и еще более мелких тел, так и за ее пределами в виде ядер комет.

§ 6. СОЛНЦЕ

Солнце — центральное тело Солнечной системы — является типичным представителем звезд, наиболее распространенных во Вселенной тел. Как и многие другие звезды, Солнце представляет собой огромный газовый шар, находящийся в равновесии в поле собственного тяготения.

С Земли мы видим Солнце как небольшой диск, угловой диаметр которого примерно $0,5^\circ$ (рис. 4). Его край достаточно четко определяет граница того слоя, от которого приходит свет. Этот слой Солнца называется *фотосферой* (в переводе с греческого — сфера света).

Солнце испускает в космическое пространство колоссальный по мощности поток излучения, который в значительной мере определяет условия на поверхности планет и в межпланетном пространстве. Полная мощность излучения

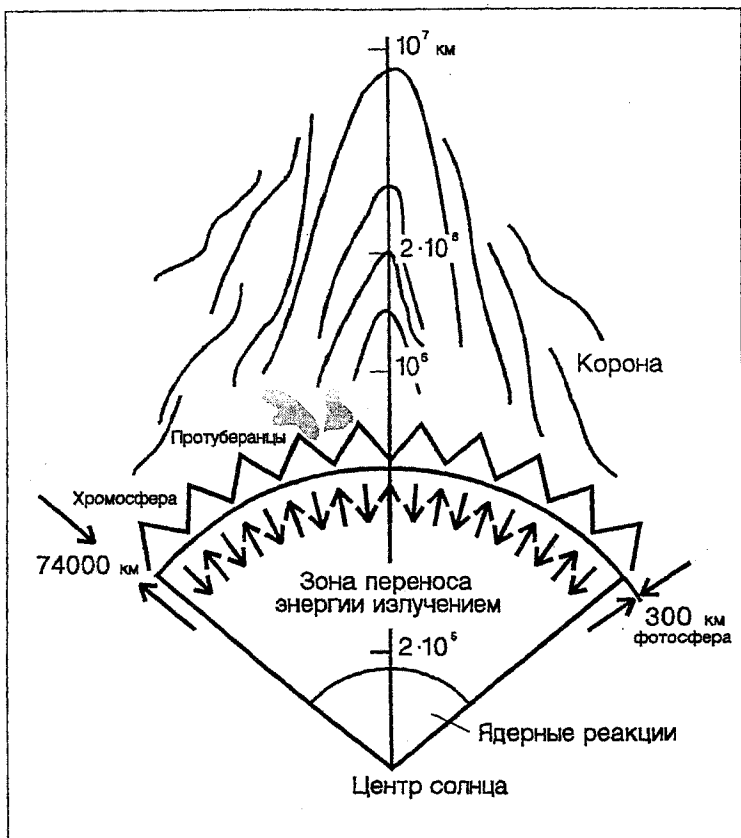


Рис. 4. Строение Солнца

Солнца, его светимость составляет $4 \cdot 10^{23}$ кВт. Земля получает всего лишь одну двухмиллиардную долю солнечного излучения. Однако и этого достаточно, чтобы приводить в движение огромные массы воздуха в земной атмосфере, управлять погодой и климатом на земном шаре.

Основные физические характеристики Солнца

Масса (M) = $2 \cdot 10^{30}$ кг

Радиус (R) = $7 \cdot 10^8$ м

Средняя плотность (ρ) = $1,4 \cdot 10^3$ кг/м³

Ускорение силы тяжести (g) = $2,7 \cdot 10^2$ м/с²

На основе этих данных, используя закон всемирного тяготения и уравнение газового состояния, можно рассчи-

тать условия внутри Солнца. Такие расчеты позволяют получить модель «спокойного» Солнца. При этом принимается, что в каждом его слое соблюдается условие гидростатического равновесия: действие сил внутреннего давления газа уравнивается действием сил тяготения. Согласно современным данным давление в центре Солнца достигает $2 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$, а плотность вещества значительно превышает плотность твердых тел в земных условиях: $1,5 \cdot 10^5 \text{ кг/м}^3$, т. е. в 13 раз больше плотности свинца. Тем не менее применение газовых законов к веществу, находящемуся в этом состоянии, оправдано тем, что оно ионизовано. Размеры атомных ядер, потерявших свои электроны, примерно в 10 тыс. раз меньше размеров самого атома. Поэтому размеры самих частиц пренебрежимо малы по сравнению с расстояниями между ними. Это условие, которому должен удовлетворять идеальный газ, для смеси ядер и электронов, составляющих вещество внутри Солнца, выполняется, несмотря на его высокую плотность. Такое состояние вещества принято называть *плазмой*. Ее температура в центре Солнца достигает примерно 15 млн К.

При столь высокой температуре протоны, которые преобладают в составе солнечной плазмы, имеют столь большие скорости, что могут преодолеть электростатические силы отталкивания и взаимодействовать между собой. В результате такого взаимодействия происходит термоядерная реакция: четыре протона образуют альфа-частицу — ядро гелия. Реакция сопровождается выделением определенной порции энергии — гамма-кванта.

Из недр Солнца наружу эта энергия передается двумя способами: *излучением*, т. е. самими квантами, и *конвекцией*, т. е. веществом. Выделение энергии и ее перенос определяют внутреннее строение Солнца: ядро — центральная зона, где происходят термоядерные реакции, зона передачи энергии излучением и наружная конвективная зона. Каждая из этих зон занимает примерно $\frac{1}{3}$ солнечного радиуса.

Следствием конвективного движения вещества в верхних слоях Солнца является своеобразный вид фотосферы — *грануляция*. Фотосфера как бы состоит из отдельных зерен — *гранул*, размеры которых составляют в среднем несколько сотен (до 1000) километров. *Гранула* — это поток горячего газа, поднимающийся вверх. В темных промежутках между гранулами находится более холодный газ, опускающийся вниз. Каждая гранула существует всего 5—10 мин, затем на ее месте

появляется новая, которая отличается от прежней по форме и размерам. Однако общая наблюдаемая картина при этом не меняется.

Фотосфера — самый нижний слой атмосферы Солнца. За счет энергии, поступающей из недр Солнца, вещество фотосферы приобретает температуру около 6000 К. Прилегающий к ней тонкий (около 10 000 км) слой называют *хромосферой*, выше которой на десятки радиусов Солнца простирается *солнечная корона*. Плотность вещества в короне по мере удаления от Солнца постепенно уменьшается, но потоки плазмы из короны (солнечный ветер) проходят через всю планетную систему. Основными составляющими солнечного ветра являются протоны и электроны, которые значительно меньше альфа-частиц (ядер гелия) и других ионов.

Как правило, в атмосфере Солнца наблюдаются многообразные проявления солнечной активности, характер протекания которых определяется поведением солнечной плазмы в магнитном поле — пятна, вспышки, протуберанцы и т. п. Наиболее известными из них являются *солнечные пятна*, открытые еще в начале XVII века во время первых наблюдений при помощи телескопа. Впоследствии оказалось, что пятна появляются в тех сравнительно небольших областях Солнца, которые выделяются очень сильными магнитными полями.

Сначала пятна наблюдаются как маленькие темные участки диаметром 2000—3000 км. Большинство из них в течение суток пропадает, однако некоторые увеличиваются в десятки раз. Такие пятна могут образовывать большие группы и существовать, меняя форму и размеры, на протяжении нескольких месяцев, т. е. нескольких оборотов Солнца. У крупных пятен вокруг наиболее темной центральной части (ее называют тень) наблюдается менее темная полутень. В центре пятна температура вещества снижается до 4300 К. Несомненно, что такое понижение температуры связано с действием магнитного поля, которое нарушает нормальную конвекцию и тем самым препятствует притоку энергии снизу.

Самыми мощными проявлениями солнечной активности являются *вспышки*, в процессе которых за несколько минут иногда выделяется энергия до 10^{25} Дж (такова энергия примерно миллиарда атомных бомб). Вспышки наблюдаются как внезапные усиления яркости отдельных участков Солнца в районе пятна. По скорости протекания вспышка подобна взры-

ву. Продолжительность сильных вспышек в среднем достигает 3 ч, а слабые длятся всего 20 мин. Вспышки также связаны с магнитными полями, которые в этой области после вспышки существенно меняются (как правило, ослабевают). За счет энергии магнитного поля плазма может нагреваться до температуры порядка 10 млн К. При этом значительно увеличивается скорость ее потоков, которая достигает 1000—1500 км/с, возрастает энергия электронов и протонов, входящих в состав плазмы. За счет этой дополнительной энергии возникает оптическое, рентгеновское, гамма- и радиоизлучение вспышек.

Потоки плазмы, образующиеся во время вспышки, через сутки-двое достигают окрестностей Земли, вызывая магнитные бури и другие геофизические явления. Например, при сильных вспышках практически прекращается слышимость радиопередач на коротких волнах по всему освещенному полушарию нашей планеты.

Наиболее крупными по своим масштабам проявлениями солнечной активности являются наблюдаемые в солнечной короне *протуберанцы*. Протуберанцы — это огромные по объему облака газа, масса которых может достигать миллиардов тонн. Некоторые из них («спокойные») напоминают по форме гигантские занавеси толщиной 3—5 тыс. км, высотой около 10 тыс. км и длиной до 100 тыс. км, подпираемые колоннами, по которым газ течет из короны вниз. Они медленно меняют свою форму и могут существовать в течение нескольких месяцев. Во многих случаях в протуберанцах наблюдается упорядоченное движение отдельных сгустков и струй по криволинейным траекториям, напоминающим по форме линии индукции магнитных полей. Во время вспышек отдельные части протуберанцев могут подниматься вверх со скоростью до нескольких сотен километров в секунду на огромную высоту до 1 млн км, что превышает радиус Солнца.

Число пятен и протуберанцев, частота и мощность вспышек на Солнце меняются с определенной, хотя и не очень строгой периодичностью — в среднем этот период составляет примерно 11,2 года. Отмечается определенная связь процессов жизнедеятельности растений и животных, состояния здоровья людей, погодно-климатических аномалий и других геофизических явлений и уровня солнечной активности. Однако механизм воздействия процессов солнечной активности на земные явления еще не вполне ясен.

§ 7. ЗВЕЗДЫ

Наше Солнце справедливо называют типичной звездой. Но среди огромного многообразия мира звезд есть немало таких, которые очень значительно отличаются от него по своим физическим характеристикам. Поэтому более полное представление о звездах дает такое определение: звезда — это пространственно обособленная гравитационно связанная непрозрачная для излучения масса вещества, в которой в значительных масштабах происходили, происходят или будут происходить термоядерные реакции превращения водорода в гелий.

Всю информацию о звездах мы можем получить только на основе исследования приходящего от них излучения. Наиболее значительно звезды отличаются друг от друга по своей *светимости* (мощности излучения): некоторые излучают энергии в несколько миллионов раз больше, чем Солнце, другие — в сотни тысяч раз меньше.

Солнце кажется нам самым ярким объектом на небе только потому, что оно находится гораздо ближе всех остальных звезд. Самая близкая из них альфа Центавра расположена в 270 тыс. раз дальше от нас, чем Солнце. Если находиться на таком расстоянии от Солнца, то оно будет выглядеть примерно таким, как наиболее яркие звезды созвездия Большой Медведицы.

Вследствие того что звезды от нас очень далеки, лишь в первой половине XIX века удалось обнаружить их годичный параллакс и вычислить расстояния. Еще Аристотель, а затем Коперник знали, какие наблюдения за положением звезд надо провести, чтобы обнаружить их смещение в том случае, если Земля движется. Для этого необходимо наблюдать положение какой-либо звезды из двух диаметрально противоположных точек ее орбиты. Очевидно, что направление на эту звезду за это время изменится, причем тем больше, чем ближе к нам расположена звезда. Так что это кажущееся (параллактическое) смещение звезды будет служить мерой расстояния до нее.

Годичным параллаксом (p) принято называть угол, под которым со звезды виден радиус земной орбиты, перпендикулярный лучу зрения (рис. 5). Этот угол столь мал (менее $1''$), что ни Аристотелю, ни Копернику его обнаружить и измерить не удалось, поскольку они вели наблюдения без оптических приборов.

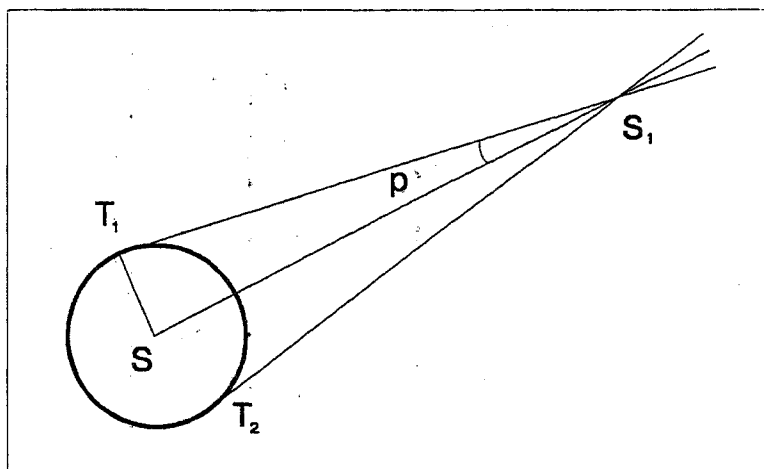


Рис. 5. Годичный параллакс звезд

Единицами для расстояний до звезд являются парсек и световой год.

Парсек — это такое расстояние, на котором параллакс звезд равен $1''$. Отсюда и название этой единицы: пар — от слова «параллакс», сек — от слова «секунда».

Световой год — это такое расстояние, которое свет, распространяясь со скоростью 300 000 км/с, проходит за 1 год.
 $1 \text{ пк (парсек)} = 3,26 \text{ светового года}$.

Определив расстояние до звезды и количество приходящего от нее излучения, можно вычислить ее светимость.

Если расположить звезды на диаграмме в соответствии с их светимостью и температурой, то окажется, что по этим характеристикам можно выделить несколько типов (последовательностей) звезд (рис. 6): сверхгиганты, гиганты, главная последовательность, белые карлики и т. д. Наше Солнце вместе со многими другими звездами относится к числу звезд главной последовательности.

Температуру наружных слоев звезды, от которых приходит излучение, можно определить по спектру. Как известно, цвет нагретого тела зависит от его температуры. Иначе говоря, с повышением температуры смещается от красного к фиолетовому концу спектра положение длины волны, на которую приходится максимум излучения. Следовательно, по распределению энергии в спектре можно определить температуру наружных слоев звезды. Как оказалось, эта темпе-

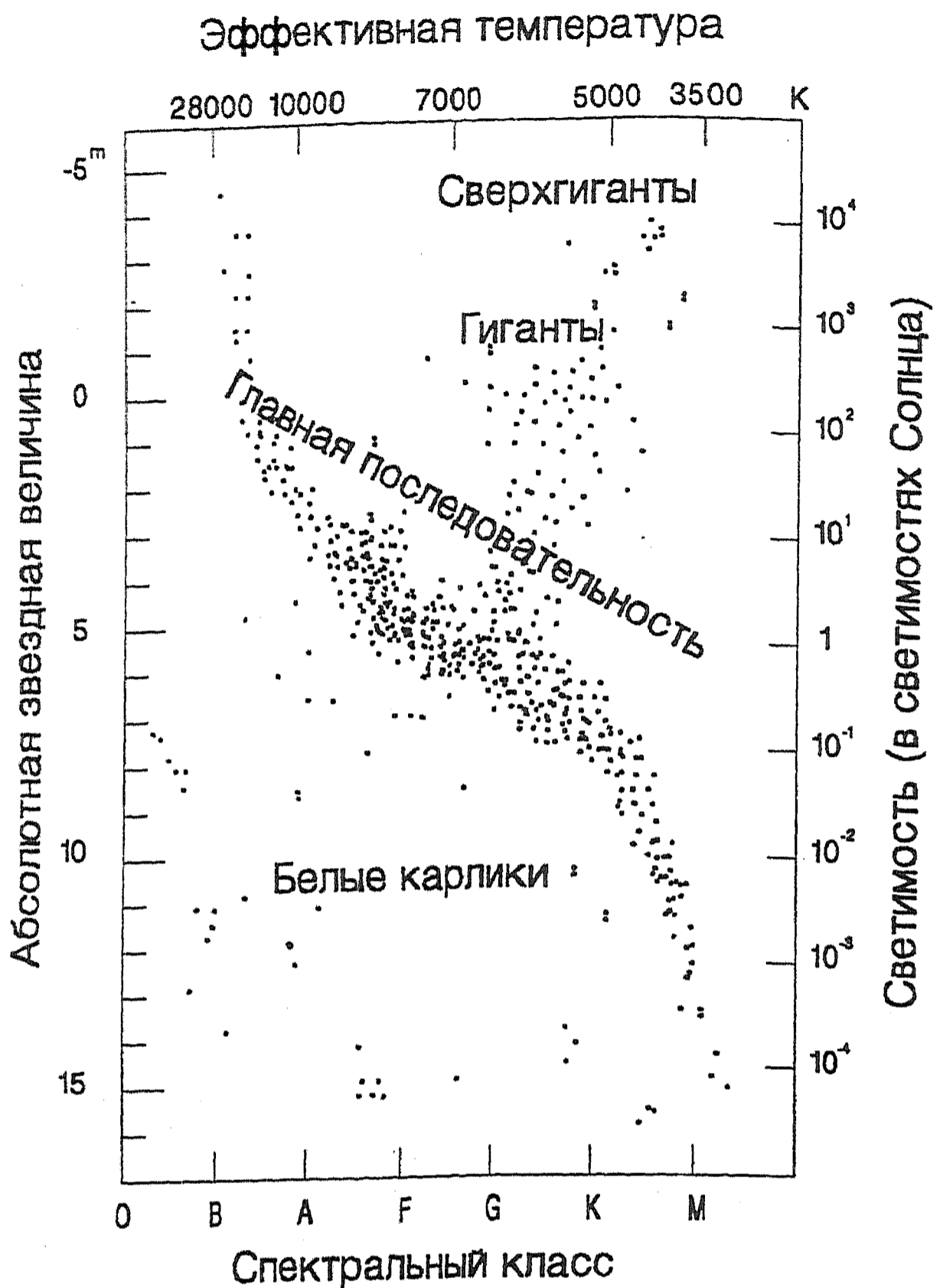


Рис. 6. Диаграмма “температура-светимость” для ближайших звезд

ратура для различных типов звезд заключена в пределах от 2500 до 50 000 К.

По известной светимости и температуре звезд можно рассчитать площадь ее светящейся поверхности и тем самым определить ее размеры. Оказалось, что гигантские звезды в сотни раз превосходят Солнце по диаметру, а звезды-карлики в десятки и сотни раз меньше него.

В то же время по массе, которая является важнейшей характеристикой звезд, они отличаются от Солнца незначительно. Нет среди звезд ни таких, которые имели бы массу в 100 раз больше Солнца, ни таких, у которых масса в 10 раз меньше, чем у Солнца.

В зависимости от массы и размеров звезд они различаются по своему внутреннему строению, хотя все имеют примерно одинаковый химический состав (95—98 % их массы составляют водород и гелий).

Солнце существует уже несколько миллиардов лет и мало изменилось за это время, поскольку в его недрах все еще происходят термоядерные реакции, в результате которых из четырех протонов (ядер водорода) образуется альфа-частица (ядро гелия, состоящее из двух протонов и двух нейтронов). Более массивные звезды расходуют запасы водорода значительно быстрее (за десятки миллионов лет). После «выгорания» водорода начинаются реакции между ядрами гелия с образованием устойчивого изотопа углерод-12, а также другие реакции, продуктами которых являются кислород и ряд более тяжелых элементов (натрий, сера, магний и т. д.). Таким образом, в недрах звезд образуются ядра многих химических элементов, вплоть до железа.

У наиболее массивных звезд переход от одного типа ядерных реакций к другим сопровождается мощным взрывом. В результате звезда сначала значительно увеличивается в размерах, ее яркость возрастает в десятки миллионов раз, а затем сбрасывает в космическое пространство внешние слои. Это явление наблюдается как *вспышка Сверхновой звезды*, на месте которой остается небольшая быстро вращающаяся нейтронная звезда — *пульсар*.

Итак, мы знаем теперь, что все элементы, которые входят в состав нашей планеты и всего живого на ней, образовались в результате термоядерных реакций, идущих в звездах. Поэтому звезды являются не только самыми распространенными во Вселенной объектами, но и самыми важными для понимания явлений и процессов, происходящих на Земле и за ее пределами.

§ 8. НАША ГАЛАКТИКА

Практически все объекты, видимые невооруженным глазом в Северном полушарии звездного неба, составляют единую систему небесных тел (главным образом звезд) — нашу Галактику.

Характерной ее деталью для земного наблюдателя является *Млечный Путь*, в котором уже первые наблюдения с помощью телескопа позволили различить множество слабых звезд. Как вы можете сами убедиться в любую ясную без-

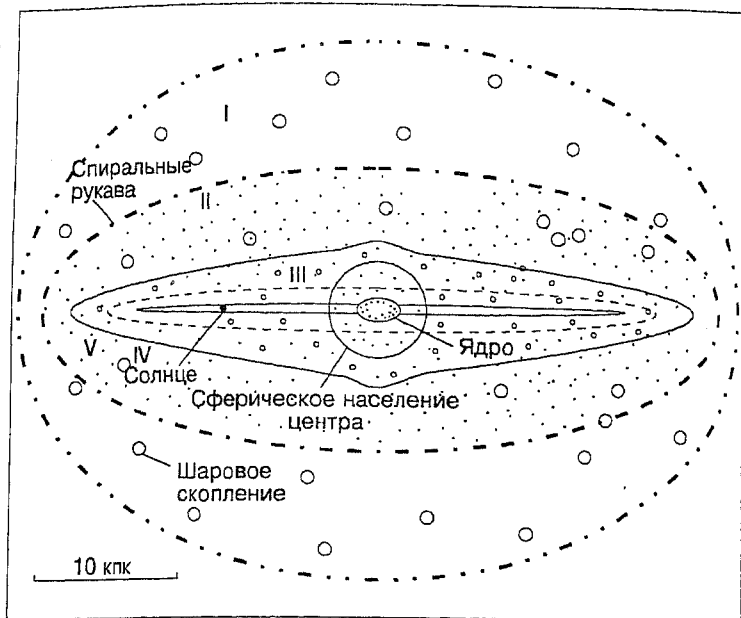


Рис. 7. Строение Галактики

лунную ночь, он простирается через все небо светлой белесоватой полосой клочковатой формы. Вероятно, кому-то он напомнил след от пролитого молока, а потому, наверное, не случайно термин «Галактика» происходит от греческого слова *galaxis*, которое означает «молочный, млечный».

Не входит в состав Галактики лишь слабозаметное туманное пятно, видимое в направлении созвездия Андромеды и напоминающее по форме пламя свечи, — туманность Андромеды. Она представляет собою другую, подобную нашей звездную систему, удаленную от нас на расстояние 2,3 млн световых лет.

Только открытие в 1923 г. в этой туманности нескольких цефеид окончательно убедило ученых, что это не просто туманность, а другая галактика. Это событие можно считать также и «открытием» нашей Галактики. И в дальнейшем успехи в ее исследовании во многом были связаны с изучением других галактик.

Наши знания о размерах, составе и структуре Галактики получены в основном за последние полвека. Диаметр нашей Галактики примерно 100 тыс. световых лет (около 30 тыс. пар-

сек). Число звезд — около 150 млрд, и составляют они 98 % ее общей массы. Оставшиеся 2 % — межзвездное вещество в виде газа и пыли.

Звезды образуют различные по форме и численности объектов скопления — шаровые и рассеянные. В *рассеянных скоплениях* звезд относительно немного — от нескольких десятков до нескольких тысяч. Самым известным рассеянным скоплением являются Плеяды, видимые в созвездии Тельца. В том же созвездии находятся Гиады — треугольник из слабых звезд вблизи яркого Альдебарана. Часть звезд, относящихся к созвездию Большой Медведицы, также составляет рассеянное скопление. Практически все скопления этого типа видны вблизи Млечного Пути.

Шаровые звездные скопления насчитывают в своем составе сотни тысяч и даже миллионы звезд. Лишь два из них — в созвездиях Стрельца и Геркулеса — можно с трудом увидеть невооруженным глазом. Шаровые скопления распределяются в Галактике по-иному: большая часть расположена вблизи ее центра, а по мере удаления от него их концентрация в пространстве уменьшается.

Различается и «население» скоплений этих двух типов. В состав рассеянных скоплений входят главным образом звезды, относящиеся (как и Солнце) к главной последовательности. В шаровых — много красных гигантов и субгигантов.

Эти различия объясняются в настоящее время различием возраста звезд, входящих в состав скоплений разного типа, а следовательно, и возраста самих скоплений. Расчеты показали, что возраст многих рассеянных скоплений примерно 2—3 млрд лет, в то время как возраст шаровых скоплений значительно больше и может достигать 12—14 млрд лет.

Поскольку распределение в пространстве скоплений, отдельных звезд различных типов и других объектов оказалось различным, стали выделять пять подсистем, образующих единую звездную систему — Галактику: плоскую молодую, плоскую старую, промежуточную «диск», промежуточную сферическую и сферическую. Их расположение представлено на схеме, показывающей структуру Галактики в плоскости, перпендикулярной плоскости Млечного Пути (рис. 7). На рисунке указаны также положение Солнца и центральной части Галактики — ее ядра, которое находится в направлении созвездия Стрельца.

Измеряя взаимное расположение звезд на небе, астрономы еще в начале XVIII века заметили, что координаты некоторых ярких звезд (Альдебарана, Арктура и Сириуса)

изменились по сравнению с теми, которые были получены в древности. Впоследствии стало очевидным, что скорости движения в пространстве у различных звезд отличаются довольно значительно. Самая «быстрая» из них, получившая название «летающая звезда Барнарда», за год перемещается по небу на $10,8''$. Это означает, что $0,5^\circ$ (угловой диаметр Солнца и Луны) она проходит менее чем за 200 лет. В настоящее время эта звезда (ее звездная величина 9,7) находится в созвездии Змееносца. Большинство из 300 000 звезд, собственное движение которых измерено, меняют свое положение значительно медленнее — смещение составляет всего лишь сотые и тысячные доли угловой секунды за год. В целом же все звезды движутся вокруг центра Галактики. Солнце совершает один оборот примерно за 200 млн лет.

Существенные сведения о распределении межзвездного вещества в Галактике удалось получить благодаря развитию радиоастрономии. Во-первых, выяснилось, что *межзвездный газ*, основную массу которого составляет водород, образует вокруг центра Галактики ветви, имеющие спиральную форму. Такая же структура прослеживается и по некоторым типам звезд.

Поэтому наша Галактика относится к наиболее распространенному классу *спиральных галактик*.

Надо отметить, что межзвездное вещество существенно осложняет изучение Галактики оптическими методами. Оно распределено в объеме пространства, занятом звездами весьма неравномерно. Основная масса газа и пыли располагается вблизи плоскости Млечного Пути, где образует огромные (диаметром сотни световых лет) облака, называемые туманностями. В пространстве между облаками тоже есть вещество, хотя и в очень разреженном состоянии. Форма Млечного Пути, видимые в нем темные промежутки (самый большой из них вызывает его раздвоение, которое протянулось от созвездия Орла до созвездия Скорпиона) объясняются тем, что межзвездная пыль мешает нам видеть свет расположенных за этими облаками звезд. Именно такие облака не дают нам возможности увидеть ядро Галактики, которое можно изучать, только принимая идущее от него инфракрасное излучение и радиоволны.

В тех редких случаях, когда поблизости от газопылевого облака располагается горячая звезда, эта туманность становится светлой. Мы видим ее потому, что пыль отражает свет яркой звезды.

В Галактике наблюдаются различные типы туманностей, образование которых самым тесным образом связано с эволюцией звезд. К числу их относятся *планетарные туманности*, которые были названы так, поскольку в слабые телескопы они выглядят как диски далеких планет — Урана и Нептуна. Это внешние слои звезд, отделившиеся от них при сжатии ядра и превращении звезды в белого карлика. Эти оболочки расширяются и в течение нескольких десятков тысяч лет рассеиваются в космическом пространстве.

Другие туманности являются остатками вспышек Сверхновых звезд. Самая известная из них — Крабовидная туманность в созвездии Тельца — результат вспышки Сверхновой, столь яркой, что ее в 1054 г. в течение 23 суток видели даже днем. На месте вспышки в настоящее время кроме туманности наблюдают пульсар — быстровращающуюся нейтронную звезду. С периодом ее вращения, равным 0,033 с, меняется яркость звезды в оптическом, радио и рентгеновском диапазонах излучения.

Именно в звездах в процессе термоядерных реакций происходит образование многих химических элементов, а во время вспышек Сверхновых образуются даже ядра тяжелее железа. Потерянный звездами газ с повышенным содержанием тяжелых химических элементов меняет состав межзвездного вещества, из которого впоследствии образуются звезды. Поэтому химический состав звезд «второго поколения», к числу которых принадлежит, вероятно, и наше Солнце, несколько отличается от состава старых звезд, образовавшихся ранее.

§ 9. СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Кроме туманности Андромеды невооруженным глазом можно видеть еще две галактики: Большое и Малое Магеллановы Облака. Они видны только в Южном полушарии, поэтому европейцы узнали о них лишь после кругосветного путешествия Магеллана. Это спутники нашей Галактики, отстоящие от нее на расстоянии около 150 тыс. световых лет. На таком расстоянии звезды, подобные Солнцу, ни в телескоп, ни на фотографиях не видны. Зато в большом количестве наблюдаются горячие звезды большой светимости — *сверхгиганты*.

Галактики представляют собой гигантские звездные системы, в составе которых насчитывается от нескольких мил-

лионов до нескольких триллионов звезд. Кроме того, в галактиках содержится различное (в зависимости от типа) количество межзвездного вещества (в виде газа, пыли и космических лучей).

В центральной части многих галактик располагается сгущение, которое называют *ядром*, где идут активные процессы, связанные с выделением энергии и выбросом вещества.

У некоторых галактик в радиодиапазоне наблюдается значительно более мощное излучение, чем в видимой области спектра. Такие объекты получили название *радиогалактик*. Еще более мощными источниками радиоизлучения являются *квазары*, которые и в оптическом диапазоне излучают больше, чем галактики. Квазары — это самые далекие из всех известных во Вселенной объектов. Некоторые из них удалены от нас на огромные расстояния, превышающие 5 млрд световых лет.

По-видимому, квазары представляют собой чрезвычайно активные ядра галактик. Находящиеся вокруг ядра звезды неразличимы, поскольку квазары очень далеки, а их большая яркость не позволяет обнаружить слабый свет звезд.

Исследования галактик показали, что в их спектрах линии обычно бывают смещены в сторону его красного конца, т. е. в сторону более длинных волн. Это означает, что практически все галактики (за исключением нескольких самых близких) удаляются от нас.

Однако существование этого закона вовсе не означает, что галактики разбегаются от нас, от нашей Галактики как от центра. Такая же картина разбегания будет наблюдаться с любой другой галактики. А это означает, что все наблюдаемые галактики удаляются друг от друга.

Рассмотрим огромный шар (Вселенную), который состоит из отдельных точек (галактик), однородно распределенных внутри него и взаимодействующих согласно закону всемирного тяготения. Если представить себе, что в какой-то начальный момент времени галактики неподвижны относительно друг друга, то в результате взаимного притяжения они уже в следующий момент не останутся неподвижными и начнут сближаться. Следовательно, Вселенная будет сжиматься, и плотность вещества в ней станет возрастать. Если же в этот начальный момент галактики удалялись друг от друга, т. е. Вселенная расширялась, то тяготение будет уменьшать скорости их взаимного удаления. Дальнейшая судьба галактик, удаляющихся от центра шара с определенной скоростью, зависит от соотно-

шения этой скорости со «второй космической» скоростью для шара данного радиуса и массы, который состоит из отдельных галактик.

Если скорости галактик больше второй космической, то они будут неограниченно удаляться — Вселенная будет бесконечно расширяться. Если же они меньше второй космической, то расширение Вселенной должно смениться сжатием.

На основе имеющихся данных в настоящее время невозможно сделать определенный вывод о том, по какому из этих вариантов будет происходить эволюция Вселенной. Однако можно с уверенностью сказать, что в прошлом плотность вещества во Вселенной была значительно больше, чем в настоящее время. Галактики, звезды и планеты не могли существовать как самостоятельные объекты, а вещество, из которого они теперь состоят, было качественно иным и представляло собой однородную, очень горячую и плотную среду. Ее температура превышала 10 млрд градусов, а плотность была больше плотности ядер атомов, которая составляет 10^{17} кг/м³. Об этом свидетельствуют не только теория, но и результаты наблюдений. Как следует из теоретических расчетов, наряду с веществом горячую Вселенную на ранних стадиях ее существования заполняли кванты электромагнитного излучения, обладавшие высокой энергией. В процессе расширения Вселенной энергия квантов уменьшалась и в настоящее время должна соответствовать 5—6 К. Это излучение, названное реликтовым, было действительно обнаружено в 1965 г.

Так было получено подтверждение теории горячей Вселенной, начальную стадию существования которой часто называют *Большим взрывом*. В настоящее время разработана теория, которая описывает процессы, происходившие во Вселенной с первых мгновений ее расширения. Первоначально во Вселенной не могли существовать ни атомы, ни даже сложные атомные ядра. В этих условиях происходили взаимные превращения нейтронов и протонов при их взаимодействии с другими элементарными частицами: электронами, позитронами, нейтрино и антинейтрино. После того как температура во Вселенной снизилась до 1 млрд градусов, энергия квантов и частиц стала недостаточной, чтобы препятствовать образованию простейших ядер атомов дейтерия, трития, гелия-3 и гелия-4. Спустя примерно 3 минуты после начала расширения Вселенной в ней установилось определенное соотношение содержания ядер водорода (примерно 70 %) и ядер гелия (около 30 %). Это соотношение затем

сохранялось на протяжении миллиардов лет до тех пор, пока из этого вещества не сформировались галактики и звезды, в недрах которых вследствие термоядерных реакций стали образовываться более сложные атомные ядра. В межзвездной среде сложились условия для образования нейтральных атомов, затем молекул.

Картина эволюции Вселенной, открывшаяся перед нами, поражает воображение и удивляет. Не переставая удивляться, не следует забывать, что все это открыл человек — обитатель маленькой пылинки, затерянной в безграничных просторах Вселенной, — планеты Земля.

II. ФОРМА И ДВИЖЕНИЕ ЗЕМЛИ. ПЛАН И КАРТА

§ 10. ШАРООБРАЗНОСТЬ И ВРАЩЕНИЕ ЗЕМЛИ

Шарообразность Земли и ее доказательства. Основоположником учения о том, что Земля — это шар, который свободно, без всякой опоры располагается в космическом пространстве, принято считать выдающегося математика и философа Пифагора, жившего в VI веке до н. э.

Греческие мореплаватели заметили, что те звезды, которые видны в южной части горизонта у берегов Африки, не видны у берегов Черного моря. Следовательно, Земля имеет изогнутую поверхность, и положение горизонта в разных ее местах различно. К тому же, было замечено, что при приближении к берегу из-за горизонта сначала появляются верхушки высоких предметов (гор, мачт кораблей и т. п.), затем их средние части и, наконец, они становятся видны целиком. Другой выдающийся мыслитель — Аристотель (III век до н. э.) — сформулировал еще одно доказательство: «Так как лунное затмение происходит от земной тени, то и Земля должна иметь вид шара». Он же предположил, что «объем Земли незначителен в сравнении с небом».

Впервые достаточно точно определил размеры Земли греческий ученый Эратосфен (276—194 гг. до н.э.), живший в Египте (рис. 8). Его идея была довольно проста: измерить длину дуги земного меридиана в линейных единицах и определить, какую часть полной окружности эта дуга составляет. Получив эти данные, можно вычислить длину дуги в 1° , а затем длину окружности и величину ее радиуса, т. е. радиуса земного шара.

Для этого Эратосфену нужно было знать полуденную высоту Солнца в один и тот же день в двух пунктах. Измерив высоту Солнца в полдень 22 июня в Александрии, где он жил, Эратосфен установил, что Солнце отстоит от зенита примерно на 7° . От купцов и погонщиков верблюдов, которые везли караваны вдоль Нила, ему было известно, что в

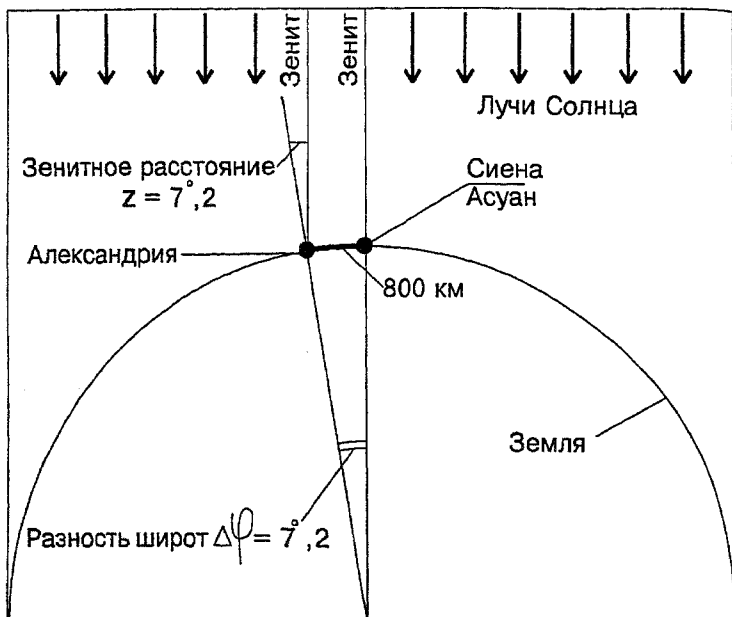


Рис. 8. Определение радиуса Земли по методу Эратосфена

этот день в полдень в городе Сиена (ныне Асуан) солнце освещает дно самых глубоких колодцев, т. е. находится в зените. Следовательно, длина дуги составляет $7,2^\circ$, а расстояние между Сиеной и Александрией — около 5000 греческих стадий.

Обозначив длину окружности земного шара через x , мы получаем выражение

$$\frac{x}{5000} = \frac{360^\circ}{7,2^\circ}$$

Откуда следует, что длина окружности земного шара равняется 250 000 стадий.

Результат Эратосфена практически не отличается от современных данных, согласно которым длина окружности Земли составляет 40 000 км.

Для измерения длины 1° дуги меридиана и уточнения формы Земли в конце XVIII века Французская академия наук снарядила сразу две экспедиции. Одна из них работала в Перу, в экваториальных широтах Южной Америки, а другая вблизи Северного полярного круга на территории Фин-

ляндии и Швеции. Оказалось, что длина 1° дуги меридиана на севере больше, чем вблизи экватора. Последующие измерения, проведенные в различных пунктах земного шара, подтвердили, что длина 1° дуги меридиана увеличивается с возрастанием географической широты, т. е. Земля сплюснута у полюсов. Ее экваториальный радиус составляет 6378 км, а полярный на 21 км короче. На школьном глобусе масштаба 1:50 000 000 эти радиусы отличаются всего на 0,4 мм.

Наиболее точно форму нашей планеты передает фигура, называемая эллипсоидом, у которого любое сечение плоскостью, проходящей через центр Земли, не является окружностью.

В настоящее время форму Земли принято характеризовать следующими величинами:

Экваториальный радиус —	6378,160 км
Полярный радиус —	6356,777 км
Сжатие эллипсоида —	1:298,25
Средний радиус —	6371,032 км
Длина окружности экватора —	40075,696 км.

Эратосфен не только определил размеры Земли, но и ввел в практику использование терминов «широта» и «долгота».

Сетку параллелей и меридианов, по которой отсчитываются широта и долгота, предложил наносить на рисунках, изображающих Землю, римский географ Марин Тирский в конце I — начале II века н. э.

Доказательства вращения Земли

Польский астроном Коперник привел ряд убедительных доводов в пользу предположения, что Земля вращается вокруг своей оси и вокруг Солнца, но не смог этого доказать. Доказать вращение Земли оказалось весьма непросто. На основе опыта с маятником это было сделано лишь в 1851 г. Французский физик Леон Фуко использовал свойство маятника сохранять неизменным направление качания независимо от вращения того основания, на котором он находится. Маятник, подвешенный под куполом парижского Пантеона длиной 67 м, имел период колебания 16 с, а масса груза составляла 22 кг. При каждом новом качании маятника его острие прочерчивало на песке, слоем которого был специально для этого опыта покрыт пол здания, новый след. Происходило это потому, что даже за несколько секунд Земля успевала повернуться на небольшой угол, а плоскость качания маятника оставалась неизменной.

Это явление можно смоделировать в лабораторных условиях, если небольшой маятник установить на подставке, которую можно плавно поворачивать.

§ 11. ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ

Все науки, в том числе и астрономия, возникли для удовлетворения тех или иных потребностей человечества. Наблюдая за расположением и движением небесных светил, люди научились определять свое местоположение на Земле, вести счет больших и малых промежутков времени. Не случайно все единицы времени — сутки, месяц, год и даже неделя — связаны с астрономическими явлениями.

Именно потому, что многие из наблюдаемых на небе явлений отличались строгой периодичностью, они и были выбраны в качестве единиц для измерения времени. Причем эти единицы стали использовать еще тогда, когда считалось, что небесная сфера со всеми расположенными на ней «неподвижными» звездами совершает за сутки один оборот вокруг Земли, а Солнце, перемещаясь на фоне звезд, за год один раз обходит вокруг нее.

Луна же движется вокруг Земли с периодом обращения один месяц. Только в XVII веке Николай Коперник предложил гелиоцентрическую систему мира, согласно которой суточное движение светил вызвано вращением Земли вокруг оси, а те изменения, которые происходят на небе в течение года, связаны с обращением нашей планеты вокруг Солнца.

Местное время. Вращаясь вокруг своей оси, Земля поворачивается за 1 час на 15° . Местное время зависит от географической долготы. Например, в тот момент, когда в Москве полдень, в пунктах, лежащих на 15° к востоку от нее, уже 13 часов, а в тех, которые на те же 15° западнее, еще только 11 часов. В Санкт-Петербурге, который расположен на $8^\circ 45'$ западнее Москвы, полдень наступает на 35 минут позднее.

Всемирным временем (UT_0) называют местное время начального (нулевого) меридиана, проходящего через Гринвичскую обсерваторию, которая расположена недалеко от Лондона. Для того чтобы узнать местное время в данном пункте (T_m), достаточно знать всемирное время и долготу этого пункта (λ) — относительно начального меридиана:

$$T_m = UT_0 + \lambda.$$

Местное время любого пункта равно всемирному времени в этот момент плюс долгота данного пункта от начального меридиана, выраженная в часовой мере.

Из того что Земля за 1 час поворачивается на 15° , следует: 1° соответствует 4 мин, а $1'$ (угловая минута) — 4 с.

Если бы мы пользовались местным временем, то по мере передвижения на запад или восток приходилось бы непрерывно передвигать стрелки часов. Возникающие при этом неудобства столь очевидны, что в настоящее время практически все население земного шара пользуется поясным временем.

Поясная система счета времени была предложена в 1884 г. Согласно этой системе весь земной шар был разделен по долготе на 24 часовых пояса (по числу часов в сутках), каждый из которых занимает примерно 15° . По сути, счет времени по этой системе ведется только на 24 основных меридианах, отстоящих друг от друга на 15° по долготе. Время на этих меридианах, которые расположены примерно посередине каждого часового пояса, отличается ровно на 1 ч.

Границы часовых поясов не всегда идут строго по меридианам, а проведены так, как это удобно людям. Вся Москва, например, находится на границе третьего часового пояса. Если бы формально следовали принятому правилу деления на часовые пояса, то граница пояса разделила бы город на две неравные части. Поэтому нередко границы часовых поясов проводят по административным границам областей или других регионов так, чтобы на всей их территории действовало одно и то же время.

В нашей стране поясное время было введено с 1 июля 1919 г. В связи с изменениями, происходящими в социально-экономической жизни, границы часовых поясов неоднократно пересматривались и изменялись (рис. 9).

Местное время основного меридиана данного пояса называется поясным временем. Поясное время, которое принято в конкретном пункте, отличается от всемирного на число часов, равных номеру его часового пояса:

$$T = UT_0 + n,$$

где UT_0 — всемирное время, а n — номер часового пояса.

В целях более рационального распределения электроэнергии, идущей на освещение предприятий и жилых помещений, а также наиболее полного использования дневного света в летние месяцы года, во многих странах (в том числе и в



Рис. 9. Часовые пояса

России) в конце марта стрелки часов переводят на 1 час вперед. Это время называют *летним*. Осенью, в конце сентября, стрелки возвращают на 1 час назад. Дни, когда эти операции осуществляются, ежегодно устанавливаются по распоряжению правительства.

Линия изменения даты. При переезде из одного часового пояса в соседний стрелки часов нужно передвинуть на 1 час: вперед, если мы движемся на восток, или назад, если на запад. Среди границ часовых поясов выделена «линия изменения даты», при пересечении которой наряду с изменением времени на 1 час производится и изменение даты. Она в основном проходит по 180° меридиану, расположенному между Азией и Америкой.

На корабле, пересекающем линию изменения даты с запада на восток, на следующий день повторяется то же число, а при пересечении этой линии в противоположном направлении 1 сутки из счета выбрасываются, т. е. после третьего апреля наступит пятое.

Календарь. Календарь, которым мы пользуемся в настоящее время, создан в результате длительных поисков, на протяжении истории человечества их существовало более 200.

Уже на первом этапе развития цивилизации некоторые народы стали пользоваться лунными календарями. В этих календарях чередовались месяцы продолжительностью 29 и 30 суток. Началом месяца всегда считалось новолуние. Но от одного новолуния до следующего проходит примерно $29\frac{1}{2}$ суток — такова периодичность смены фаз Луны, связанная с ее обращением вокруг Земли. При таком календаре продолжительность года из 12 «лунных» месяцев составляет всего 354 дня.

В солнечном календаре за основу берется продолжительность тропического года, т. е. промежуток времени между двумя последовательными прохождениями центра Солнца через точку весеннего равноденствия. Тропический год составляет 365 суток 5 часов 48 минут 46,1 секунды. Поскольку число суток в году не может быть дробным, во всех календарях обычно год содержит 365 суток, а определенные годы — на 1 сутки больше.

В древнем Египте в V тысячелетии до н. э. был введен календарь, который был согласован со сменой времен года и состоял из 12 месяцев по 30 дней в каждом и дополнительных 5 дней в конце года. Такой календарь давал ежегодно отставание в $\frac{1}{4}$ суток, или 1 год за 1460 лет.

Непосредственный предшественник современного календаря был разработан в Древнем Риме по приказу императора Юлиа Цезаря и потому получил название юлианского. Год согласно этому календарю состоял из 12 месяцев, содержащих 365 или 366 суток. Лишние сутки добавлялись каждые четыре года, такие года получили название високосных.

С учетом високосных лет продолжительность года по юлианскому календарю отличалась от продолжительности тропического года всего на 11 минут 14 секунд, что давало ошибку в 1 сутки за 128 лет или 3 суток примерно за 400 лет. Юлианский календарь был принят в качестве христианского в 325 г. н. э., и ко второй половине XVI века расхождение достигло уже 10 суток.

Для того чтобы исправить положение дел, папа римский Григорий XIII в 1582 г. ввел «новый стиль», календарь, названный по его имени григорианским. Для того чтобы уменьшить отличие календарного года от тропического, было решено каждые 400 лет выбрасывать из счета 3 суток путем сокращения числа високосных лет. Простыми, не високосными условились считать все годы столетий, за исключением тех, у которых число столетий делится на 4 без остатка. Високосным считался 1600 г., високосным будет и предсто-

ящий на рубеже XXI века 2000 г. В то же время 1700, 1800 и 1900 г. были простыми.

В России новый стиль был введен только с 1 февраля 1918 г. К этому времени между ним и старым стилем накопилась разница в 13 дней. Эта разница сохранится до 2100 г., который по старому стилю должен был бы считаться високосным, а по новому — простым. Различие между старым и новым стилем обычно указывается, когда мы имеем дело с событиями, относящимися к прошлому. Так, например, мы говорим, что К. Э. Циолковский родился 5 (17) сентября 1857 г.

Год по григорианскому календарю оказывается в среднем на полминуты длиннее тропического, так что расхождение за 400 лет составляет всего 2 часа 53 минуты, или сутки за 3300 лет.

Нумерация лет как по новому, так и по старому стилю ведется от года рождения Христа. В России новая эра была введена указом Петра I, согласно которому после 31 декабря 7208 г. «от сотворения мира» наступило 1 января 1700 г.

§ 12. ОРИЕНТИРОВАНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЙ НА МЕСТНОСТИ

Видимую часть земной поверхности — круг, в центре которого находится наблюдатель, называют *горизонтом*. Линия, по которой небо соприкасается с землей, — это *линия горизонта*. На открытой местности линия горизонта кажется наблюдателю окружностью, в центре которой он находится, а на закрытой — замкнутой кривой, обходящей видимые препятствия.

Сориентироваться на местности — это значит найти основные и промежуточные стороны горизонта: север, запад, северо-запад и т. д.

Известно много способов определения сторон горизонта: по солнцу, Полярной звезде и др. В полдень солнце находится на юге, поэтому тень, отбрасываемая предметами, — полуденная линия и указывает направление местного меридиана. Если в это время встать спиной к солнцу, а лицом по направлению к тени, то впереди будет север, сзади — юг, слева — запад и т. д. Определить страны света можно и по ручным часам (с циферблатом). Для этого часы кладут на ладонь так, чтобы часовая стрелка указывала на то место горизонта, над которым находится солнце. Если угол между

часовой стрелкой и направлением на цифру 1 разделить пополам, то эта биссектриса покажет направление «север — юг» (рис. 10).

Для того чтобы определить стороны горизонта ночью, надо отыскать на звездном небе Полярную звезду, она всегда находится на севере (рис. 11). Менее надежно ориентирование по форме крон одиноко стоящих деревьев, годичным кольцам на пнях, расположению муравейников и т. д.

Достаточно надежно можно ориентироваться в лесу по квартальным столбам и просекам. Квартальные просеки всегда проходят в направлении север—юг, запад—восток.

Быстрее, проще и надежнее всего ориентироваться по компасу. Для этого надо компас положить горизонтально и совместить северный конец магнитной стрелки с буквой «С» или цифрой «0» на месте. В этом положении стрелка компаса покрывает направление местного меридиана. При этом необходимо проследить, чтобы рядом с компасом не оказалось металлических, железных, стальных или чугунных предметов, иначе показания могут быть искажены.

С помощью компаса осуществляется передвижение по азимуту на местности. *Азимут* — это угол между направлением на север и направлением на заданный объект (рис. 12).

В повседневной жизни человеку иногда приходится не только ориентироваться на местности, но и определять расстояния между различными точками. Есть много способов определения расстояний: на глаз, шагами, шаговым циркулем, с помощью веревки, рулетки, мерной ниткой и т. д.

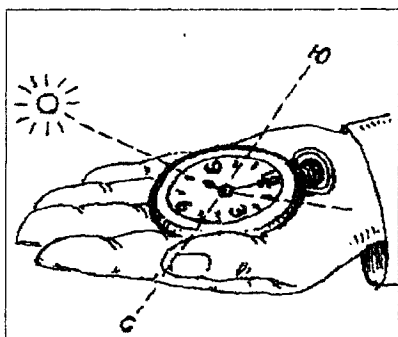


Рис. 10. Определение сторон горизонта по Солнцу и часам



Рис. 11. Определение местоположения Полярной звезды на небосводе

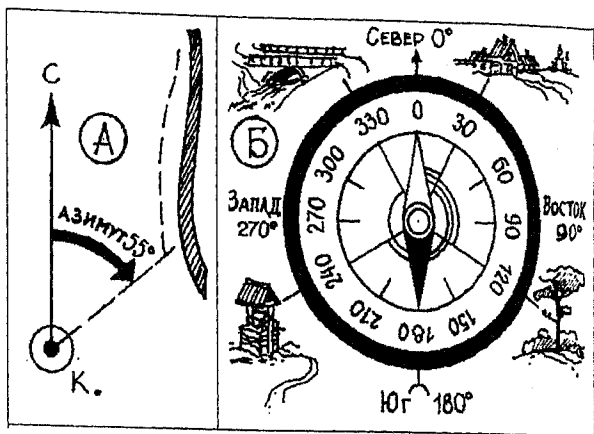


Рис. 12. Определение азимута по компасу

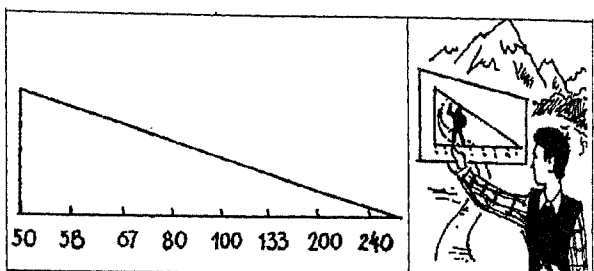


Рис. 13. Определение расстояния с помощью простейшего дальномера

Для того чтобы определять расстояния на глаз, необходимо постоянно в этом тренироваться, и все равно ошибка в определении будет очень велика. При определении расстояния дальномером (рис. 13) надо знать высоту или длину предмета, расстояние до которого мы хотим узнать. Для этого берут дальномер или обычную линейку и, держа их на вытянутой руке, определяют, сколько делений закрывает предмет. Далее, зная количество делений на линейке, длину руки и высоту предмета, вычисляют расстояние.

Чтобы измерить расстояние шагами, надо знать длину шага, которую определяют так: отмеряют определенное расстояние, обычно 100 м, и несколько раз его проходят, считая шаги. Затем вычисляют среднее число шагов.

Нередко, например, при составлении чертежей местности измеренные расстояния и направления на предметы приходится наносить на лист бумаги. Для этого расстояние уменьшают с помощью масштаба. *Масштаб* показывает, во сколько раз реальное расстояние уменьшено на чертеже.

Различают три вида масштабов: численный, именованный и линейный. Численный масштаб всегда записывается в виде отношения 1:100, 1:10 000, 1: 30 000 и т. д., он показывает, сколько сантиметров на местности соответствует 1 см на чертеже.

Для большей наглядности численный масштаб переводят в именованный, в данном случае это: в 1 см — 1 м, в 1 см — 100 м, в 1 см — 300 м.

Линейный масштаб представляет собой прямую линию, на которую нанесены сантиметровые и миллиметровые деления. Пользуясь этим масштабом, можно мгновенно измерять расстояния между объектами, нанесенными на план местности (рис. 14).

Для планов местности характерны следующие признаки: направление север — юг показано стрелкой, чаще всего это направление совпадает с обрезом листа (т. е. сверху вниз); масштаб плана везде одинаков; предметы наносят условными знаками; на плане нет координатной сетки.

§ 13. ГЛОБУС И ГРАДУСНАЯ СЕТЬ

Глобус — уменьшенная модель земного шара. Он наглядно демонстрирует шарообразность Земли и дает правильное представление о положении на земном шаре полюсов и экватора, меридианов и параллелей, а также морей, материков и океанов, островов и крупных форм рельефа. Изображение Земли на глобусе равномасштабно — линейные размеры объектов земной поверхности даются на нем с одинаковым уменьшением. Изображение также равноугольно (очертания фигур на глобусе подобны действительным очертаниям на земной поверхности) и равновелико (площади всех объектов, показанных на глобусе, пропорциональны их действительным площадям на земном шаре).

Первым глобусом считают глобус, изготовленный немецким географом М. Бехаймом в 1492 г. Теперь он хранится в музее в Нюрнберге. В XVII и XVIII веках глобусами пользовались на судах дальнего плавания, где они заменяли карты.

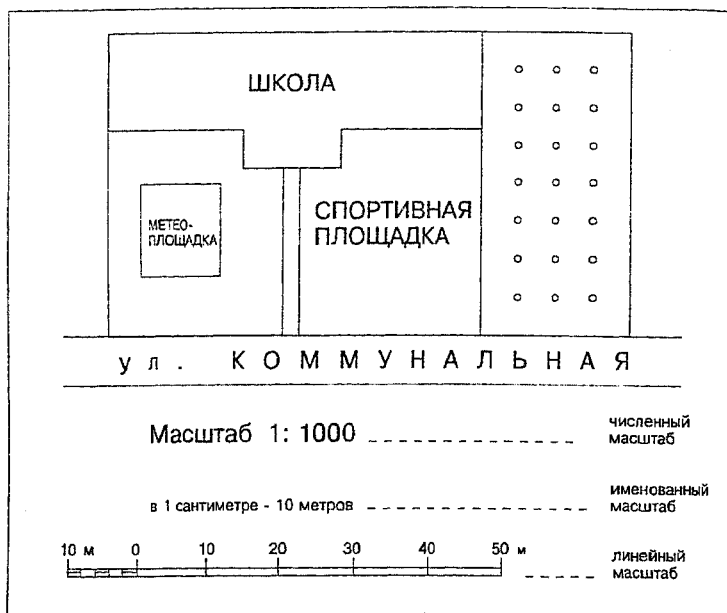


Рис. 14. Численный, именованный и линейный масштаб

Наряду с достоинствами у глобуса имеется существенный недостаток: он изготавливается только в мелком масштабе. Глобус такого масштаба, в котором обычно составляют стенную карту России, имел бы диаметр, равный 2,55 м. Пользоваться таким глобусом было бы неудобно.

На глобусе нанесены меридианы и параллели.

Меридианы — это линии на глобусе и картах, соединяющие полюса. Поэтому каждый меридиан составляет половину окружности земного шара, а все они имеют одинаковую длину. Меридианов можно провести бесчисленное множество. Начальный меридиан проходит через Гринвическую обсерваторию около Лондона. От него счет ведется на восток и запад до 180°, где проходит граница западного и восточного полушарий.

Параллели на глобусе наносятся параллельно экватору. Экватор — это линия пересечения земной поверхности с плоскостью, проходящей через центр Земли перпендикулярно ее оси и делящей земной шар на два полушария: северное и южное. Параллелей, как и меридианов, можно провести бесчисленное множество. Параллели в отличие от меридианов

имеют разную длину, которая постепенно уменьшается к полюсам. Так, самая длинная параллель — экватор — имеет длину 40075,7 км, параллель 30° — 30056,8 км, 60° — 20037,8 км.

Меридианы и параллели, нанесенные на глобус и карту, составляют *градусную сеть*. По ней определяют точное положение каждого пункта на Земле, для чего вводят понятия «долгота» и «широта». Под *географической долготой* понимают угол между плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана данного пункта. Долготу выражают в градусах от начального меридиана: к востоку от него долгота восточная, к западу — западная. Поскольку счет ведется от начального меридиана, долгота может быть от 0 до 180° .

Географическая широта точки — это угол между плоскостью экватора и отвесной линией в данном месте. Она также измеряется в градусах, причем отсчет ведется от экватора к северу и к югу (от 0 до 90°), соответственно широты могут быть северными и южными. Расстояние от экватора до полюса — это четверть окружности земного шара (90°), а длина дуги меридиана в 1° составит 111 км, увеличиваясь от экватора к полюсам (вследствие сплюснутости Земли). Длина дуги параллели в 1° у экватора составляет 110,6 км, а в районе Полярного круга — 111,7 км.

Географические координаты любой точки на Земле можно точно определить, вычислив ее широту и долготу.

Широту в северном полушарии можно определить по высоте Полярной звезды. Полярная звезда находится около Полюса мира, не совпадая с ним на $55'$. Таким образом, на Северном полюсе она находится почти вертикально над головой, т. е. под углом 90° . При удалении от полюса высота Полярной звезды уменьшается, на экваторе ее уже не видно. Высоту Полярной звезды можно приблизительно определить при помощи транспортира с отвесом, величина этого угла соответствует широте местности.

Географическую долготу можно узнать путем определения разницы во времени. Как вы уже знаете (см. § 11), полный оборот вокруг оси Земля совершает в течение 24 ч, проходя за это время путь в 360° , т. е. за 1 ч она поворачивается на 15° , а на 1° — за 4 мин. Зная время на нулевом меридиане и местное время, можно определить их разницу, а по этой разнице — долготу. Например, если в 16 ч 30 мин по местному времени на нулевом меридиане 12 ч, разница будет 4 ч 30 мин, это составит 270 мин. Разделим $270:4 = 67^\circ 30'$. Следовательно, долгота нашего пункта $67^\circ 30'$.

§ 14. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ

В повседневной жизни более удобно пользоваться не глобусом, а картами.

Географическая карта — это уменьшенное и обобщенное изображение на плоскости земной поверхности, географические объекты которой переданы условными знаками.

Карты необходимы для изучения земной поверхности, а также природных и общественных объектов.

Географические карты классифицируются по содержанию, территориальному охвату, масштабу, назначению.

По территориальному признаку карты делят на мировые, карты океанов и морей, материков и их крупных частей, карты государств, областей, районов.

По масштабу географические карты делят на крупномасштабные, построенные в масштабах крупнее 1:200 000, мелкомасштабные, построенные в масштабах мельче 1:1 000 000, и среднемасштабные, построенные в масштабах от 1: 200 000 до 1: 1 000 000 включительно.

Наиболее распространены *общегеографические* карты, отображающие формы рельефа и естественный покров земной поверхности, гидрографию, населенные пункты, пути сообщения, границы.

Прочие географические карты называют *тематическими*. На них более подробно показаны какие-либо элементы, входящие в содержание общегеографической карты, например рельеф, пути сообщения, или изображены климатические пояса, давление воздуха, расселение животных и т. п., отсутствующие на общегеографической карте.

По назначению выделяют карты учебные, туристские, справочные и др.

Географические карты составляют, используя результаты съемок местности (топографические, геологические) либо посредством обработки и синтеза разнообразных источников.

У крупномасштабных топографических карт масштаб сохраняется неизменным во всех частях карты. Рельеф на этих картах показан при помощи горизонталей — линий, соединяющих точки, лежащие на одной и той же высоте над уровнем моря.

На мелкомасштабных картах при этом неизбежно возникают искажения площадей (размеров), углов (очертаний) и длин (расстояний), поскольку поверхность шара нельзя развернуть

на плоскости без разрывов. Для того чтобы составлять мелко-масштабные карты, применяют картографические проекции.

Картографическая проекция — это способ развертки на плоскости поверхности земного шара при составлении карт.

В зависимости от характера искажений проекции разделяют на *равноугольные*, при использовании которых сохраняется правильность очертаний изображаемых объектов (материков, океанов, морей), но сильно искажаются размеры площадей; *равноплощадные*, когда сохранены правильные размеры площадей, но искажены очертания; *произвольные*, искажающие углы (формы) и площади. Выбор проекции определяется положением и размерами изображаемой территории, содержанием карты и ее назначением. Например, при составлении политической карты Западной Европы нужно подобрать такую проекцию, которая бы не искажала площади, чтобы, глядя на карту, можно было сравнивать по территории отдельные государства.

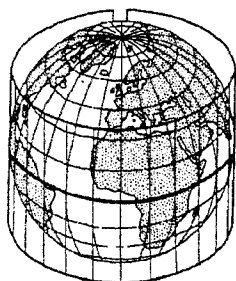
В зависимости от способа переноса градусной сети с глобуса на карту различают четыре вида картографических проекций (рис. 15): цилиндрические, азимутальные, конические и произвольные, или условные.

При *цилиндрической* проекции на глобус надевают цилиндр, на внутреннюю сторону которого наносят градусную сеть с географическими объектами. Если цилиндр развернуть, то меридианы и параллели образуют сеть прямоугольников. С наименьшими искажениями будет нанесена та территория, которая непосредственно соприкасалась со стенкой цилиндра. Если соединить эти точки, образуется линия нулевых искажений, а чем дальше от нее, тем искажения больше.

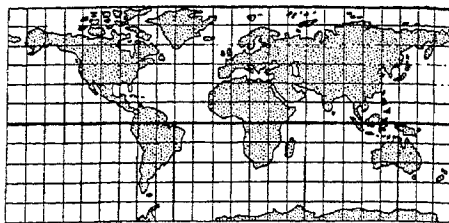
Конические проекции строят при помощи конуса. Конус надевают на глобус и на его внутреннюю стенку проектируют градусную сеть со всеми географическими объектами.

В конической проекции часто изображают материки, отдельные государства. В этой же проекции обычно составляют учебные карты России. Углы и площади на таких картах искажены незначительно. Масштаб карты остается неизменным по одной параллели, где проходит нулевая линия искажения, а к северу и к югу от этой линии масштаб меняется, соответственно искажения увеличиваются.

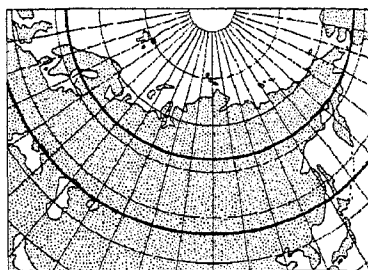
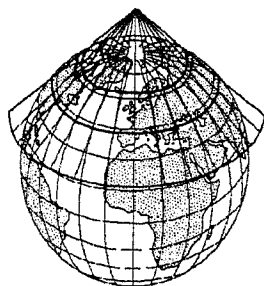
Азимутальными называют такие проекции, когда градусная сеть переносится с глобуса на плоскость непосредственно, без использования промежуточных фигур, т. е. цилиндра или конуса. Эти проекции чаще всего используют при составлении карт полушарий, Арктики и Антарктики.



1



2



3

Рис. 15. Построение цилиндрической (1), конической (2) и азимутальных (3) проекций

Если градусную сеть спроектировать на две плоскости, касающиеся глобуса в противоположных точках, то получится карта полушарий, изготовленная в азимутальной экваториальной проекции. Карта в этой проекции сильно искажает очертания и расстояния. Параллели на этой карте непараллельны друг другу и экватору, а длина среднего меридиана в 1,5 раза меньше западного или восточного.

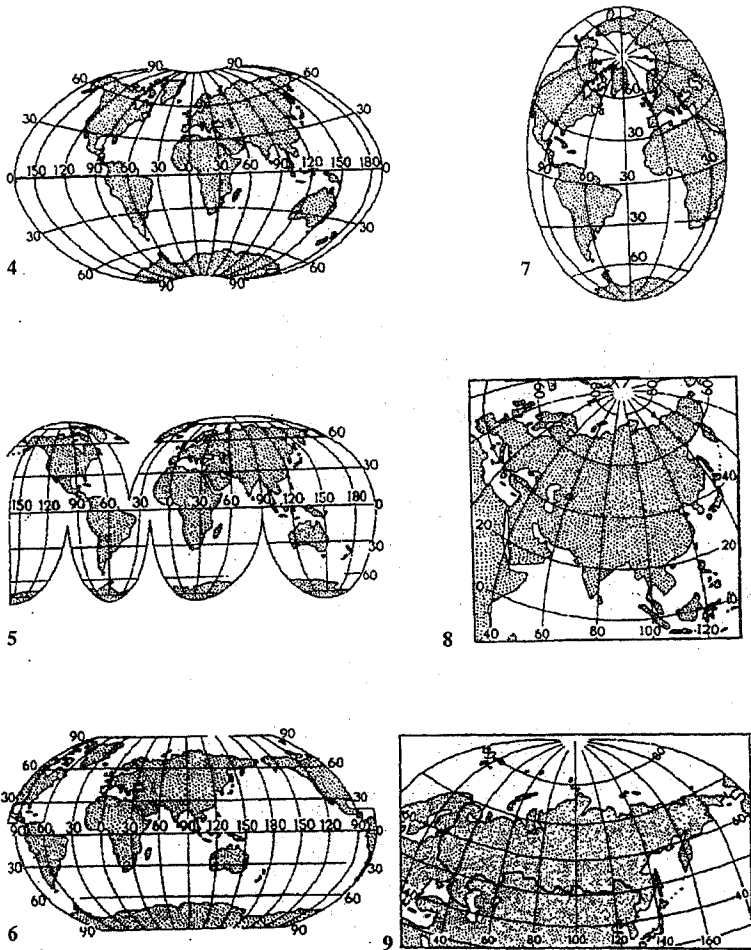


Рис. 15а. Некоторые другие картографические проекции:

4. Поликоническая. Применяется для изображения материков.
5. Проекция с разрывами. Имеет малые искажения в пределах материков.
6. Псевдоцилиндрическая. Удобна для изображения океанов.
7. Условная овальная. Для Атлантического и Северного Ледовитого океанов.
8. Косая азимутальная. Для карты Азии с сопредельными районами.
9. Косая перспективно-цилиндрическая. Для карты России.

Если плоскость поместить к полюсу и нанести на нее градусную сеть, то параллели будут выглядеть как концентрические окружности, а меридианы — прямые линии, расходящиеся от полюса. Эта проекция получила название азимутальной полярной. На картах, изготовленных в этой проекции, очертания объектов сильно искажены.

III. ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ И РЕЛЬЕФ ЗЕМЛИ

Знания о внутреннем строении Земли пока очень поверхностны, так как получены на основании косвенных доказательств. Прямые свидетельства относятся только к поверхностной пленке планеты, чаще всего не превышающей полутора десятков километров. В целом же о внутреннем строении нашей планеты мы знаем меньше, чем о ближнем Космосе, исследуемом с помощью спутников и космических кораблей.

Вместе с тем изучение внутреннего строения Земли жизненно важно. С ним связаны образование и размещение многих видов полезных ископаемых, рельефа земной поверхности, возникновение вулканов и землетрясений. Знания о внутреннем строении Земли необходимы и для составления геологических и географических прогнозов.

§ 15. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ЗЕМЛИ

При исследовании внутреннего строения нашей планеты чаще всего проводят визуальные наблюдения естественных и искусственных обнажений горных пород, бурение скважин и сейсмическую разведку.

Обнажение горных пород — это выход пород на земную поверхность в оврагах, долинах рек, карьерах, шахтных выработках, на склонах гор. Породы в обнажении обычно скрыты тонким слоем осыпи, поэтому прежде всего его очищают от лишнего материала. При изучении обнажения обращают внимание на то, какими породами оно сложено, каковы состав и мощность этих пород, порядок их залегания (рис. 16). Обнажение тщательно описывают, зарисовывают или фотографируют. Из каждого пласта берут пробы для дальнейшего изучения в лаборатории. Лабораторный анализ проб необходим для того, чтобы определить химический состав пород, их происхождение и возраст.

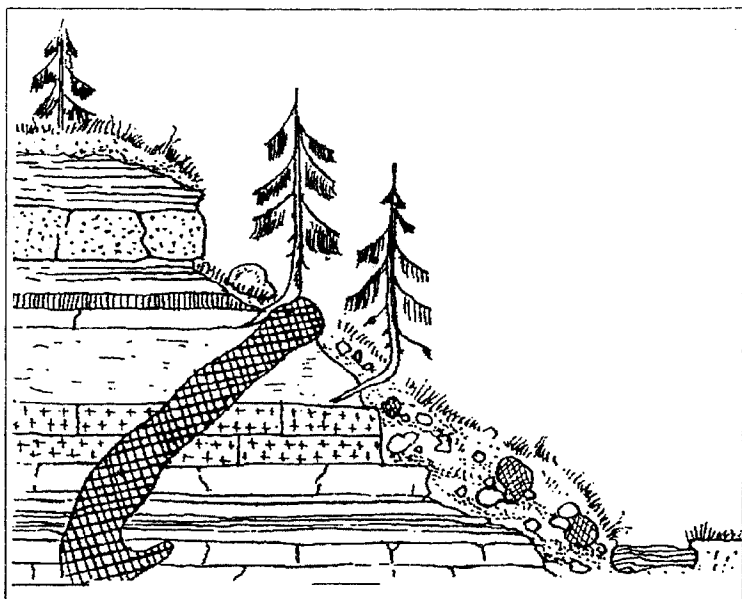


Рис. 16. Схема обнажения горизонтально залегающих горных пород, прорезанных вулканической жилой

Бурение скважин позволяет глубже проникнуть в толщу земли. При бурении извлекают образцы пород — *керна*. А затем на основании изучения керн определяют состав, строение, залегание пород и строят чертеж пробуренной толщи — *геологический разрез* местности. Сопоставление многих разрезов дает возможность установить, как залегают породы, и составить геологическую карту территории.

При изучении внутреннего строения Земли особенно велико значение глубоких и сверхглубоких скважин. Самая глубокая скважина находится на Кольском полуострове, где бур достиг отметки более 12 км.

Недостаток и наблюдения обнажений, и буровых работ состоит в том, что они позволяют изучить только тонкую пленку земной поверхности. Так, глубина даже Кольской сверхглубокой скважины составляет менее 0,25 % радиуса Земли.

Сейсмический метод дает возможность «проникнуть» на большие глубины.

В основе этого метода лежит представление о том, что *сейсмические волны* (от греческого *сеймос* — волна, колебание) в средах разной плотности распространяются с не-

одинаковой скоростью: чем плотнее среда, тем больше скорость. На границе двух сред часть волн отражается и, подобно кругам на воде, идет обратно, а другая — распространяется дальше.

Искусственно возбуждая волны на поверхности земли путем взрывов, сейсмологи фиксируют время, за которое отраженные волны вернулись назад. Для этих целей применяется прибор-самописец — *сейсмограф*.

Различают два вида сейсмических волн — продольные и поперечные. *Продольные* распространяются во всех средах — твердых, жидких и газообразных, а *поперечные* только в твердой среде.

Зная, с какой скоростью распространяются волны в песках, глинах, гранитах, базальтах и других породах, по времени их прохождения «туда и обратно» можно определить глубину залегания пород, различающихся по плотности.

§ 16. ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Если бы Земля была однородным телом, то сейсмические волны распространялись бы с одинаковой скоростью, прямолинейно и не отражались.

В действительности же скорость волн неодинакова и изменяется скачкообразно. Так, на глубине около 60 км их скорость «неожиданно» увеличивается с 5 до 8 км/с. На отметке 2900 км она возрастет до 13 км/с, затем вновь падает до 8 км/с. Ближе к центру Земли зафиксировано возрастание скорости продольных волн до 11 км/с. Поперечные волны глубже 2900 км не проникают.

Резкое изменение скорости сейсмических волн на глубинах 60 и 2900 км позволило сделать вывод о скачкообразном увеличении плотности вещества Земли и выделить три ее части — литосферу, мантию и ядро.

Поперечные волны проникают до глубины 4000 км и затухают, что свидетельствует о том, что ядро Земли неоднородно по плотности и внешняя его часть «жидкая», а внутренняя представляет собой твердое тело (рис. 17).

Литосфера. Литосфера (от греческого *литос* — камень и *сфера* — шар) — верхняя, каменная оболочка твердой Земли, имеющая сферическую форму. Глубина литосферы достигает более 80 км, в нее включают и верхнюю мантию — *астеносферу*, служащую субстратом, на котором расположе-

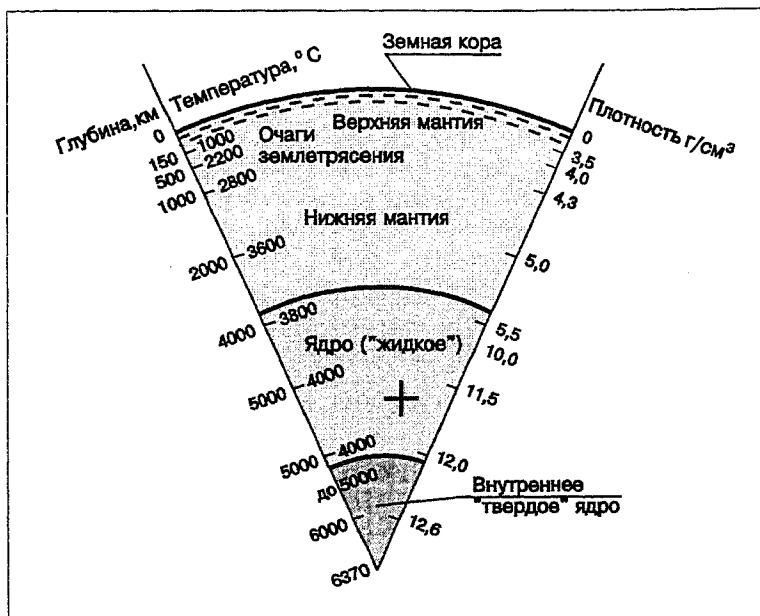


Рис. 17. Внутреннее строение Земли

на основная часть литосферы. Вещество астеносферы находится в пластическом (переходном между твердыми телами и жидкостью) состоянии. В результате основание литосферы как бы плавают в субстрате верхней мантии.

Земная кора. Верхнюю часть литосферы называют земной корой. Внешняя граница земной коры — поверхность ее соприкосновения с гидросферой и атмосферой, нижняя проходит на глубине 8—75 км и называется слоем или *разделом Мохоровичича*¹.

Положение земной коры между мантией и внешними оболочками — атмосферой, гидросферой и биосферой — обуславливает воздействие на нее внешних и внутренних сил Земли.

Строение земной коры неоднородно (рис. 18). Верхний слой, мощность которого колеблется от 0 до 20 км, сложен осадочными породами — песком, глиной, известняками и др.

¹ Мохоровичич — сербский ученый, в 1909 г. установивший изменение скорости сейсмических волн в основании земной коры.

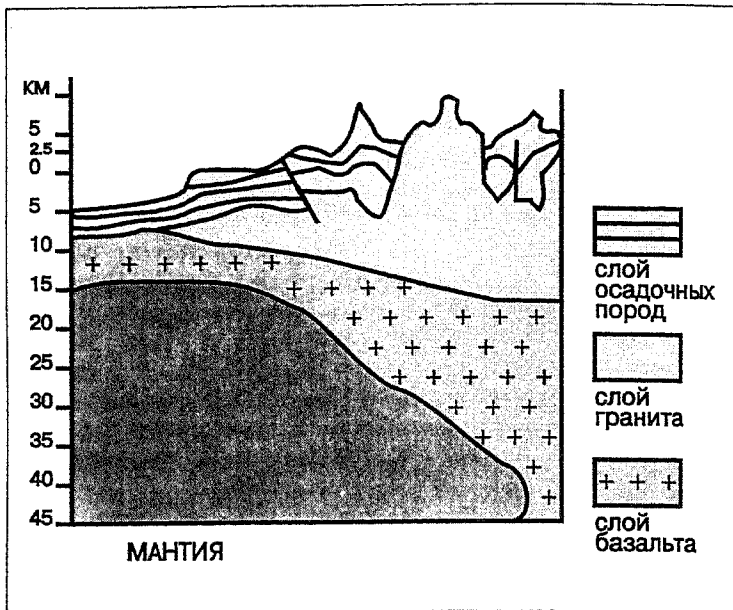


Рис. 18. Строение земной коры

Это подтверждают данные, полученные при изучении обнажений и керна буровых скважин, а также результаты сейсмических исследований: породы эти рыхлые, и скорость прохождения сейсмических волн невелика. Ниже, под материками, расположен гранитный слой, сложенный породами, плотность которых соответствует плотности гранита. Скорость прохождения сейсмических волн в этом слое, как и в гранитах, составляет 5,5 — 6 км/с. Под океанами «гранитный» слой отсутствует, а на материках в некоторых местах он выходит на дневную поверхность.

Еще ниже расположен слой, в котором сейсмические волны распространяются со скоростью 6,5 км/с.

Эта скорость характерна для базальтов, поэтому, несмотря на то что слой сложен разными породами, его называют базальтовым.

Граница между гранитным и базальтовым слоями называется поверхностью Конрада¹. Этому разделу соответствует скачок скорости сейсмических волн от 6 до 6,5 км/с.

¹ Названа по имени австрийского геофизика В. Конрада.

В зависимости от строения и мощности выделяют два вида коры — *материковую* и *океаническую*. Под материками кора содержит все три слоя — осадочный, гранитный и базальтовый. Ее мощность на равнинах достигает 15 км, а в горах увеличивается до 80 км, образуя «корни гор». Под океанами гранитный слой во многих местах вообще отсутствует и базальты покрыты тонким чехлом осадочных пород. В глубоководных частях океана мощность коры не превышает 3—5 км, а ниже залегает верхняя мантия.

Мантия — промежуточная оболочка, расположенная между литосферой и ядром Земли. Нижняя ее граница проходит предположительно на глубине 2900 км. На мантию приходится более половины объема Земли. Вещество мантии находится в перегретом состоянии и испытывает огромное давление вышележащей литосферы. Мантия оказывает большое влияние на процессы, происходящие на Земле. В верхней мантии возникают магматические очаги, образуются руды, алмазы и другие ископаемые. Отсюда же на поверхность Земли поступает внутреннее тепло. Вещество верхней мантии постоянно и активно перемещается, вызывая движение литосферы и земной коры.

Ядро. В ядре различают две части — внешнюю, до глубины 5 тыс. км, и внутреннюю, до центра Земли. Внешнее ядро жидкое, так как через него не проходят поперечные волны, внутреннее — твердое. Вещество ядра, особенно внутреннего, сильно уплотнено и по плотности соответствует металлам, почему его и называют металлическим.

§ 17. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕМЛИ

К физическим свойствам Земли относят температурный режим (внутреннюю теплоту), плотность и давление.

Внутренняя теплота Земли. По современным представлениям, Земля после ее образования была холодным телом. Затем распад радиоактивных элементов постепенно разогревал ее. Однако в результате излучения тепла с поверхности в околоземное пространство происходило ее охлаждение. Образовались относительно холодная литосфера и земная кора. На большой глубине и сегодня высокие температуры. Рост температур с глубиной можно наблюдать непосредственно в глубоких шахтах и буровых скважинах, при извержении вулканов. Так, изливающаяся вулканическая лава имеет температуру 1200—1300 °С.

На поверхности Земли температура постоянно изменяется и зависит от притока солнечного тепла. Суточные колебания температур распространяются до глубины 1—1,5 м, сезонные — до 30 м. Ниже этого слоя лежит зона постоянных температур, где они всегда остаются неизменными и соответствуют среднегодовым температурам данной местности на поверхности Земли.

Глубина залегания зоны постоянных температур в разных местах неодинакова и зависит от климата и теплопроводности горных пород. Ниже этой зоны начинается повышение температур, в среднем на 30 °С через каждые 100 м. Однако величина эта непостоянна и зависит от состава горных пород, наличия вулканов, активности теплового излучения из недр Земли. Так, в России она колеблется от 1,4 м в Пятигорске до 180 м на Кольском полуострове.

Зная радиус Земли, можно подсчитать, что в центре ее температура должна достигать 200 000 °С. Однако при такой температуре Земля превратилась бы в раскаленный газ. Принято считать, что постепенное повышение температур происходит только в литосфере, а источником внутреннего тепла Земли служит верхняя мантия. Ниже рост температур замедляется, и в центре Земли она не превышает 50 000 °С.

Плотность Земли. Чем плотнее тело, тем больше масса единицы его объема. Эталоном плотности принято считать воду, 1 см³ которой весит 1 г, т. е. плотность воды равна 1. Плотность других тел определяется отношением их массы к массе воды такого же объема. Отсюда понятно, что все тела, имеющие плотность больше 1, — тонут, меньше — плавают.

Плотность Земли в разных местах неодинакова. Осадочные породы имеют плотность 1,5 — 2 гр/см³, а базальты — более 2 гр/см³. Средняя плотность Земли составляет 5,52 гр/см³ — это в 2 с лишним раза больше плотности гранита¹. В центре Земли плотность слагающих ее пород возрастает и составляет 15—17 гр/см³.

Давление внутри Земли. Горные породы, находящиеся в центре Земли, испытывают огромное давление со стороны вышележащих слоев. Подсчитано, что на глубине всего лишь 1 км давление составляет 10⁴ гПа, а в верхней мантии оно превышает 6 · 10⁴ гПа. Лабораторные эксперименты показывают, что при таком давлении твердые тела, например мрамор, изгибаются и могут даже течь, т. е. приобретают свойства, промежуточные между твердым телом и жидкостью.

¹ Плотность гранита равна 2,6 г/см³.

Такое состояние веществ называют *пластическим*. Данный эксперимент позволяет утверждать, что в глубоких недрах Земли материя находится в пластическом состоянии.

Химический состав Земли. В Земле можно найти все химические элементы таблицы Д. И. Менделеева. Однако количество их неодинаково, распределены они крайне неравномерно. Например, в земной коре кислород (С) составляет более 50 %, железо (Fe) — менее 5 % ее массы. Подсчитано, что базальтовый и гранитный слои состоят в основном из кислорода, кремния и алюминия, а в мантии возрастает доля кремния, магния и железа. В целом же принято считать, что на 8 элементов (кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, магний, натрий, калий и водород) приходится 99,5 % состава земной коры, а на все остальные — 0,5 %. Данные о составе мантии и ядра носят предположительный характер.

§ 18. ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Земная кора только кажется неподвижной, абсолютно устойчивой. На самом же деле она совершает непрерывные и разнообразные движения. Некоторые из них происходят очень медленно и не воспринимаются органами чувств человека, другие, например землетрясения, носят обвальный, разрушительный характер. Какие же титанические силы приводят в движение земную кору?

Внутренние силы Земли, источник их происхождения. Известно, что на границе мантии и литосферы температура превышает 1500 °С. При этой температуре материя должна либо расплавиться, либо превратиться в газ. При переходе твердых тел в жидкое или газообразное состояние объем их должен увеличиваться. Однако этого не происходит, так как перегретые породы находятся под давлением вышележащих слоев литосферы. Возникает эффект «парового котла», когда стремящаяся расшириться материя давит на литосферу, приводя ее в движение вместе с земной корой. При этом чем выше температура, тем сильнее давление и тем активнее движется литосфера. Особенно сильные очаги давления возникают в тех местах верхней мантии, где концентрируются радиоактивные элементы, распад которых разогревает слагающие породы до еще более высоких температур. Движения земной коры под действием внутренних сил Земли называют *тектоническими*. Эти движения под-

разделяют на колебательные, складкообразовательные и разрывные.

Колебательные движения. Эти движения происходят очень медленно, незаметно для человека, поэтому их еще называют *вековыми* или *эпейрогеническими*. В одних местах земная кора поднимается, в других — опускается. При этом нередко поднятие сменяется опусканием, и наоборот. Проследить за этими движениями можно только по тем «следам», которые остаются после них на земной поверхности. Например, на побережье Средиземного моря, близ Неаполя, находятся развалины храма Сераписа, колонны которого источены морскими моллюсками на высоте до 5,5 м над уровнем современного моря. Это служит безусловным доказательством того, что храм, построенный в IV веке, пребывал на дне моря, а затем произошло его поднятие. Сейчас этот участок суши вновь опускается. Нередко на побережьях морей выше их современного уровня находятся ступени — морские террасы, созданные когда-то морским прибоем. На площадках этих ступеней можно найти остатки морских организмов. Это свидетельствует о том, что площадки террас когда-то были дном моря, а затем берег поднялся и море отступило.

Опускание земной коры ниже 0 м над у.м. сопровождается наступлением моря — *трансгрессией*, а поднятие — его отступлением — *регрессией*. В настоящее время в Европе поднятия происходят в Исландии, Гренландии, на Скандинавском полуострове. Наблюдениями установлено, что область Ботнического залива поднимается со скоростью 2 см в год, т. е. на 2 м в столетие. Одновременно с этим происходит опускание территории Голландии, Южной Англии, Северной Италии, Причерноморской низменности, побережья Карского моря. Признаком опускания морских побережий служит образование морских заливов в устьевых участках рек — эстуариев (губ) и лиманов.

При поднятии земной коры и отступлении моря морское дно, сложенное осадочными породами, оказывается сушей. Так образуются обширные *морские, или первичные, равнины*, например Западно-Сибирская, Туранская, Северо-Сибирская, Амазонская (рис. 19).

Складкообразовательные движения. В тех случаях, когда пласты горных пород достаточно пластичны, под действием внутренних сил происходит смятие их в складки. Когда давление направлено по вертикали, породы смещаются, а если в горизонтальной плоскости — сжимаются в складки. Форма

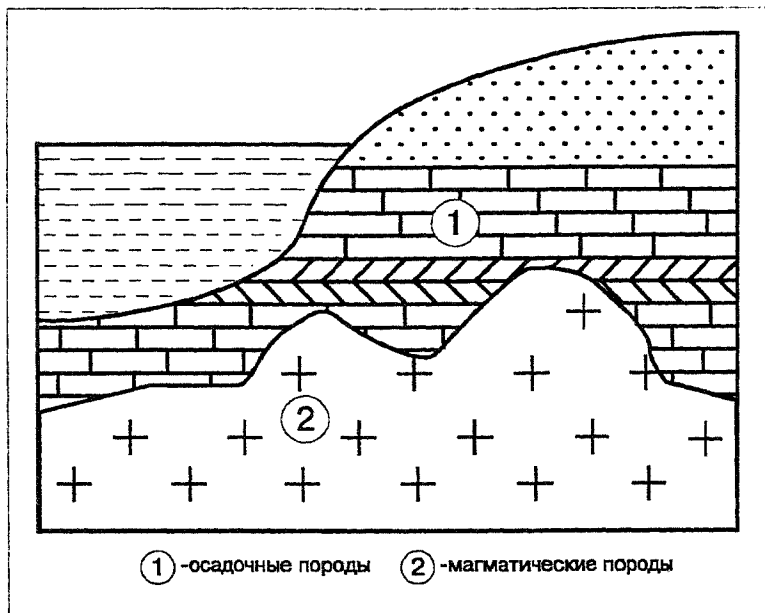


Рис. 19. Строение первичных, или морских пластовых равнин

складок бывает самой разнообразной. Когда изгиб складки направлен вниз, ее называют синклиналью, вверх — антиклиналью (рис. 20). Образуются складки на больших глубинах, т. е. при высоких температурах и большом давлении, а затем под действием внутренних сил они могут быть подняты. Так возникают *складчатые горы*: Кавказские, Альпы, Гималаи, Анды и др.

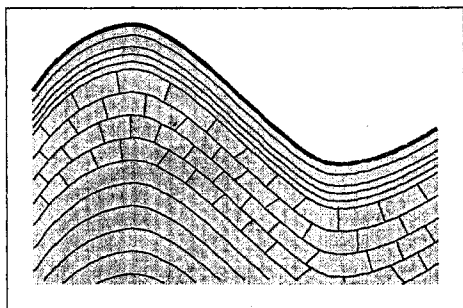


Рис. 20. Синклиальная и антиклиальная складки

(рис. 21). В таких горах складки легко наблюдать там, где они обнажены и выходят на поверхность.

Разрывные движения. Если горные породы недостаточно прочны, чтобы выдержать действие внутренних сил, в земной коре образуются трещины — разломы и происходит

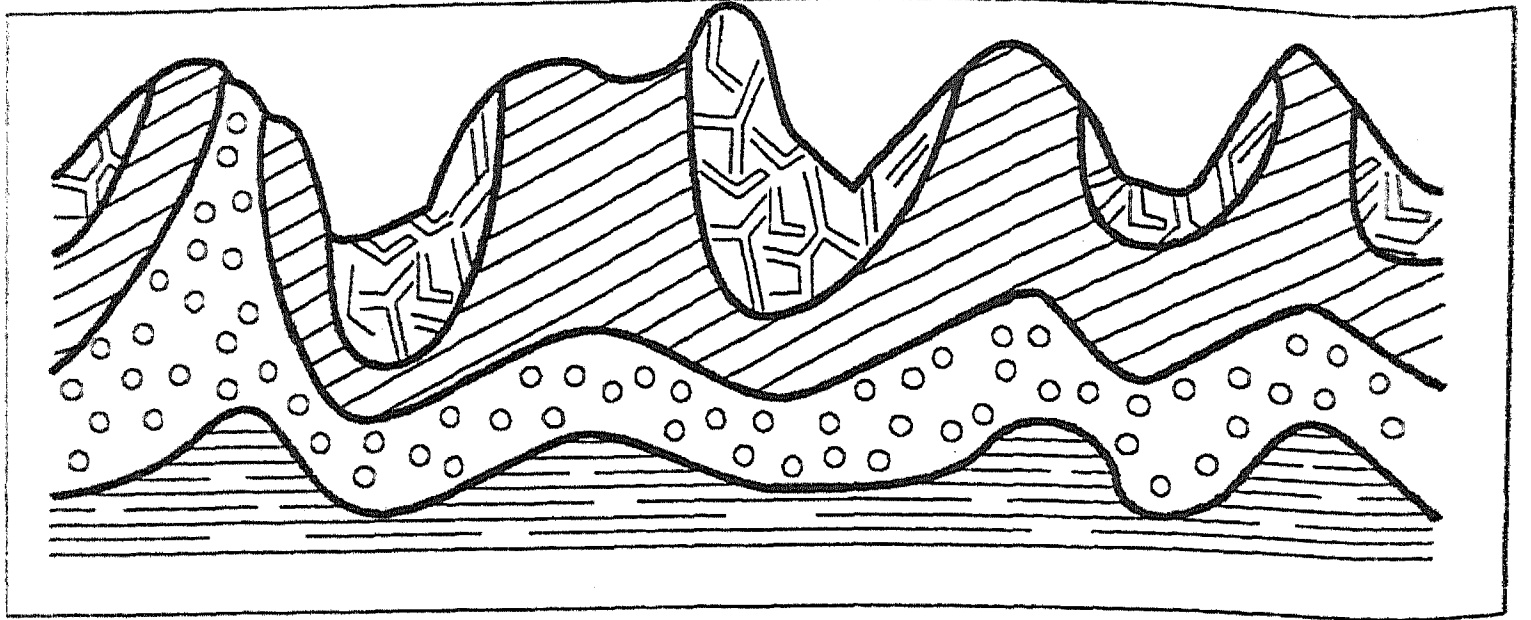


Рис. 21. Складчатые горы

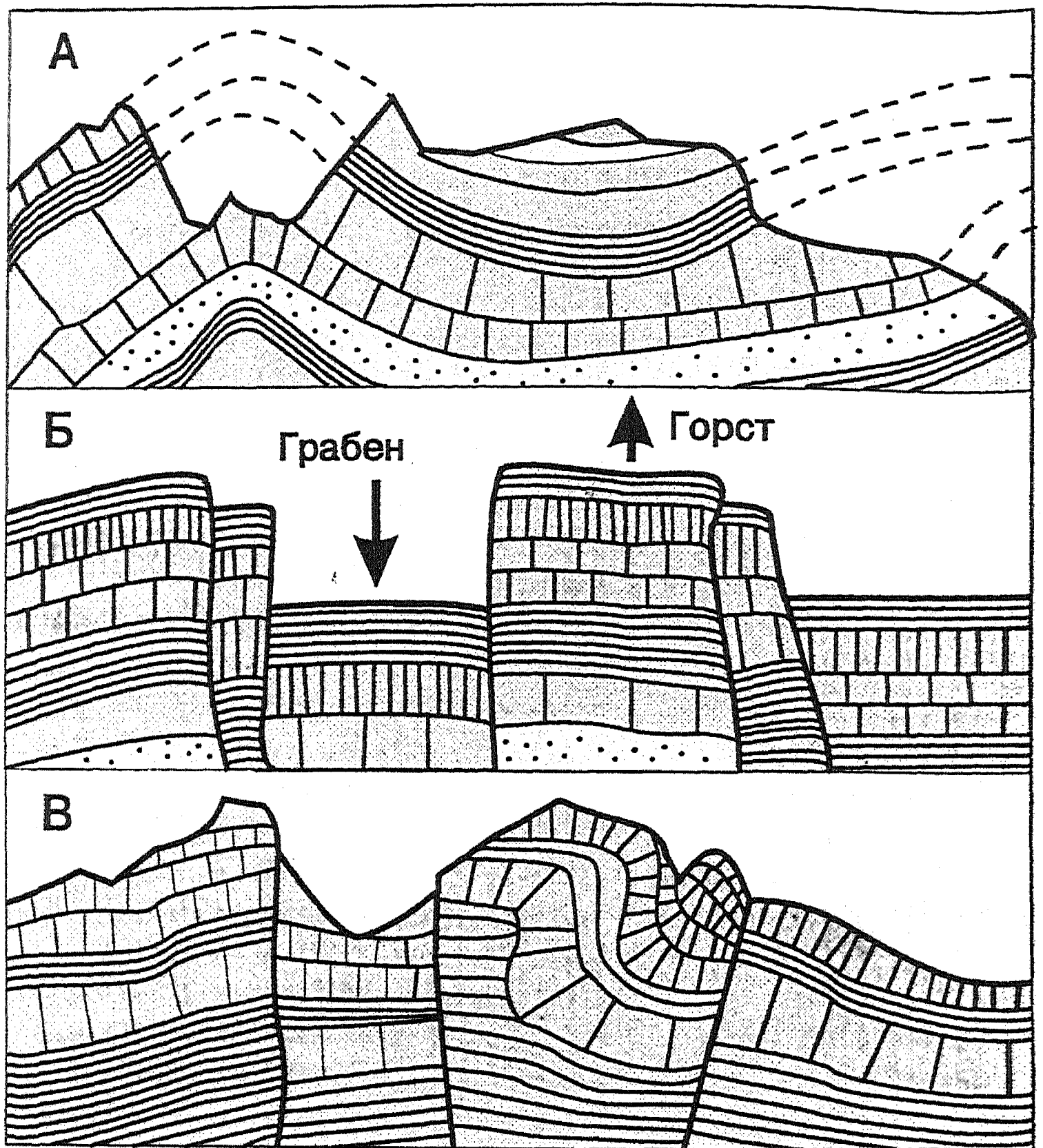


Рис. 22. Возрожденные складчато-глыбовые горы

вертикальное смещение горных пород. Опустившиеся участки называют *грабенами*, а поднявшиеся — *горстами* (рис. 22). Чередование горстов и грабенов создает *глыбовые*, или *возрожденные*, горы. Примерами таких гор служат Алтай, Саянские, Верхоянский хребет, Аппалачи в Северной Америке и многие другие. Возрожденные горы отличаются от складчатых как по внутреннему строению, так и по внешнему виду — морфологии. Склоны этих гор часто отвесные, долины, как и водоразделы, широкие, плоские. Пласты горных пород всегда смещены относительно друг друга.

Опустившиеся участки в этих горах, грабены, иногда заполняются водой, и тогда образуются глубокие озера, например Байкал и Телецкое в России, Танганьика и Ньяса в Африке.

§ 19. ВУЛКАНЫ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

При дальнейшем повышении температуры в недрах Земли горные породы, несмотря на высокое давление, расплавляются, образуя магму. При этом выделяется много газов. Это еще больше увеличивает и объем расплава, и его давление на окружающие породы. В результате очень плотная, насыщенная газами магма стремится туда, где давление меньше. Она заполняет трещины в земной коре, разрывает и приподнимает пласты слагающих ее пород. Часть магмы, не достигнув земной поверхности, застывает в толще земной коры, образуя *магматические жилы* и *лакколиты*. Иногда же магма вырывается на поверхность, и происходит ее извержение в виде лавы, газов, вулканического пепла, обломков горных пород и застывших сгустков лавы.

Вулканы. У каждого вулкана имеется канал, по которому происходит извержение лавы. Это *жерло*, которое всегда заканчивается воронкообразным расширением — *кратером*. Диаметр кратеров колеблется от нескольких сот метров до многих километров. Например, диаметр кратера Везувия — 568 м. Очень большие кратеры называют *кальдерами*. Например, кальдера вулкана Узон на Камчатке, которую заполняет озеро Кроноцкое, достигает 30 км в поперечнике.

Форма и высота вулканов зависят от вязкости лавы. Жидкая лава быстро и легко растекается и не образует горы конусообразной формы. Примером может служить вулкан Килауэа на Гавайских островах. Кратер этого вулкана представляет собой округлое озеро диаметром около 1 км, запол-

ненное клокочущей жидкой лавой. Уровень лавы, подобно воде в чаше родника, то опускается, то поднимается, выплескиваясь через край кратера.

Более широко распространены вулканы с вязкой лавой, которая, остывая, образует *вулканический конус*. Конус всегда имеет слоистое строение, которое свидетельствует о том, что излияния происходили многократно, а вулкан вырос постепенно, от извержения к извержению (рис. 23).

Высота вулканических конусов колеблется от нескольких десятков метров до нескольких километров. Например, вулкан Аконкагуа в Андах имеет высоту 6960 м.

Гор-вулканов, действующих и потухших, насчитывается около 1500. Среди них такие гиганты, как Эльбрус на Кавказе, Ключевская Сопка на Камчатке, Фудзияма в Японии, Килиманджаро в Африке и многие другие.

Большая часть действующих вулканов расположена вокруг Тихого океана, образуя Тихоокеанское огненное кольцо, и в Средиземноморско-Индонезийском поясе. Только на Камчатке известно 28 действующих вулканов, а всего их более 600. Распространены действующие вулканы законо-

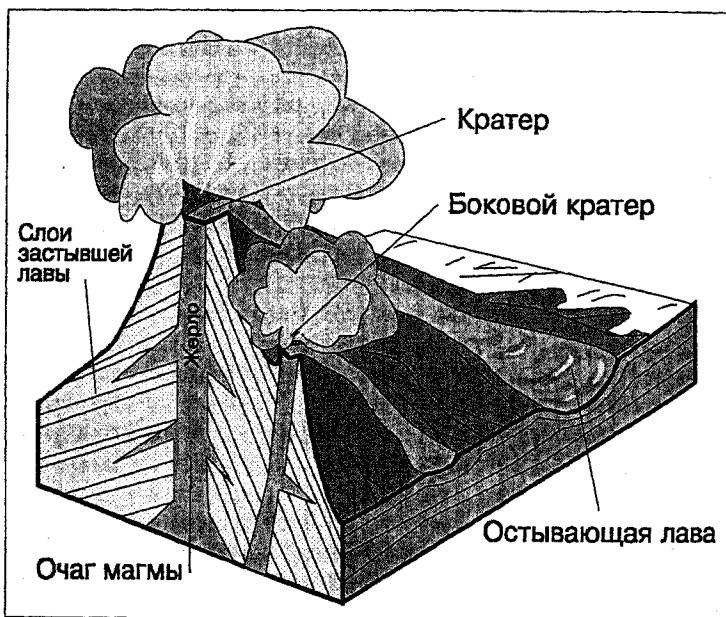


Рис. 23. Вулканический конус в разрезе

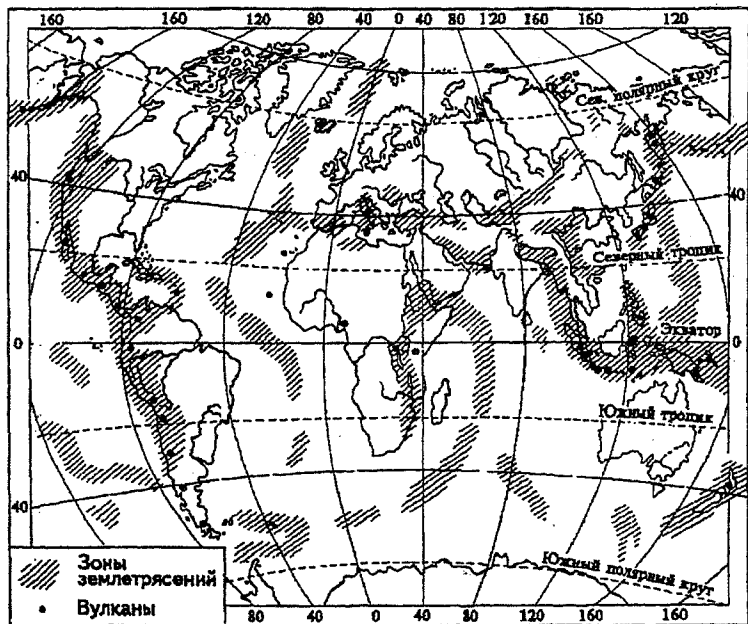


Рис. 24. Зоны вулканизма и землетрясения

мерно — все они приурочены к подвижным зонам земной коры (рис. 24).

В геологическом прошлом Земли вулканизм был более активным, чем теперь. Кроме обычных (центральных) извержений происходили трещинные излияния. Из гигантских трещин (разломов) в земной коре, протянувшихся на десятки и сотни километров, лава извергалась на земную поверхность. Создавались сплошные или пятнистые лавовые покровы, выравнивающие рельеф местности. Толща лавы достигала 1,5—2 км. Так образовались *лавовые равнины*. Примером таких равнин служат отдельные участки Среднесибирского плоскогорья, центральной части плоскогорья Декан в Индии, Армянское нагорье, плато Колумбия.

Землетрясения. Причины землетрясений бывают разные: извержение вулканов, обвалы в горах. Но наиболее сильные из них возникают в результате движений земной коры. Такие землетрясения называют *тектоническими*. Зарождаются они обычно на большой глубине, на границе мантии и литосферы. Место зарождения землетрясения называется *гипоцентром* или *очагом*. На поверхности Земли, над гипоцент-

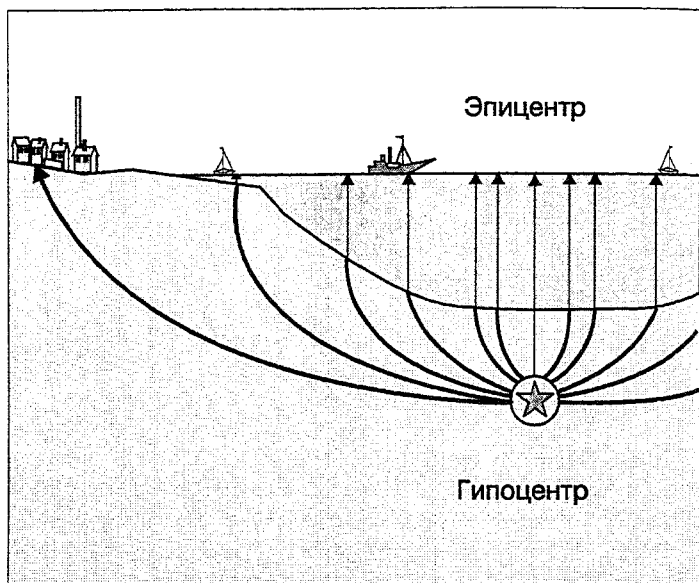


Рис. 25. Гипоцентр и эпицентр землетрясения

ром, находится *эпицентр* землетрясения (рис. 25). Здесь сила землетрясения наиболее велика, а при удалении от эпицентра она ослабевает.

Земная кора сотрясается непрерывно. В течение года наблюдается свыше 10 000 землетрясений, но большая часть из них настолько слаба, что не ощущается человеком и фиксируется только приборами.

Сила землетрясений измеряется в баллах — от 1 до 12. Мощные 12-балльные землетрясения бывают редко и носят катастрофический характер. При таких землетрясениях происходят деформации в земной коре, образуются трещины, сдвиги, сбросы, обвалы в горах и провалы на равнинах. Если они происходят в густонаселенных местах, то возникают большие разрушения и многочисленные человеческие жертвы. Крупнейшими землетрясениями в истории являются Мессинское (1908 г.), Токийское (1923 г.), Ташкентское (1966 г.), Чилийское (1976 г.) и Спитакское (1988 г.). В каждом из этих землетрясений погибли десятки, сотни и тысячи человек, а города были разрушены почти до основания.

Нередко гипоцентр находится под океаном. Тогда возникает разрушительная океаническая волна — *цунами*.

§ 20. ВНЕШНИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРЕОБРАЖАЮЩИЕ ПОВЕРХНОСТЬ ЗЕМЛИ

Одновременно с внутренними, тектоническими процессами на Земле действуют процессы внешние. В отличие от внутренних, охватывающих всю толщу литосферы, они действуют только на поверхности Земли. Глубина их проникновения в земную кору не превышает нескольких метров и лишь в пещерах — до нескольких сот метров. Источником происхождения сил, вызывающих внешние процессы, служит тепловая солнечная энергия.

Внешние процессы очень разнообразны. К ним относятся выветривание горных пород, работа ветра, воды и ледников.

Выветривание. Оно подразделяется на физическое, химическое и органическое.

Физическое выветривание — это механическое раздробление, измельчение горных пород. Происходит оно при резком изменении температуры. При нагревании порода расширяется, при охлаждении — сжимается. Так как коэффициент расширения разных минералов, входящих в породу, неодинаков, процесс ее разрушения усиливается. Вначале порода распадается на крупные глыбы, которые с течением времени измельчаются. Ускоренному разрушению породы способствует вода, которая, проникая в трещины, замерзает в них, расширяется и разрывает породу на отдельные части. Наиболее активно физическое выветривание действует там, где происходит резкая смена температуры, а на поверхность выходят твердые магматические породы — гранит, базальт, сиениты и т. д.

Химическое выветривание — это воздействие на горные породы различных водных растворов. При этом в отличие от физического выветривания нередко происходит изменение химического состава и даже образование новых горных пород. Действует химическое выветривание повсеместно, но особенно интенсивно протекает в легкорастворимых породах — известняках, гипсах, доломитах.

Органическое выветривание представляет собой процесс разрушения горных пород живыми организмами — растениями, животными и бактериями. Лишайники, например, поселяясь на скалах, истачивают их поверхность выделяемой кислотой. Корни растений также выделяют кислоту, а кроме того, корневая система действует механически, как бы разрывая породу. Дождевые черви, пропуская через себя неор-

ганические вещества, преобразуют породу и улучшают доступ в нее воды и воздуха.

Выветривание и климат. Все виды выветривания протекают одновременно, но действуют с разной интенсивностью. Зависит это не только от слагающих пород, но и, главным образом, от климата.

В полярных странах наиболее активно проявляется морозное выветривание, в умеренных — химическое, в тропических пустынях — механическое, во влажных тропиках — химическое.

Работа ветра. Ветер способен разрушать горные породы, переносить и откладывать их твердые частицы. Чем сильнее ветер и чем чаще он дует, тем большую работу он способен производить. Там, где на поверхность земли выходят скалистые обнажения, ветер бомбардирует их песчинками, постепенно стирая и разрушая даже самые твердые породы. Менее устойчивые породы разрушаются быстрее, возникают специфические, *эоловые формы рельефа* — каменные кружева, эоловые грибы, столбы, башни.

В песчаных пустынях и по берегам морей и крупных озер ветер создает специфические формы рельефа — барханы и дюны.

Барханы — это подвижные песчаные холмы серповидной формы. Наветренный склон их всегда пологий ($5-10^\circ$), а подветренный — крутой — до $35-40^\circ$ (рис. 26). Образование барханов связано с торможением ветрового потока, несущего песок, которое происходит из-за каких-либо препятствий — неровностей поверхности, камней, кустов и т. д. Сила ветра ослабевает, и начинается отложение песка. Чем постояннее ветры и чем больше песка, тем быстрее растет бархан. Наи-

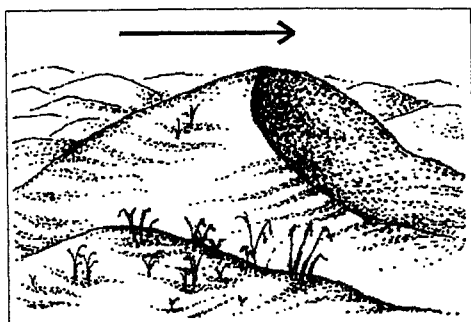


Рис. 26. Строение бархана (стрелкой показано направление ветра)

более высокие барханы — до 120 м — обнаружены в пустынях Аравийского полуострова.

Передвигаются барханы по направлению ветра. Ветер гонит песчинки по пологому склону. Достигнув гребня, ветровой поток завихряется, скорость его уменьшается, песчинки выпадают и скатываются по крутому подветренному склону. Это обуславливает перемещение всего бархана со скоростью до 50—60 м в год. Передвигаясь, барханы могут засыпать оазисы и даже целые поселки.

На песчаных пляжах развеваемые пески образуют *дюны*. Они тянутся вдоль берега в виде громадных песчаных гряд или холмов высотой до 100 м и более. В отличие от барханов они не имеют постоянной формы, но также могут передвигаться в направлении от пляжа в глубь суши. Для того чтобы остановить движение дюн, высаживают древесно-кустарниковые растения, в первую очередь — сосны.

Работа снега и льда. Снег, особенно в горах, выполняет значительную работу. На склонах гор накапливаются огромные массы снега. Время от времени они срываются со склонов, образуя снежные лавины. Такие лавины, двигаясь с огромной скоростью, захватывают обломки скал и увлекают вниз, сметая все на своем пути. За грозную опасность, которую несут снежные лавины, их называют «белой смертью».

Твердый материал, который остается после таяния снега, образует громадные каменные бугры, перегораживающие и заполняющие межгорные впадины.

Еще бóльшую работу выполняют *ледники*. Они занимают на Земле громадные площади — более 16 млн км², что составляет 11 % площади суши.

Различают ледники материковые, или покровные, и горные. *Материковые* льды занимают огромные площади в Антарктиде, Гренландии, на многих полярных островах. Толщина льда материковых ледников неодинакова. Например, в Антарктиде она достигает 4000 м. Под действием громадной тяжести лед сползает в море, обламывается, и образуются *айсберги* — ледяные плавающие горы.

У *горных* ледников различают две части — области питания или накопления снега и таяния. Накапливается снег в горах выше *снеговой линии*. Высота этой линии в разных широтах неодинакова: чем ближе к экватору, тем выше снеговая линия. В Гренландии, например, она лежит на высоте 500—600 м, а на склонах вулкана Чимборасо в Андах — 4800 м.

Выше снеговой линии снег накапливается, уплотняется и постепенно превращается в лед. Лед обладает пластическими свойствами и под давлением вышележащих масс начинает скользить по склону вниз. В зависимости от массы ледника, его насыщенности водой и крутизны склона скорость движения колеблется от 0,1 до 8 м в сутки.

Двигаясь по склонам гор, ледники выпахивают рытвины, сглаживают выступы скал, расширяют и углубляют долины. Обломочный материал, который ледник захватывает при своем движении, при таянии (отступлении) ледника остается на месте, образуя ледниковую морену. *Морена* — это груды обломков скал, валунов, песка, глины, оставленные ледником. Различают морены донные, боковые, поперечные, срединные и конечные.

Горные долины, по которым когда-либо проходил ледник, легко отличить: в этих долинах всегда обнаруживаются остатки морен, а форма их напоминает корыто. Такие долины называют *трогами*.

Работа текучих вод. К текучим водам относятся временные дождевые потоки и талые снеговые воды, ручьи, реки и подземные воды. Работа текучих вод, с учетом фактора времени, грандиозна. Можно сказать, что весь облик земной поверхности в той или иной мере создан текучей водой. Все текучие воды объединяет то, что они производят три вида работ: *разрушение (эрозию), перенос продуктов (транзит)* и их *отношение (аккумуляцию)*. В результате образуются разнообразные неровности на поверхности земли — овраги, борозды на склонах, обрывы, долины рек, песчаные и галечные острова и т. д., а также пустоты в толще горных пород — пещеры.

Действие силы тяжести. Все тела — жидкие, твердые, газообразные, находящиеся на Земле, притягиваются к ней. Сила, с которой тело притягивается к Земле, называется силой тяжести. Под действием этой силы все тела стремятся занять самое низкое положение на земной поверхности. В результате возникают водные потоки в реках, дождевые воды просачиваются в толщу земной коры, обрушиваются снежные лавины, движутся ледники, вниз по склонам перемещаются обломки горных пород. Сила тяжести — необходимое условие действия внешних процессов. В противном случае продукты выветривания оставались бы на месте их образования, покрывая, как плащом, нижележащие породы.

§ 21. МИНЕРАЛЫ И ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Как вы уже знаете, Земля состоит из множества химических элементов — кислорода, азота, кремния, железа и т. д. Соединяясь между собой, химические элементы образуют минералы.

Минералы. Большая часть минералов состоит из двух или нескольких химических элементов. Узнать, какое количество элементов содержится в минерале, можно по его химической формуле. Например, галит (поваренная соль) состоит из натрия и хлора и имеет формулу NaCl ; магнетит (магнитный железняк) — из трех молекул железа и двух кислорода (Fe_2O_3) и т. д. Некоторые минералы образованы одним химическим элементом, например сера, золото, платина, алмаз и др. Такие минералы называют *самородными*. В природе известно около 40 самородных элементов, на долю которых приходится 0,1 % массы земной коры.

Минералы могут быть не только твердыми, но и жидкими (вода, ртуть, нефть) и газообразными (сероводород, углекислый газ).

Большинство минералов имеют кристаллическое строение. Форма кристалла для данного минерала всегда постоянна. Например, кристаллы кварца имеют форму призмы, галита — форму куба и т. д. Если поваренную соль растворить в воде, а затем выкристаллизовать, то вновь образованные минералы приобретут кубическую форму. Многие минералы обладают способностью расти. Размеры их колеблются от микроскопических до гигантских. Например, на острове Мадагаскар найден кристалл берилла длиной 8 м и диаметром 3 м. Вес его составляет почти 400 т.

По образованию все минералы делятся на несколько групп. Одни из них (полевой шпат, кварц, слюда) выделяются из магмы при ее медленном остывании на больших глубинах; другие (сера) — при быстром остывании лавы; третьи (гранат, яшма, алмаз) — при высоких температурах и давлении на больших глубинах; четвертые (гранаты, рубины, аметисты) выделяются из горячих водных растворов в подземных жилах; пятые (гипс, соли, бурый железняк) образуются при химическом выветривании.

Всего в природе насчитывается более 2500 минералов. Для их определения и изучения большое значение имеют физические свойства, к которым относят блеск, цвет, цвет черты, т. е. следа, оставляемого минералом, прозрачность,

твердость, спайность, излом, удельный вес. Например, у кварца (SiO) форма кристаллов призматическая, блеск стеклянный, спайности нет, излом раковистый, твердость 7, уд. вес $2,65 \text{ гр/см}^3$, черты не имеет; у галита (NaCl) форма кристалла кубическая; твердость 2,2, уд. вес $2,1 \text{ гр/см}^3$, блеск стеклянный, цвет белый, спайность совершенная, вкус соленый и т. д.

Из минералов наиболее известны и широко распространены 40—50, которые называют породообразующими (полево-й шпат, кварц, галит и пр.).

Горные породы. Горные породы представляют собой скопление одного или нескольких минералов. Мрамор, известняк, гипс состоят из одного минерала, а гранит, базальт — из нескольких. Всего в природе насчитывается около 1000 горных пород. В зависимости от происхождения — генезиса горные породы подразделяются на три основные группы: магматические, осадочные и метаморфические.

Магматические породы образуются при остывании магмы. Они кристаллического строения, не имеют слоистости, не содержат остатков животных и растений. Среди магматических пород различают глубинные и излившиеся. *Глубинные породы* образовались в глубине земной коры, где магма находится под большим давлением и ее остывание происходит очень медленно. Примером глубинной породы может служить гранит — наиболее распространенная кристаллическая порода, состоящая в основном из трех минералов: кварца, полевого шпата и слюды. Цвет гранитов зависит от цвета полевого шпата. Чаще всего они серые или розовые.

При излиянии магмы на поверхность образуются *излившиеся породы*. Они представляют либо спекшуюся массу, напоминающую шлак, либо стекловидную, тогда их называют вулканическим стеклом. В отдельных случаях образуется мелкокристаллическая порода типа базальта.

Осадочные породы покрывают примерно 80 % всей поверхности Земли. Для них характерны слоистость и пористость. Как правило, осадочные породы являются результатом накопления в морях и океанах остатков отмерших организмов или снесенных с суши частиц разрушенных твердых пород. Процесс накопления происходит неравномерно, поэтому образуются слои разной мощности (толщины). Во многих осадочных породах находят окаменелости или отпечатки животных и растений.

В зависимости от места образования осадочные породы подразделяют на континентальные и морские. К *континенталь-*

тальным относятся, например, глины. Глины — измельченный продукт разрушения твердых пород. Они состоят из мельчайших чешуйчатообразных частиц, обладают способностью впитывать воду. Глины пластичны, водоупорны. Цвет их различен — от белого до синего и даже черного. Белые глины используют для производства фарфора.

Континентального происхождения и широко распространенная горная порода — лесс. Это мелкозернистая, неслоистая порода желтоватого цвета, состоящая из смеси кварца, глинистых частиц, углекислой извести и гидратов окиси железа. Легко пропускает воду.

Морские горные породы обычно формируются на дне океанов. К ним относят некоторые глины, пески, гравий.

Большая группа осадочных *биогенных* горных пород образовалась из остатков умерших животных и растений. К ним относят известняки, доломиты и некоторые горючие полезные ископаемые (торф, каменный уголь, горючие сланцы).

Особенно широко в земной коре распространен известняк, состоящий из углекислого кальция. В его фрагментах легко можно заметить скопления мелких раковин и даже скелетов небольших животных. Цвет известняков различный, чаще серый.

Мел также образован из мельчайших раковин — обитателей моря. Огромные запасы этой горной породы находятся в Белгородской области, где по крутым берегам рек можно увидеть выходы мощных слоев мела, выделяющегося своей белизной.

Известняки, в которых имеется примесь углекислого магния, называют доломитами. Известняки имеют широкое применение в строительстве. Из них изготавливают известь для штукатурных работ и цемент. Лучший цемент изготавливают из мергеля.

В тех морях, где раньше обитали животные, имеющие кремневые раковины, и росли водоросли, содержащие кремний, образовалась горная порода трепел. Это легкая, плотная, обычно желтоватая или светло-серая порода, являющаяся строительным материалом.

К осадочным относят также породы, образовавшиеся путем *осаждения из водных растворов* (гипс, каменная соль, калийная соль, бурый железняк и др.).

Метаморфические породы образовались из осадочных и магматических пород под воздействием высоких температур, давления, а также химических изменений. Так, при

действии температуры и давления на глину образуются глинистые сланцы, на песок — плотные песчаники, а на известняки — мрамор. Метаморфизму, т. е. изменению, подвергаются не только осадочные породы, но и магматические. Под воздействием высоких температур и давления гранит приобретает слоистое строение и образуется новая порода — гнейс.

Высокая температура и давление способствуют перекристаллизации пород. Из песчаников образуется очень прочная кристаллическая порода — кварцит.

§ 22. РАЗВИТИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Наукой установлено, что более 2,5 млрд лет назад планета Земля была полностью покрыта океаном. Затем под действием внутренних сил началось поднятие отдельных участков земной коры. Процесс поднятия сопровождался бурным вулканизмом, землетрясениями, горообразованием. Так возникли первые участки суши — древние ядра современных материков. Академик В. А. Обручев называл их «древним теменем Земли».

Как только суша поднялась над океаном, на поверхности ее начали действовать внешние процессы. Горные породы разрушались, продукты разрушения сносились в океан и накапливались по его окраинам в виде осадочных горных пород. Толща осадков достигала нескольких километров, и под ее давлением океанское дно начинало прогибаться. Такие гигантские прогибы земной коры под океанами называют *геосинклиналями*. Образование геосинклиналей в истории Земли идет непрерывно с древнейших времен по настоящее время. В жизни геосинклиналей различают несколько стадий:

— эмбриональная — прогиб земной коры и накопление осадков;

— созревания — заполнение прогиба осадками, когда толщина их достигает 15—18 км и возникает радиальное и боковое давление;

— складчатости, когда под давлением внутренних сил Земли происходит образование складчатых гор (процесс этот сопровождается бурным вулканизмом и землетрясениями);

— затухания — разрушение возникших гор внешними процессами и образование на их месте остаточной холмистой равнины — пенеплена (рис. 27).

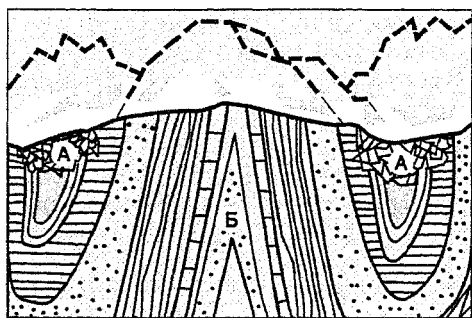


Рис. 27. Схема строения пенеплена — равнины, образовавшейся в результате разрушения гор (пунктиром показана реконструкция бывшей горной страны)

Так как осадочные горные породы в области геосинклинали являются пластичными, то в результате возникшего давления они сминаются в складки. Образуются складчатые горы, такие, как Альпы, Кавказ, Гималаи, Анды и др.

Периоды, когда в геосинклиналях идет активное образование складчатых гор, называют эпохами

складчатости. В истории Земли известно несколько таких эпох: байкальская, каледонская, герцинская, мезозойская и альпийская.

Процесс горообразования в геосинклинали может охватить и внегеосинклинальные области — области бывших, ныне разрушенных гор. Так как породы здесь жесткие, лишены пластичности, то они не сминаются в складки, а разбиваются разломами. Одни участки поднимаются, другие опускаются — возникают возрожденные глыбовые и складчато-глыбовые горы. Например, в альпийскую эпоху складчатости образовались складчатые горы Памир и возродились Алтайские и Саянские. Поэтому возраст гор определяют не по времени их образования, а по возрасту складчатого основания, который всегда обозначен на тектонических картах.

Геосинклинали, находящиеся на разных стадиях развития, существуют и сегодня. Так, вдоль азиатского побережья Тихого океана, в Средиземном море расположена современная геосинклиналь, переживающая стадию созревания, а на Кавказе, в Андах и других складчатых горах завершается процесс горообразования; Казахский мелкосопочник — это пенеплен, холмистая равнина, образовавшаяся на месте разрушенных гор каледонской и герцинской складчатости. На поверхность здесь выходит основание древних гор — мелкие сопки — «горы-свидетели», сложенные прочными магматическими и метаморфическими породами.

Обширные участки земной коры, обладающие сравнительно малой подвижностью и равнинным рельефом, называют *платформами*. В основании платформ, в их фундаменте, лежат прочные магматические и метаморфические породы, свидетельствующие о некогда происходивших здесь процессах горообразования. Обычно фундамент покрыт толщей осадочных пород. Иногда породы фундамента выходят на поверхность, образуя *щиты* (см. рис. 27). Возраст платформы соответствует возрасту фундамента. К древним (докембрийским) платформам относятся Восточно-Европейская, Сибирская, Бразильская и др.

Платформы — это в основном равнины. Они испытывают преимущественно колебательные движения. Однако в отдельных случаях на них возможно и образование возрожденных глыбовых гор. Так, в результате возникновения Великих Африканских разломов произошло поднятие и опускание отдельных участков древней Африканской платформы и образовались глыбовые горы и нагорья Восточной Африки, горы-вулканы Кения и Килиманджаро.

Литосферные плиты и их движение. Учение о геосинклиналях и платформах получило в науке название *фиксизма*, поскольку, согласно этой теории, крупные блоки коры зафиксированы на одном месте. Во второй половине XX века многие ученые поддержали теорию *мобилизма*, в основе которой лежит представление о горизонтальных движениях литосферы. Согласно этой теории, вся литосфера

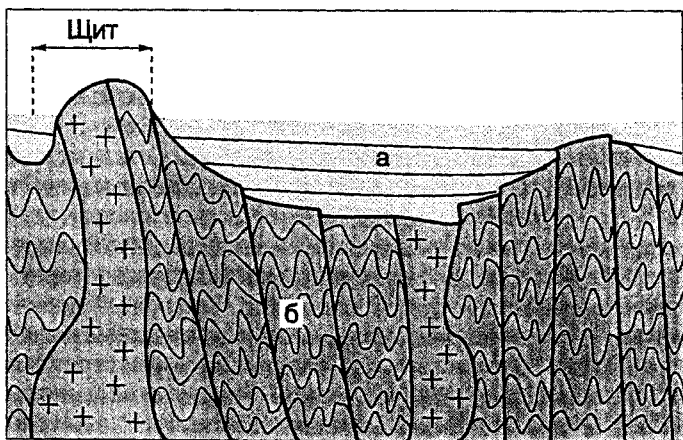


Рис. 28. Литосферные плиты Земли

глубинными разломами, достигающими верхней мантии, разбита на гигантские блоки — литосферные плиты. Границы между плитами могут проходить как по суше, так и по дну океанов. В океанах этими границами обычно служат срединные океанические хребты. В этих областях зафиксировано большое количество разломов — рифтов, по которым вещество верхней мантии изливается на дно океана, растекаясь по нему. В тех областях, где проходят границы между плитами, нередко активизируются процессы горообразования — в Гималаях, Андах, Кордильерах, Альпах и т. д. Основание плит находится в астеносфере, и по ее пластическому субстрату литосферные плиты, подобно гигантским айсбергам, медленно перемещаются в разных направлениях (рис. 28). Перемещение плит зафиксировано точнейшими измерениями из космоса. Так, африканский и арабийский берега Красного моря медленно удаляются друг от друга, что позволило некоторым ученым назвать это море «зародышем» будущего океана. Космические снимки позволяют проследить и направление глубинных разломов земной коры.

Теория мобилизма убедительно объясняет образование гор, так как для их возникновения необходимо не только радиальное, но и боковое давление. Там, где сталкиваются две плиты, одна из них погружается под другую, а вдоль границы столкновения образуются «торосы», т. е. горы. Этот процесс сопровождается землетрясениями и вулканизмом.

§ 23. РЕЛЬЕФ ЗЕМНОГО ШАРА

Рельеф — это совокупность неровностей земной поверхности, различающихся по высоте над уровнем моря, происхождению и т. п., придающих неповторимый облик нашей планете. На формирование рельефа оказывают воздействие как внутренние, тектонические, так и внешние силы. Благодаря тектоническим процессам возникают в основном крупные неровности поверхности — горы, нагорья и т. д., а внешние силы направлены на их разрушение и создание более малых форм рельефа — речных долин, оврагов, барханов и т. д.

Все формы рельефа подразделяют на вогнутые (впадины, долины рек, овраги, балки и т. д.), выпуклые (холмы, горные хребты, вулканические конусы и пр.), просто горизонтальные и наклонные поверхности. Размер их может быть

самым разнообразным — от нескольких десятков сантиметров до многих сотен и даже тысяч километров.

В зависимости от масштаба выделяют планетарные, макро-, мезо- и микроформы рельефа.

К планетарным относят выступы материков и впадины океанов. Материки и океаны нередко являются антиподами. Так, Антарктика лежит против Северного Ледовитого океана, Северная Америка — против Индийского, Австралия — против Атлантического и только Южная Америка — против Юго-Восточной Азии.

Глубины океанических впадин колеблются в больших пределах. Средняя глубина составляет 3800 м, а максимальная, отмеченная в Марианской впадине Тихого океана, — 11 022 м. Высшая точка суши — гора Эверест (Джомолунгма) достигает 8848 м. Таким образом, амплитуда высот достигает почти 20 км.

Преобладающие глубины в океане — от 3000 до 6000 м, а высоты на суше — менее 1000 м. Высокие горы и глубоководные впадины занимают всего лишь доли процента поверхности Земли.

Средняя высота материков и их частей над уровнем океана также неодинакова: Северная Америка — 700 м, Африка — 640, Южная Америка — 580, Австралия — 350, Антарктида — 2300, Евразия — 635 м, причем высота Азии 950 м, а Европы — всего 320 м. Средняя высота суши 875 м.

Рельеф дна океана. На дне океана, как и на суше, имеются разнообразные формы рельефа — горы, равнины, впадины, желоба и т. д. Они обычно имеют более мягкие очертания, чем аналогичные формы рельефа суши, так как внешние процессы протекают здесь более спокойно.

В рельефе океанского дна выделяют: *материковую отмель*, или *шельф* (полка), — мелководная часть до глубины 200 м, ширина которой в ряде случаев достигает многих сотен километров; *материковый склон* — довольно крутой уступ до глубины 2500 м и *ложе океана*, которое занимает большую часть дна с глубинами до 6000 м.

Наибольшие глубины отмечены в *желобах*, или *океанических впадинах*, где они превышают отметки 6000 м. Желоба обычно протягиваются вдоль материков по окраинам океана.

В центральных частях океанов располагаются срединные океанические хребты (рифты): Южно-Атлантический, Австралийский, Антарктический и др.

Рельеф суши. Основные элементы рельефа суши — это горы и равнины. Они образуют макрорельеф Земли.

Горой называют возвышенность, имеющую вершинную точку, склоны, подошвенную линию, поднимающиеся над местностью выше 200 м; возвышение же высотой до 200 м называется *холмом*. Линейно вытянутые формы рельефа, имеющие гребень и склоны, — это *горные хребты*. Хребты разделяются расположенными между ними горными *долинами*. Соединяясь между собой, горные хребты образуют *горные цепи*. Совокупность хребтов, цепей и долин называют *горным узлом* или *горной страной*, а в обиходе — горами. Например, Алтайские горы, Уральские горы и т. п.

Обширные участки земной поверхности, состоящие из горных хребтов, долин и высоких равнин, называются *нагорьями*. Например, Иранское нагорье, Армянское нагорье и др.

По происхождению горы бывают тектоническими, вулканическими и эрозионными.

Тектонические горы образуются в результате движений земной коры, они состоят из одной или множества складок, поднятых на значительную высоту. Все высочайшие горы мира — Гималаи, Гиндукуш, Памир, Кордильеры и др. — складчатые. Для них характерны остроконечные вершины, узкие долины (теснины), вытянутые гребни.

Глыбовые и складчато-глыбовые горы образуются в результате поднятия и опускания блоков (глыб) земной коры по плоскостям разломов. Для рельефа этих гор характерны плоские вершины и водоразделы, широкие, с плоским дном, долины. Это, например, Уральские горы, Аппалачи, Алтай и др.

Вулканические горы образуются в результате накопления продуктов вулканической деятельности.

На поверхности Земли достаточно широко распространены *эрозионные горы*, которые образуются в результате расчленения высоких равнин внешними силами, в первую очередь текучими водами.

По высоте горы подразделяются на низкие (до 1000 м), средневысотные (от 1000 до 2000 м), высокие (от 2000 до 5000 м) и высочайшие (выше 5 км).

Высоту гор легко определить по физической карте. По ней же можно определить, что большая часть гор относится к средневысотным и высоким. Выше 7000 м поднимаются немногие вершины, и все они находятся в Азии. Высоту более 8000 м имеют всего лишь 12 горных вершин, располо-

женных в горах Каракорум и Гималаях. Высшей точкой планеты является гора, или, точнее, горный узел, Эверест (Джомолунгма) — 8848 м.

Большую часть поверхности суши занимают равнинные пространства. *Равнины* — это участки земной поверхности, имеющие плоский или слабохолмистый рельеф. Чаще всего равнины слегка наклонные.

По характеру поверхности равнины делят на *плоские*, *волнистые* и *холмистые*, но на обширных равнинах, например Туранской или Западно-Сибирской, можно встретить участки с различными формами рельефа поверхности.

В зависимости от высоты над уровнем моря равнины подразделяются на *низменные* (до 200 м), *возвышенные* (до 500 м) и *высокие* или *плоскогорья* (свыше 500 м). Возвышенные и высокие равнины всегда сильно расчленены водными потоками и имеют холмистый рельеф, низменные часто бывают плоскими. Некоторые равнины расположены ниже уровня моря. Так, Прикаспийская низменность имеет высоту 28 м. Нередко на равнинах встречаются замкнутые котловины большой глубины. Например, впадина Карагис имеет отметку 132 м, а впадина Мертвого моря — 400 м.

Возвышенные равнины, ограниченные крутыми уступами, отделяющими их от окружающей местности, называются *плато*. Таковы плато Устюрт, Путорана и др.

Плоскогорья — плосковершинные участки земной поверхности, могут иметь значительную высоту. Так, например, плоскогорье Тибет поднимается выше 5000 м.

По происхождению выделяют несколько типов равнин. Значительные пространства суши занимают *морские*, или *первичные*, *равнины*, образовавшиеся в результате морских регрессий. Это, например, Туранская, Западно-Сибирская, Великая Китайская и ряд других равнин. Почти все они относятся к великим равнинам планеты. Большая часть их — низменности, рельеф плоский или слегка холмистый.

Пластовые равнины — это плоские участки древних платформ с почти горизонтальным залеганием пластов осадочных пород. К таким равнинам относится, например, Восточно-Европейская. Равнины эти большей частью имеют холмистый рельеф.

Небольшие пространства в долинах рек занимают *аллювиальные*, или *наносные*, равнины, образовавшиеся в результате выравнивания поверхности речными отложениями — аллювием. К этому типу относятся равнины Индо-Гангская,

Месопотамская, Лабрадорская. Эти равнины низкие, плоские, очень плодородные.

Высоко над уровнем моря приподняты равнины — *лавовые покровы* (Среднесибирское плоскогорье, Эфиопское и Иранское нагорья, плоскогорье Декан). Некоторые равнины, например Казахский мелкосопочник, образовались в результате разрушения гор. Их называют *эрозионными*. Эти равнины всегда возвышенные и холмистые. Эти холмы сложены прочными кристаллическими породами и представляют собой остатки бывших здесь некогда гор, их «корни».

§ 24. ПОЧВА

Почва — это верхний, плодородный слой литосферы, обладающий рядом свойств, присущих живой и неживой природе. Образование и существование этого природного тела нельзя представить без живых существ. Поверхностные слои горной породы являются лишь исходным субстратом, из которого под воздействием растений, микроорганизмов и животных образуются различные виды почв.

Основоположник почвоведения русский ученый В. В. Докучаев показал, что почва — это самостоятельное природное тело, образовавшееся на поверхности горных пород под воздействием живых организмов, климата, воды, рельефа, а также человека. Это природное образование создавалось тысячелетиями. Процесс почвообразования начинается с поселения на голых скалах, камнях микроорганизмов. Питаясь углекислым газом, азотом и парами воды из атмосферы, используя минеральные соли горной породы, микроорганизмы выделяют в результате жизнедеятельности органические кислоты. Эти вещества постепенно изменяют химический состав горных пород, делают их менее прочными и в конечном итоге разрыхляют поверхностный слой. Затем на такой породе поселяются лишайники. Неприхотливые к воде и питательным веществам, они продолжают процесс разрушения, одновременно обогащая породу органическими веществами. В результате деятельности микроорганизмов и лишайников горная порода постепенно превращается в субстрат, пригодный для заселения растениями и животными. Окончательное преобразование исходной породы в почву происходит за счет жизнедеятельности этих организмов.

Растения, поглощая из атмосферы углекислый газ, а из почвы воду и минеральные вещества, создают органические соединения. Отмирая, растения обогащают почву этими соединениями. Животные питаются растениями и их остатками. Продукты их жизнедеятельности — экскременты, а после смерти и их трупы также попадают в почву. Вся масса мертвой органической материи, накопившаяся в результате жизнедеятельности растений и животных, служит кормовой базой и местом обитания для микроорганизмов и грибов. Они разрушают органические вещества, минерализуют их. В результате деятельности микроорганизмов образуются сложные органические вещества, составляющие гумус почвы.

Гумус почвы — это набор устойчивых органических соединений, образующихся при разложении растительных и животных остатков и продуктов их жизнедеятельности с участием микроорганизмов. В почве происходят распад первичных минералов и образование глинистых вторичных минералов. Таким образом, в почве протекает круговорот веществ.

Влагоемкость — это способность почвы удерживать воду. Почва, в которой много песка, плохо удерживает воду и обладает низкой влагоемкостью. Глинистая почва, наоборот, удерживает много воды и обладает высокой влагоемкостью. В случае обильных осадков вода заполняет все поры в такой почве, препятствуя прохождению воздуха вглубь. Рыхлые, комковатые почвы лучше удерживают влагу, чем плотные.

Влагопроницаемость — это способность почвы пропускать воду. Почва пронизана мельчайшими порами — капиллярами. По капиллярам вода может передвигаться не только вниз, но и во все стороны, в том числе снизу вверх. Чем выше капиллярность почвы, тем выше ее влагопроницаемость, тем быстрее вода проникает в почву и поднимается из более глубоких слоев вверх. Вода «прилипает» к стенкам капилляров и как бы ползет вверх. Чем тоньше капилляры, тем выше по ним поднимается вода. При выходе капилляров на поверхность вода испаряется. Песчаные почвы обладают высокой влагопроницаемостью, а глинистые — низкой. Если после дождя или полива на поверхности почвы образовалась корка (со множеством капилляров), вода испаряется очень быстро. При рыхлении почвы капилляры разрушаются, это уменьшает испарение воды. Недаром рыхление почвы называют сухим поливом.

Почвы могут иметь различную структуру, т. е. состоять из различных по форме и величине комочков, в которые склеены почвенные частицы. У лучших почв, например черноземов, структура мелкокомковатая или зернистая. По химическому составу почвы могут быть богатыми или бедными элементами питания. Показателем плодородия почвы служит количество гумуса, так как в нем есть все основные элементы питания растений. Так, например, черноземные почвы содержат до 30 % гумуса. Почвы могут быть кислыми, нейтральными и щелочными. Наиболее благоприятны для растений нейтральные почвы. Для уменьшения кислотности их известкуют, а для уменьшения щелочности в почву вносят гипс.

Механический состав почв. По механическому составу почвы подразделяются на глинистые, песчаные, суглинистые и супесчаные.

Глинистые почвы обладают высокой влагоемкостью и лучше всего обеспечены элементами питания.

Песчаные почвы маловлагоемки, хорошо влагопроницаемы, но бедны гумусом.

Суглинистые — наиболее благоприятные по своим физическим свойствам для земледелия, со средней влагоемкостью и влагопроницаемостью, хорошо обеспечены гумусом.

Супесчаные — бесструктурные почвы, бедные гумусом, хорошо водо- и воздухопроницаемы. Чтобы использовать такие почвы, необходимо улучшать их состав, вносить удобрения.

Типы почв. В нашей стране наиболее распространены следующие типы почв: тундровые, подзолистые, дерново-подзолистые, черноземные, каштановые, сероземные, красноземные и желтоземные.

Тундровые почвы находятся на Крайнем Севере в зоне вечной мерзлоты. Они переувлажнены и крайне бедны гумусом.

Подзолистые почвы распространены в тайге под хвойными, а *дерново-подзолистые* — под хвойно-широколиственными лесами. Широколиственные леса растут на серых лесных почвах. Все эти почвы содержат достаточно гумуса, хорошо структурированы.

В лесостепной и степной зонах расположены *черноземные почвы*. Они образовались под степной и травянистой растительностью, богаты гумусом. Перегной придает почве черный цвет. Они имеют прочную структуру и обладают высоким плодородием.

Каштановые почвы находятся южнее, они образуются в более сухих условиях. Для них характерен недостаток влаги.

Сероземные почвы характерны для пустынь и полупустынь. Они богаты питательными веществами, но бедны азотом, не хватает здесь и воды.

Красноземы и *желтоземы* образуются в субтропиках в условиях влажного и теплого климата. Они хорошо структурированы, достаточно влагоемки, но имеют более низкое содержание гумуса, поэтому для повышения плодородия в эти почвы вносят удобрения.

Для повышения плодородия почв нужно не только регулировать в них содержание питательных веществ, но и наличие влаги и аэрацию. Пахотный слой почвы должен всегда быть рыхлым для обеспечения доступа воздуха к корням растений.

IV. ВОДНАЯ ОБОЛОЧКА ЗЕМЛИ

§ 25. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДЕ

Гидросфера. Гидросферой называют водную оболочку Земли. В ее состав входят воды суши — реки, болота, ледники, подземные воды и воды Мирового океана.

Основная масса воды на земле находится в морях и океанах — там ее почти 94 %; 4,12 % воды содержится в земной коре и 1,69 % — в ледниках Антарктиды, Арктики и в горных странах. На долю пресной воды приходится всего лишь 2 % из общих ее запасов.

Свойства воды. Вода — это самый распространенный в природе минерал. Чистая вода прозрачна, бесцветна, не имеет запаха. Она обладает удивительными свойствами, отличающими ее от других природных тел. Это единственный минерал, существующий в естественных условиях в трех состояниях — жидком, твердом и газообразном. Переход ее из одного состояния в другое происходит постоянно. Интенсивность этого процесса обусловлена в первую очередь температурой воздуха.

При переходе воды из газообразного состояния в жидкое выделяется тепло, а при испарении жидкой воды тепло поглощается. В солнечные дни и летом толща воды прогревается на значительную глубину и как бы конденсирует тепло, а при отсутствии солнечного освещения или его снижении тепло постепенно выделяется. По этой причине ночью вода теплее окружающего воздуха.

При замерзании вода увеличивается в объеме, поэтому кубик льда легче кубика воды такого же объема и не тонет, а плавает.

Самой плотной и соответственно самой «тяжелой» вода становится при температуре +4 °С. Вода этой температуры опускается на дно водоемов, где такая температура сохраняется стабильно, что делает возможным существование живых организмов в замерзших водоемах зимой.

Воду называют универсальным растворителем. Она растворяет почти все вещества, с которыми соприкасается, кроме

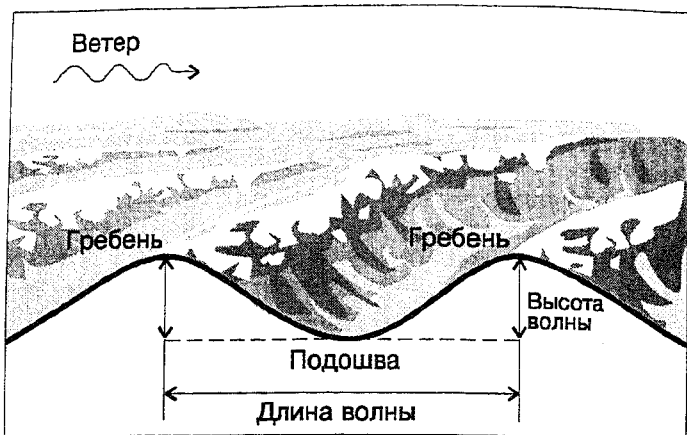


Рис. 29. Строение волны

Температура воды в океанах неодинакова и колеблется от $27-28^{\circ}\text{C}$ на экваторе до -20°C в полярных широтах.

В умеренных широтах имеют место сезонные колебания температур от 0 до $+20^{\circ}\text{C}$.

Воды полярных морей и океанов замерзают. Граница ледяного покрова проходит от берегов Ньюфаундленда к западному побережью Гренландии, далее к берегам Шпицбергена и Кольского полуострова. В Тихом океане эта граница опускается южнее и проходит от северной части полуострова Корея к острову Хоккайдо и далее через Курильские острова к берегам Америки.

В Южном полушарии граница ледяного покрова поднимается до $40-45^{\circ}$ ю.ш.

Вода в Мировом океане находится в постоянном движении. Выделяют три вида движений: волновые, поступательные и смешанные.

Волновые движения возникают под воздействием ветра и охватывают только поверхность океана. Под напором ветра в верхней части волны частицы воды движутся в направлении движения волны, а в нижней — в противоположном направлении, совершая путь по круговым орбитам. По этой причине предметы, находящиеся на воде и не имеющие парусности, не движутся по горизонтали в направлении ветра, а колеблются на месте. Не случайно эти волны называют колебательными.

Каждая волна имеет *гребень*, *склон* и *подошву* (рис. 29). Расстояние между гребнем и подошвой по вертикали назы-

вается высотой, а между двумя гребнями — длиной волны. Чем сильнее ветер, тем крупнее волны. В отдельных случаях они достигают высоты до 20 м и даже до 1 км. С глубиной волны затухают.

К берегу под напором ветра волны движутся быстрее, чем от берега, в результате чего пенистые гребни их сдвигаются вперед, наклоняются и обрушиваются на берег. У скалистых берегов сила, с которой волна бьется о береговые скалы, достигает нескольких тонн на 1 м².

При подводных землетрясениях возникают волны *цунами*, которые охватывают всю толщу воды. Длина этих волн очень велика и составляет несколько десятков километров. Эти волны очень пологие, и встреча с ними в открытом океане неопасна. Скорость перемещения волны цунами достигает 900 км в час. При приближении к берегу в результате трения волны о дно океана скорость ее падает, волна стремительно укорачивается, но при этом растет в высоту, достигая иногда 30 м. Эти волны производят опустошительные разрушения в береговой зоне.

Поступательные движения огромных масс океанской воды приводят к появлению морских или океанических течений. Такие течения возникают на разных глубинах, в результате чего вода перемешивается.

Основная причина возникновения течений — постоянные ветры, дующие в одном направлении. Такие течения называют *дрейфовыми*. Они вовлекают в движение массу воды глубиной до 300 м, а шириной в несколько сот километров. Этот гигантский водный поток — река в океане, движется со скоростью от 3 до 9—10 км в час. Протяженность таких «рек» может достигать нескольких тысяч километров. Например, течение Гольфстрим, начинаясь в Мексиканском заливе, имеет протяженность более 10 тыс. км и достигает острова Новая Земля. Это течение переносит в 20 раз больше воды, чем все реки земного шара, взятые вместе.

Среди поверхностных — дрейфовых течений Мирового океана в первую очередь следует назвать северные и южные пассатные течения, имеющие общее направление с востока на запад, вызванные пассатами — постоянными ветрами, дующими к экватору со скоростью 30—40 км в час. Встречая на своем пути препятствие в виде материков, течения изменяют направление движения и движутся вдоль берегов материков на юг и север.

В зависимости от температуры воды течения бывают теплыми, холодными и нейтральными.

Воды теплых течений имеют температуру более высокую по сравнению с прилегающей океанской водой, холодные — более низкую, нейтральные — одинаковую. Обусловлено это тем, откуда течение принесло воды, — из низких, высоких или тех же широт.

Значение течений на Земле огромно. Они служат то «отопительными батареями», то «холодильными камерами» для прилегающих частей океана и материка. Течение Гольфстрим, например, имеет температуру 20—26 °С, чего вполне достаточно для того, чтобы «отапливать» Западную Европу и обогревать Баренцево море. В то же время холодное Лабрадорское течение обуславливает суровый, холодный климат полуострова Лабрадор, расположенного на широте Франции.

Кроме того, морские течения обеспечивают водообмен и перемешивание экваториальных, тропических, умеренных и полярных водных масс, способствуют перераспределению морских животных и растений. Там, где встречаются теплые и холодные течения, органический мир океана намного богаче и продуктивнее.

Кроме дрейфовых известны течения компенсационные, стоковые и плотностные.

Компенсационные течения обусловлены дрейфовыми и образуются в тех случаях, когда ветры с материка отгоняют поверхностные воды. На место этих вод, компенсируя их недостаток, поднимается вода из глубин. Она всегда холодная. По этой причине у жарких берегов Западной Сахары, Калифорнии, Чили проходят холодные Канарское, Калифорнийское и Перуанское течения.

Стоковые течения образуются из-за нагона воды дрейфовыми течениями, выносом речных вод или сильного испарения воды, в результате начинается выравнивание за счет стока сопредельных вод. Так, например, благодаря стоку из Мексиканского залива появилось течение Гольфстрим.

Плотностные течения образуются в том случае, когда два морских бассейна, вода которых имеет разную плотность, соединяются проливом. Например, более соленая и плотная вода Средиземного моря вытекает в Атлантический океан по дну Гибралтарского пролива, а навстречу этому потоку по поверхности пролива идет стоковое течение из океана в море.

К смешанным движениям океанских вод относят *приливы и отливы*, возникающие в результате притяжения Луной водной поверхности океана и вращения Земли вокруг оси.

В течение суток приливы и отливы наступают дважды, через каждые 6 ч. В открытом океане приливные и отливные волны незаметны, так как высота их не превышает 1,5 м, а длина очень велика. У берегов, особенно скалистых, длина волны сокращается, а так как масса воды остается прежней, высота волны стремительно растет. Например, в заливе Фанди (Северная Америка) высота приливной волны достигает 20 м, в Охотском море (у берегов России) превышает 13 м.

Во время прилива крупные океанские суда могут входить в морские порты, недоступные для них в другое время.

Приливные волны несут огромную энергию, которую используют для строительства приливных электростанций (ПЭС). В России создана и действует такая станция в Кислой губе на Баренцевом море. Значение ПЭС чрезвычайно велико в первую очередь потому, что они являются экологически чистыми и не требуют создания гигантских водохранилищ, занимающих ценные земли.

§ 27. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Подземными называются воды, находящиеся под поверхностью Земли в жидком, твердом и газообразном состоянии. Они скапливаются в порах, трещинах, пустотах горных пород.

Подземные воды образовались в результате просачивания воды, выпавшей на поверхность Земли, конденсации водяных паров, поступивших по порам из атмосферы, а также в результате образования водяных паров при остывании магмы на глубине и конденсации их в верхних слоях земной коры. Решающее значение в образовании подземных вод имеют процессы просачивания воды с поверхности Земли. В отдельных регионах, например в песчаных пустынях, основную роль играют воды, поступившие из атмосферы в виде водяных паров.

Вода, испытывающая влияние силы тяжести, называется *гравитационной*. Она движется по наклонной поверхности водоупорных слоев.

Вода, удерживаемая молекулярными силами, называется *пленочной*. Молекулы воды, которые непосредственно соприкасаются с зернами пород, образуют *гигроскопическую* воду. Пленочную и гигроскопическую воду можно удалить из породы только при прокаливании. Поэтому растения эту воду не используют.

Корневые системы растений усваивают *капиллярную* воду (находящуюся в капиллярах почвы) и гравитационную.

Скорость движения грунтовых вод незначительна и зависит от структуры горных пород. Различают мелкозернистые породы (глины, суглинки), зернистые (пески), трещиноватые (известняки). Через пески и по трещинам гравитационная вода беспрепятственно стекает со скоростью 0,5—2 м в сутки, в суглинках и лессах — 0,1—0,3 мм в сутки.

Горные породы в зависимости от их способности пропускать воду подразделяют на водопроницаемые и водоупорные. К *водопроницаемым* относятся пески, к *водоупорным* — глины и кристаллические породы. Воды, прошедшие через водопроницаемые породы, на глубине скапливаются над водоупорным слоем, образуя *водоносные слои*. Верхний уровень водоносного слоя, называемый *зеркалом подземных вод*, повторяет изгибы рельефа: над холмами повышается, под котловинами — понижается. Весной, когда при таянии снега грунт сильно переувлажняется, уровень грунтовых вод повышается, зимой понижается. Повышается уровень грунтовых вод и при сильных дождях.

Выход водоносного слоя на поверхность называют *родником* (источником, ключом). Обычно они находятся в оврагах, балках, речных долинах. Иногда родники можно встретить и на равнинах — в небольших понижениях или на склонах возвышенностей и холмов (рис. 30).

Подземные воды, заключенные между двумя водонепроницаемыми слоями, обычно находятся под давлением, поэтому их называют *напорными* или *артезианскими*. Обычно они встречаются на больших глубинах — в понижениях изгибов водонепроницаемых пластов (рис. 31).

Глубинные подземные воды, находящиеся вблизи магматических очагов, дают начало *горячим источникам*. В Рос-

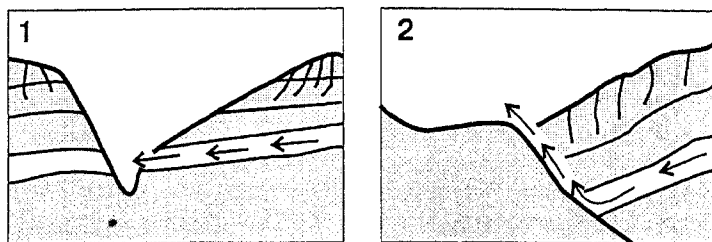


Рис. 30. Нисходящий (1) и восходящий (2) источники



Рис. 31. Простой (1), артезианский (2) колодцы и источник (3)

сии они встречаются на Камчатке, Северном Кавказе и в других местах. Температура воды в них достигает $70-95^{\circ}\text{C}$. Фонтанирующие горячие источники называются *гейзерами*. В Долине гейзеров на Камчатке открыто более 20 крупных гейзеров, среди них Великан, выбрасывающий воду на высоту 30 м, а также множество мелких. За пределами нашей страны гейзеры распространены в Исландии, Новой Зеландии, США (Йеллоустонский национальный парк).

Проходя через различные горные породы, подземные воды частично растворяют их — так образуются минеральные источники. В зависимости от химического состава выделяют серные (Пятигорск), углекислые (Кисловодск), щелочно-солевые (Ессентуки), железисто-щелочные (Железноводск) и другие источники. Они используются в лечебных целях. В местах их выхода строят курорты.

§ 28. РЕКИ

Текучие воды — временные водотоки, ручьи и реки выравнивают поверхность Земли: разрушают возвышенности, горы, уносят продукты разрушения в более низкие места. Велико значение текучих вод и в хозяйственной деятельности человека. Родники, реки и ручьи — основные источники водоснабжения. Вдоль ручьев и рек расположены населенные пункты, реки используют как пути сообщения, для строительства гидроэлектростанций и лова рыбы. В засушливых областях вода рек идет на орошение.

Реки — это естественные постоянные водотоки, текущие по уклону и заключенные в берега. Начало рекам часто дают

источники, выходящие на земную поверхность. Многие реки берут начало в озерах, на болотах, в горных ледниках.

Каждая река имеет исток, верхнее, среднее и нижнее течение, притоки, устье. *Исток* — это место, откуда река берет начало. *Устье* — место впадения в другую реку, озеро или море. В пустынях реки иногда теряются в песках, их вода расходуется на испарение и фильтрацию.

Реки, протекающие по какой-либо территории, образуют *речную сеть*, которая состоит из отдельных систем, включающих главную реку и ее притоки. Обычно главная река длиннее, полноводнее и занимает осевое положение в речной системе. Как правило, она старше своих притоков. Иногда бывает и наоборот. Например, Волга несет воды меньше, чем Кама, но считается главной рекой, поскольку ее бассейн исторически был заселен раньше. Некоторые притоки бывают длиннее главной реки (Миссури длиннее Миссисипи, Иртыш — Оби).

Притоки главной реки подразделяют на притоки первого, второго и последующих порядков.

Бассейном реки называют территорию, с которой она получает питание. Площадь бассейна можно определить по крупномасштабным картам с помощью палетки. Бассейны различных рек разделяют *водоразделы*. Они чаще проходят по возвышенностям, в отдельных случаях — по равнинным заболоченным местам.

Густота речной сети — это отношение суммарной протяженности всех рек к площади бассейна ($\text{км}/\text{км}^2$). Она зависит от рельефа, климата, местных горных пород. В местах, где выпадает большее количество осадков и испарение незначительное, речная сеть имеет большую густоту. В горах густота речной сети больше, чем на равнине. Так, на северных склонах Кавказских гор она составляет $0,49 \text{ км}/\text{км}^2$, а в Предкавказье — $0,05 \text{ км}/\text{км}^2$.

Питание рек осуществляется подземными водами, а также атмосферными осадками, выпадающими в виде дождей и снегов. Дождевая вода, выпавшая на поверхность, частично испаряется, а часть ее просачивается в глубь земли или стекает в реки. Выпавший снег весной тает. Талые воды стекают по склонам и в конечном счете попадают в реки. Таким образом, постоянными источниками питания рек являются подземные воды, дожди летом и талые воды снегов весной. В горных районах реки питаются водами от таяния ледников и снега.

От характера питания зависит уровень воды в реках. Наибольший подъем воды на территории нашей страны наблю-

дается весной, во время таяния снегов. Реки выходят из берегов, заливая огромные пространства. В период весенних разливов стекает более половины годового объема воды. В местах, где больше осадков выпадает летом, реки имеют летний разлив. Например, Амур имеет два разлива: менее мощный — весенний и более сильный — в конце лета, во время муссонных дождей.

Наблюдения за уровнем рек позволяют выделить периоды самой высокой и низкой воды. Они получили названия половодье, паводок и межень.

Половодье — ежегодно повторяющийся подъем воды в один и тот же сезон. Весной при таянии снега в течение 2—3 месяцев в реках удерживается высокий уровень воды. В это время происходят разливы рек.

Паводок — кратковременный непериодический подъем воды в реках. Например, при сильных продолжительных дождях некоторые реки Восточно-Европейской равнины выходят из берегов, затопляя обширные пространства. На горных реках паводки происходят в жаркую погоду, когда снега и ледники интенсивно тают.

Высота подъема воды во время половодья различна (в горных странах — выше, на равнинах — ниже) и зависит от интенсивности таяния снега, выпадения дождей, лесистости территории, ширины поймы и характера ледохода. Так, на больших сибирских реках во время образования заторов льда подъем воды достигает 20 м.

Межень — наиболее низкий уровень воды в реке. В это время река питается в основном грунтовыми водами. В средней полосе нашей страны межень наблюдается в конце лета, когда вода сильно испаряется и просачивается в грунт, а также в конце зимы, когда нет поверхностного питания.

По способу питания все реки можно подразделить: на реки *дождевого питания* (в экваториальном, тропическом и субтропическом поясах — Амазонка, Конго, Нил, Янзцы и др.); реки, получающие *питание от таяния снегов и ледников* (реки горных областей и Крайнего Севера — Амударья, Сырдарья, Кубань, Юкон); реки *подземного питания* (реки склонов гор в засушливом поясе, например небольшие реки северного склона Тянь-Шаня); реки *смешанного питания* (реки умеренного пояса с ярко выраженным устойчивым снежным покровом — Волга, Днепр, Обь, Енисей и др.).

Работа рек. Реки постоянно производят работу, которая проявляется в эрозии, переносе и аккумуляции материала.

Под *эрозией* понимают разрушение горных пород. Различают эрозию глубинную, направленную на углубление русла, и боковую, направленную на разрушение берегов. На реках можно видеть излучины, которые называют *меандрами*. Один берег реки обычно подмывается, другой намывается. Намытый материал река может переносить и откладывать. Отложение начинается, когда течение замедляется. Сначала отлагается более крупный материал (камни, галька, крупный песок), потом мелкий песок и т. д.

Особенно активно накопление принесенного материала происходит в устьях рек. Там образуются острова и мели с протоками между ними. Такие образования называют *дельтами*.

На карте можно видеть большое количество рек, образующих дельты. Но есть реки, например Печора, устья которых походят на расширяющийся клин. Такие устья называют *эстуариями*. Форма устья обычно зависит от устойчивости дна моря в районе впадения реки. Там, где оно постоянно понижается в результате вековых движений земной коры, образуются эстуарии. В местах, где дно моря поднимается, формируются дельты. Реки могут не иметь дельт в том случае, если в море в районе впадения реки проходит сильное течение, уносящее речные наносы далеко в море.

Строение речной долины. У речных долин различаются следующие элементы: русло, пойма, террасы, склоны, коренные берега. *Руслом* называют пониженную часть долины, по которой протекает река. Русло имеет два берега: правый и левый. Обычно один берег пологий, другой — крутой. Русло равнинной реки чаще имеет извилистую форму, поскольку кроме силы тяжести и трения на характер движения потока влияет и центробежная сила, возникающая на поворотах реки, а также отклоняющая сила вращения Земли. Под действием этой силы на повороте поток прижимается к вогнутому берегу, а струи воды разрушают его. Направления течения меняется, поток направляется к противоположному, пологому берегу. Отклоняющая сила вращения Земли заставляет поток прижиматься к правому берегу (в северном полушарии). Он разрушается, русло реки перемещается.

Процесс образования излучин (меандров) непрерывен. Иногда петли меандров приближаются друг к другу на такое расстояние, что соединяются, и вода начинает течь по новому руслу, а часть бывшего русла становится *старницей*, озером серповидной формы.

В русле равнинных рек обычно чередуются плесы и перекаты. *Плесы* — наиболее глубокие участки реки с медленным течением. Они образуются на ее изгибах. *Перекаты* — мелкие части реки с быстрым течением. Они образуются на спрямленных участках. Плесы и перекаты постепенно смещаются по реке.

Река постоянно углубляет русло, однако глубинная эрозия останавливается, когда уровень воды в реке опустится до той же отметки, что и в месте впадения реки в другую реку, озеро, море. Этот уровень называют *базисом эрозии*. Конечным базисом эрозии для всех рек является уровень Мирового океана. При понижении базиса эрозии река сильнее эродирует, углубляет русло; при повышении этот процесс замедляется, идет отложение наносов.

Поймой называют часть долины, заливаемую вешними водами. Поверхность ее неровная: обширные вытянутые понижения чередуются с небольшими возвышениями. Наиболее высокие участки — *береговые валы*, располагаются вдоль берегов. Обычно они покрыты растительностью. *Террасы* представляют собой выровненные площадки, тянущиеся вдоль склонов в виде ступенек. На крупных реках наблюдают по нескольку террас, счет их ведут от поймы вверх (первая, вторая и т. д.). У Волги прослеживается от четырех до семи террас, а на реках Восточной Сибири — до 20.

Склоны ограничивают долину с боков. Чаще один склон крутой, другой — пологий. Например, у Волги правый склон крутой, левый — пологий. Заканчиваются склоны коренными берегами, обычно не затронутыми эрозией.

У молодых рек в продольном профиле нередко имеются участки с *порогами* (места с быстрым течением и выходом скального грунта на поверхность воды) и *водопадами* (участки, где вода падает с отвесных уступов). Водопады встречаются на многих горных реках, а также на таких равнинных, в долинах которых на поверхность выходят твердые породы.

Один из самых крупных водопадов мира — Виктория на реке Замбези — падает с высоты 120 м при ширине 1800 м. Шум падающей воды слышен за десятки километров, а водопад всегда окутан облаком брызг — водяной пылью.

Воды Ниагарского водопада (Северная Америка) падают с высоты 51 м, ширина потока 1237 м.

Многие горные водопады еще выше. Самый высокий из них — Анхель на реке Ориноко. Его вода падает с высоты 1054 м.

При строительстве населенных пунктов очень важно знать, достаточно ли воды в реке, может ли она обеспечить водой население и предприятия. С этой целью определяют *расход*, т. е. количество воды (в м³), проходящее через живое сечение реки за 1 с.

Например, скорость течения реки 1 м/с, площадь живого сечения 10 м². Значит, расход воды в реке составляет 10 м³/с.

Расход воды в реке за продолжительный период называется *речным стоком*. Обычно он определяется по многолетним данным и выражается в км³/год.

Величина стока зависит от площади бассейна реки и климатических условий. Большое количество осадков при малом испарении способствует увеличению стока. Кроме того, сток зависит от горных пород, которыми сложена данная территория, и рельефа местности.

Многоводность самой полноводной в мире реки Амазонки (3160 км³ в год) объясняется огромной площадью ее бассейна (около 7 млн км²) и обилием осадков (более 2000 мм в год). У Амазонки 17 притоков первого порядка, каждый из которых приносит почти столько же воды, сколько Волга.

§ 29. ОЗЕРА И БОЛОТА

Озера. Около 2 % всей суши занято озерами, углублениями суши, заполненными водой. На территории нашей страны (частично) расположено самое большое озеро в мире — Каспийское и самое глубокое — Байкал.

Издавна человек использует озера для водоснабжения; они служат путями сообщения, многие из них богаты рыбой. В некоторых озерах найдено ценное сырье: соли, железные руды, сапропель. На берегах озер люди отдыхают, там построены дома отдыха, санатории.

По характеру стока озера делят на проточные, сточные и бессточные. В *проточное* озеро впадает много рек и несколько рек из него вытекают. К этому типу относятся Ладожское, Онежское.

Сточные озера принимают большое количество рек, но вытекает из них только одна река. К этому типу можно отнести озеро Байкал, Телецкое.

В засушливых областях находятся *бессточные* озера, из которых не вытекает ни одна река, — Каспийское, Аральское, Балхаш. К этому же типу относят и многие озера тундры.

Типы озер. Происхождение озерных котловин чрезвычайно разнообразно. Есть котловины, возникшие в результате проявления внутренних сил Земли (*эндогенные*). Таково большинство крупных озер мира. Мелкие озера порождены деятельностью внешних сил (*экзогенные*). К эндогенным котловинам относятся тектонические и вулканические. *Тектонические* котловины представляют собой опустившиеся участки земной коры. Опускание может произойти в результате прогиба слоев или сбросов вдоль трещин. Так образовались крупнейшие озера — Аральское (прогиб земных слоев), Байкал, Танганьика, Верхнее, Гурон, Мичиган (сбросовые).

Котловины *вулканического* происхождения представляют собой кратеры вулканов или долины, перекрытые лавовыми потоками. Подобные котловины имеются на Камчатке, например Кроноцкое озеро.

Разнообразны озерные котловины экзогенного происхождения. В долинах рек часто встречаются озера-старицы, имеющие продолговатую форму. Они возникли на месте бывших русел рек.

Много озер образовалось в ледниковый период. Ледники при своем движении выпахивали огромные котловины. Они заполнялись водой. Такие ледниковые озера встречаются в Финляндии, Канаде, на северо-западе нашей страны. Многие озера вытянуты по направлению движения ледников.

В областях, сложенных водорастворимыми горными породами — известняками, доломитами и гипсом, нередко котловины карстового происхождения. Многие из них очень глубоки.

В тундре и тайге часто встречаются озерные котловины *термокарстового* происхождения, возникшие в результате неравномерного протаивания многолетней мерзлоты.

В горах в результате сильных землетрясений могут возникнуть *запрудные* озера. Так, в 1911 г. на Памире буквально на глазах у людей возникло Сарезское озеро: часть горного хребта в результате землетрясения была сброшена в долину реки, и образовалась запруда высотой более 500 м.

Немало котловин создано человеком — это *искусственные* водоемы.

В нашей стране сток большинства крупных рек зарегулирован (Волга, Ангара, Енисей). На них построены плотины и созданы большие водохранилища.

Многие озерные котловины имеют *смешанное* происхождение. Например, Ладожское, Онежское озера относятся к

тектоническим, но их котловины изменили свой облик под действием работы ледников и рек. Каспийское озеро — остаток большого морского бассейна, который некогда соединялся через Кумо-Манычскую впадину с Азовским и Черным морями.

Питаются озера за счет подземных вод, атмосферных осадков и впадающих в них рек. Часть воды из озера выносится в реки, испаряется с поверхности, уходит на подземный сток. В зависимости от соотношения приходной и расходной части происходит колебание уровня воды, которое приводит к изменению площадей озер. Например, озеро Чад в сухое время года имеет площадь 12 тыс. км², а в дождливое увеличивается до 26 тыс. км².

Изменение уровня воды в озерах связано с климатическими условиями: уменьшением количества выпавших осадков в бассейне озера, а также испарением с его поверхности. Уровень воды в озере может измениться также в результате тектонических движений.

По количеству растворенных в воде веществ озера делятся на пресные, солоноватые и соленые. *Пресные* озера имеют растворенных солей менее 1‰. *Солоноватыми* озерами считаются такие, где соленость больше 1‰, а *солеными* — свыше 24,7‰.

Проточные и сточные озера обычно пресные, так как приход пресной воды больше, чем расход. Бессточные озера преимущественно солоноватые или соленые. В этих озерах приход воды меньше, чем расход, поэтому соленость увеличивается. Соленые озера находятся в степной и пустынной зонах (Эльтон, Баскунчак, Мертвое, Большое Соленое и многие другие). Некоторые озера отличаются большим содержанием соды, например содовые озера юга Западной Сибири.

Жизнь озер. Озера развиваются в зависимости от окружающих условий. Реки, временные водные потоки приносят в озера огромное количество неорганических и органических веществ, которые отлагаются на дне. Появляется растительность, остатки которой также скапливаются, заполняя озерные котловины. В результате этого озера мелеют, на месте их могут образоваться болота (рис. 32).

Распространение озер зонально. В России наиболее густая озерная сеть наблюдается в областях древнего оледенения: на Кольском полуострове, в Карелии. Здесь озера пресные, большей частью проточные и быстро зарастающие. На юге, в лесостепной и степной зонах, количество озер резко умень-

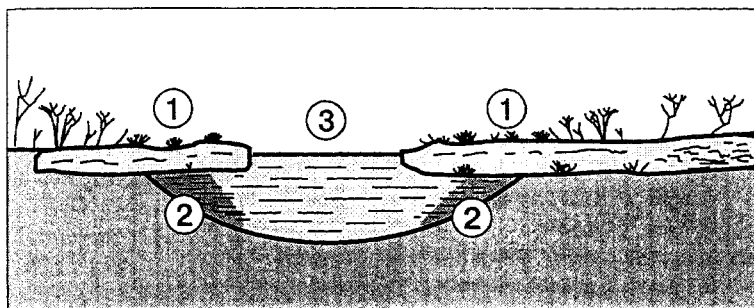


Рис. 32. Схема зарастания озера: 1 — моховой покров (рям), 2 — донные отложения органических остатков, 3 — "окно", или пространство чистой воды

шается. В пустынной зоне преобладают бессточные соленые озера. Они часто пересыхают, превращаясь в солончаки. Тектонические озера встречаются во всех поясах. У них большие глубины, поэтому изменение идет медленно, малозаметно для человека.

Болота. Болота — это избыточно увлажненные участки суши, покрытые влаголюбивой растительностью.

Заболачивание в лесной полосе нередко происходит при вырубке леса. Благоприятны условия для образования болот и в зоне тундры, где многолетняя мерзлота не пропускает грунтовых вод вглубь, и они остаются на поверхности.

По условиям питания и местонахождению болота подразделяются на низинные и верховые (рис. 33). *Низинные* болота питаются атмосферными осадками, поверхностными и подземными водами. Подземные воды богаты минеральными веществами. Это обуславливает богатую растительность на низинных болотах (ольха, ива, береза, осоки, хвощи, тростник, а из кустарников — багульник). Низинные болота широко распространены в лесной полосе на поймах больших рек.

При определенных условиях низинные болота могут превратиться в *верховые*. По мере нарастания торфа количество минеральных веществ уменьшается, а растения, требовательные к минеральной пище, уступают место менее требовательным. Обычно эти растения появляются в центре болота (сфагновые мхи). Они выделяют органические кислоты, которые замедляют распад растительной массы. Возникают повышения из торфа. Стекающая в болото вода уже не может попадать в центр, где распространяются сфагновые мхи,

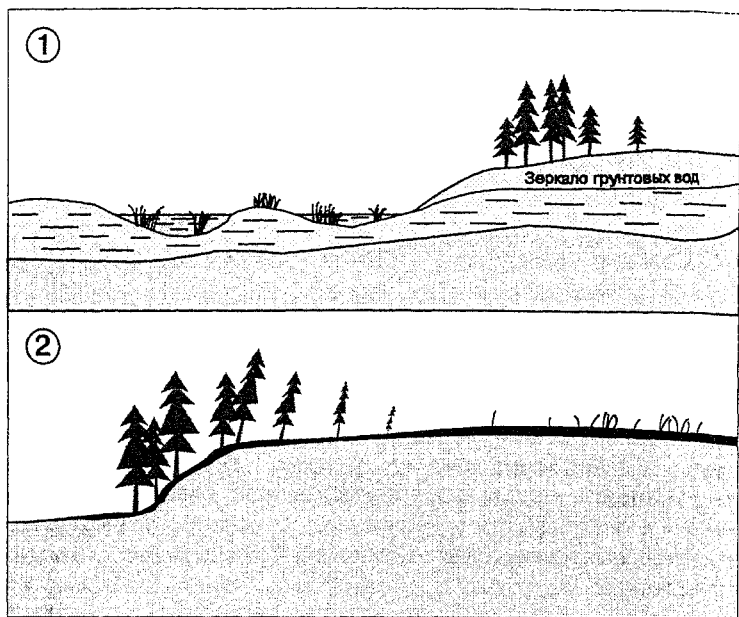


Рис. 33. Низинное (1) и верховое (2) болота

питающиеся атмосферной влагой. Верховые болота возникают на малорасчлененных водоразделах.

Болота занимают огромные пространства. Примерно $\frac{1}{10}$ территории нашей страны покрыта болотами. Обширны пространства болот в Псковской, Новгородской областях, Мещере и Западной Сибири, много болот в тундре.

В болотах добывают торф, который используют как топливо и как удобрение.

V. ВОЗДУШНАЯ ОБОЛОЧКА ЗЕМЛИ

§ 30. СОСТАВ И СТРОЕНИЕ АТМОСФЕРЫ

Состав атмосферы. Воздушная оболочка нашей планеты — атмосфера — защищает земную поверхность от губительного воздействия на живые организмы ультрафиолетового излучения Солнца. Предохраняет она Землю и от космических частиц — пыли и метеоритов.

Состоит атмосфера из механической смеси газов: 78 % ее объема составляет азот, 21 % — кислород и менее 1 % — гелий, аргон, криптон и другие инертные газы. Количество кислорода и азота в воздухе практически неизменно, потому что азот почти не вступает в соединения с другими веществами, а кислород, который хотя и очень активен и расходуется на дыхание, окисление и горение, все время пополняется растениями.

До высоты примерно 100 км процентное соотношение этих газов остается практически неизменным. Это обусловлено тем, что воздух постоянно перемешивается.

Кроме названных газов в атмосфере содержится около 0,03 % углекислого газа, который обычно концентрируется вблизи от земной поверхности и размещается неравномерно: в городах, промышленных центрах и в районах вулканической активности его количество возрастает.

В атмосфере всегда находится некоторое количество примесей — водяного пара и пыли. Содержание водяного пара зависит от температуры воздуха: чем выше температура, тем больше пара вмещает воздух. Благодаря наличию в воздухе парообразной воды возможны такие атмосферные явления, как радуга, рефракция солнечных лучей и т. п.

Пыль в атмосферу поступает во время вулканических извержений, песчаных и пыльных бурь, при неполном сгорании топлива на ТЭЦ и т. д.

Строение атмосферы. Плотность атмосферы меняется с высотой: у поверхности Земли она наивысшая, с поднятием вверх уменьшается. Так, на высоте 5,5 км плотность атмо-

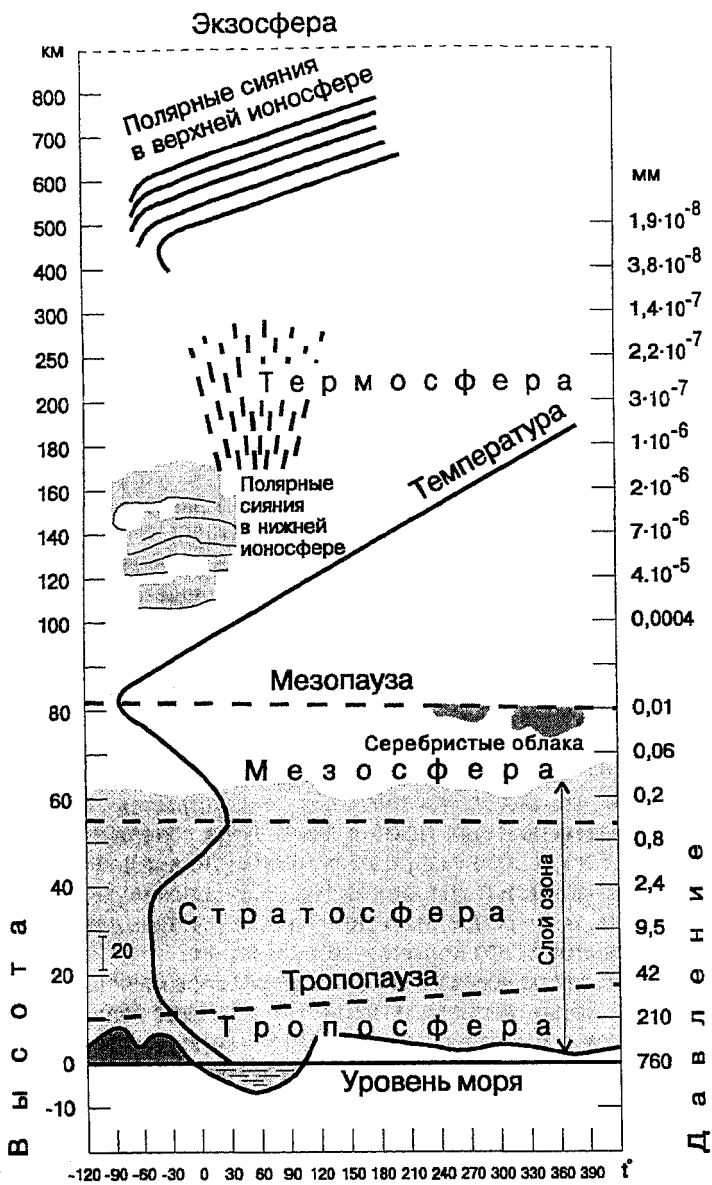


Рис. 34. Вертикальный разрез атмосферы

феры в 2 раза, а на высоте 11 км — в 4 раза меньше, чем в приземном слое.

В зависимости от плотности, состава и свойств газов атмосферу разделяют на пять концентрических слоев (рис. 34).

Нижний слой называют *тропосферой*. Ее верхняя граница проходит на высоте 8—10 км на полюсах и 16—18 км — на экваторе. В тропосфере содержится до 80 % всей массы атмосферы и почти весь водяной пар.

Температура воздуха в тропосфере с высотой понижается на 0,6 °С через каждые 100 м и у верхней ее границы составляет 45—55 °С ниже 0 °С.

Воздух в тропосфере постоянно перемешивается, перемещается в разных направлениях. Только здесь наблюдаются туманы, дожди, снегопады, грозы, бури и другие погодные явления.

Выше расположена *стратосфера*, которая простирается до высоты 50—55 км. Плотность воздуха и давление в стратосфере незначительны. Разреженный воздух состоит из тех же газов, что и в тропосфере, но в нем больше озона. Наибольшая концентрация озона наблюдается на высоте 15—30 км. Температура в стратосфере повышается с высотой и на верхней границе ее достигает 0 °С и выше. Это объясняется тем, что озон поглощает коротковолновую часть солнечной энергии, в результате чего воздух нагревается.

Над стратосферой лежит *мезосфера*, простирающаяся до высоты 80 км. В ней температура вновь понижается и достигает — 90 °С. Плотность воздуха там в 200 раз меньше, чем у поверхности Земли.

Выше мезосферы располагается *термосфера* (от 80 до 800 км). Температура в этом слое повышается: на высоте 150 км — до +220 °С; 600 км — до +1500 °С. Газы атмосферы (азот и кислород) находятся в ионизированном состоянии. Под действием коротковолновой солнечной радиации отдельные электроны отрываются от оболочек атомов. В результате в ионосфере возникают слои заряженных частиц. Самый плотный их слой находится на высоте 300—400 км. В связи с небольшой плотностью солнечные лучи там не рассеиваются, поэтому небо черное, на нем ярко светят звезды и планеты.

В ионосфере возникают *полярные сияния*, образуются мощные электрические токи, которые вызывают нарушения магнитного поля Земли.

Выше 800 км расположена внешняя оболочка — *экзосфера*. Скорость движения отдельных частиц в экзосфере приближается к критической — 11,2 мм/с, поэтому отдельные

частицы могут преодолеть земное притяжение и уйти в мировое пространство.

Значение атмосферы. Роль атмосферы в жизни нашей планеты исключительно велика. Без нее Земля была бы мертва. Атмосфера предохраняет поверхность Земли от сильного нагревания и охлаждения. Ее влияние можно уподобить роли стекла в парниках: пропускать солнечные лучи и препятствовать отдаче тепла.

Атмосфера предохраняет живые организмы от коротковолновой и корпускулярной радиации Солнца. Атмосфера — среда, где происходят погодные явления, с которыми связана вся человеческая деятельность. Изучение этой оболочки производится на метеорологических станциях. Днем и ночью, в любую погоду метеорологи ведут наблюдения за состоянием нижнего слоя атмосферы. Четыре раза в сутки, а на многих станциях ежечасно измеряют температуру, давление, влажность воздуха, отмечают облачность, направление и скорость ветра, количество осадков, электрические и звуковые явления в атмосфере. Метеорологические станции расположены всюду: в Антарктиде и во влажных тропических лесах, на высоких горах и на необозримых просторах тундры. Ведутся наблюдения и на океанах со специально построенных кораблей.

С 30-х годов XX века начались наблюдения в свободной атмосфере. Стали запускать радиозонды, которые поднимаются на высоту 25—35 км и при помощи радиоаппаратуры передают на Землю сведения о температуре, давлении, влажности воздуха и скорости ветра. В наше время широко используют также метеорологические ракеты и спутники. Последние имеют телевизионные установки, передающие изображение земной поверхности и облаков.

§ 31. НАГРЕВАНИЕ АТМОСФЕРЫ

Основным источником тепла, нагревающим земную поверхность и атмосферу, служит Солнце. Другие источники — Луна, звезды, разогретые недра Земли — поставляют столь малое количество тепла, что ими можно пренебречь.

Солнце излучает в мировое пространство колоссальную энергию в виде тепловых, световых, ультрафиолетовых и других лучей. Вся совокупность лучистой энергии Солнца называется *солнечной радиацией*. Земля получает ничтожную долю этой энергии — одну двухмиллиардную часть, которой, однако, достаточно не только для поддержания жизни,

но и для осуществления экзогенных процессов в литосфере, физико-химических явлений в гидросфере и атмосфере.

Различают радиацию прямую, рассеянную и суммарную.

При ясной, безоблачной погоде поверхность Земли нагревается в основном *прямой радиацией*, которую мы ощущаем как теплые или горячие солнечные лучи.

Проходя через атмосферу, солнечные лучи отражаются от молекул воздуха, капелек воды, пылинок, отклоняются от прямолинейного пути и рассеиваются. Чем пасмурнее погода, тем плотнее облачность и тем большее количество радиации рассеивается в атмосфере. При сильной запыленности воздуха, например, во время пыльных бурь или в промышленных центрах рассеивание ослабляет радиацию на 40—45 %.

Значение *рассеянной радиации* в жизни Земли очень велико. Благодаря ей освещаются предметы, находящиеся в тени. Она же обуславливает цвет неба.

Интенсивность радиации зависит от угла падения солнечных лучей на земную поверхность. Когда солнце находится высоко над горизонтом, его лучи преодолевают атмосферу более коротким путем, следовательно, меньше рассеиваются и сильнее нагревают поверхность Земли. По этой причине в солнечную погоду утром и вечером всегда прохладнее, чем в полдень.

На распределение радиации на поверхности Земли огромное влияние оказывают ее шарообразность и наклон земной оси к плоскости орбиты. В экваториальных и тропических широтах солнце в течение всего года находится высоко над горизонтом, в средних широтах его высота меняется в зависимости от времени года, а в Арктике и Антарктике высоко над горизонтом оно не поднимается никогда. В результате в тропических широтах солнечные лучи рассеиваются меньше, а на единицу площади земной поверхности приходится их большее количество, чем в средних или высоких широтах. По этой причине количество радиации зависит от широты места: чем дальше от экватора, тем меньше ее поступает на земную поверхность.

Поступление лучистой энергии связано с годичным и суточным движением Земли. Так, в средних и высоких широтах ее количество зависит от времени года. На Северном полюсе, например, летом солнце не заходит за горизонт 186 дней, т. е. 6 месяцев, и количество поступающей радиации даже больше, чем на экваторе. Однако солнечные лучи имеют малый угол падения, и большая часть радиации рассеивается в атмосфере. В результате поверхность Земли нагревается незначительно.

Зимой солнце в Арктике находится за горизонтом, и прямой радиации на поверхность Земли не поступает вообще.

На количество поступающей солнечной радиации влияет и рельеф земной поверхности. На склонах гор, холмов, оврагов и т. д., обращенных к солнцу, угол падения солнечных лучей увеличивается, и они сильнее нагреваются.

Совокупность всех этих факторов приводит к тому, что на земной поверхности нет места, где интенсивность радиации была бы постоянной.

Неодинаково происходит и нагревание суши и воды. Поверхность суши нагревается и охлаждается быстро. Вода же нагревается медленно, но зато дольше удерживает тепло. Объясняется это тем, что теплоемкость воды больше теплоемкости горных пород, слагающих сушу.

На суше солнечные лучи нагревают только поверхностный слой, а в прозрачной воде тепло проникает на значительную глубину, в результате чего нагревание происходит медленнее. На его скорость влияет и испарение, так как на него нужно много тепла. Вода остывает медленно, в основном потому, что объем прогреваемой воды во много раз больше объема нагреваемой суши; к тому же при ее охлаждении верхние, остывшие слои воды опускаются на дно, как более плотные и тяжелые, а на смену им из глубины водоема поднимается теплая вода.

Накопленное тепло вода расходует более равномерно. В результате море в среднем теплее суши, а колебания температуры воды никогда не бывают такими резкими, как колебания температуры суши.

§ 32. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

Солнечные лучи, проходя через прозрачные тела, нагревают их очень слабо. По этой причине прямые солнечные лучи почти не нагревают воздух атмосферы, а нагревают поверхность Земли, от которой прилегающим слоям воздуха передается тепло. Нагреваясь, воздух становится более легким и поднимается вверх, где перемешивается с более холодным, в свою очередь, нагревая его.

По мере поднятия вверх воздух охлаждается. На высоте 10 км температура постоянно держится на отметке 40—45 °С.

Понижение температуры воздуха с высотой — это общая закономерность. Однако нередко наблюдается и повышение температуры по мере поднятия вверх. Такое явление

называют *температурной инверсией*, т. е. перестановкой температур.

Возникают инверсии либо при быстром охлаждении земной поверхности и прилегающего воздуха, либо, наоборот, при стекании тяжелого холодного воздуха по склонам гор в долины. Там этот воздух застаивается и вытесняет более теплый вверх по склонам.

В течение суток температура воздуха не остается постоянной, а непрерывно изменяется. Днем поверхность Земли нагревается и нагревает прилегающий слой воздуха. Ночью Земля излучает тепло, охлаждается, и происходит охлаждение воздуха. Наиболее низкие температуры наблюдаются не ночью, а перед восходом солнца, когда земная поверхность уже отдала все тепло. Аналогично этому наиболее высокие температуры воздуха устанавливаются не в полдень, а около 15 ч.

На экваторе *суточный ход температур* однообразен, днем и ночью они почти одинаковы. Очень незначительны суточные амплитуды на морях и у морских побережий. А вот в пустынях днем поверхность земли часто нагревается до 50—60 °С, а ночью нередко охлаждается до 0 °С. Таким образом, суточные амплитуды превышают здесь 50—60 °С.

В умеренных широтах наибольшее количество солнечной радиации поступает на Землю в дни летних солнцестояний, т. е. 22 июня в северном полушарии и 21 декабря — в южном. Однако самыми жаркими месяцами является не июнь (декабрь), а июль (январь), так как в день солнцестояния огромное количество радиации расходуется на нагревание земной поверхности. В июле (январе) радиация уменьшается, но эта убыль компенсируется сильно нагретой земной поверхностью.

Аналогично этому самый холодный месяц не июнь (декабрь), а июль (январь).

На море, в связи с тем что вода более медленно охлаждается и нагревается, смещение температур еще больше. Здесь самый жаркий месяц август, а самый холодный — февраль в северном полушарии и соответственно самый жаркий — февраль и самый холодный — август в южном.

Годовая амплитуда температур в значительной степени зависит от широты места. Так, на экваторе амплитуда в течение года остается почти постоянной и составляет 22—23 °С. Самые высокие годовые амплитуды характерны для территорий, расположенных в средних широтах в глубине континентов.

Любая местность характеризуется также абсолютными и средними температурами. *Абсолютные температуры* устанавли-

ливают путем многолетних наблюдений на метеостанциях. Так, самое жаркое (+58 °С) место на Земле находится в Ливийской пустыне; самое холодное (-89,2 °С) — в Антарктиде на станции «Восток». В Северном полушарии самая низкая (-70,2 °С) температура отмечена в поселке Оймякон в Восточной Сибири.

Средние температуры определяют как среднеарифметическое нескольких показателей термометра. Так, чтобы определить среднесуточную температуру, производят измерения в 1 ч, 7, 13 и 19 часов, т. е. 4 раза в сутки. Из полученных цифр находят среднеарифметическую величину, которая и будет среднесуточной температурой данной местности. Затем находят среднемесячные и среднегодовые температуры как среднеарифметическое среднесуточных и среднемесячных.

На карте можно обозначить точки с одинаковыми значениями температур и провести линии, соединяющие их. Эти линии называют *изотермами*. Наиболее показательны изотермы января и июля, т. е. самого холодного и самого теплого месяцев в году. По изотермам можно определить, как распределяется тепло на Земле. При этом прослеживаются отчетливо выраженные закономерности.

1. Самые высокие температуры наблюдаются не на экваторе, а в тропических и субтропических пустынях, где преобладает прямая радиация.

2. В обоих полушариях температуры понижаются от тропических широт к полюсам.

3. В связи с преобладанием моря над сушей ход изотерм в южном полушарии более плавный, а амплитуды температур между самым жарким и самым холодным месяцем меньше, чем в северном.

Расположение изотерм позволяет выделить семь тепловых поясов:

— *жаркий*, расположенный между годовыми изотермами +20 °С в северном и южном полушариях;

— два *умеренных*, заключенных между изотермами +20 и +10 °С самых теплых месяцев, т. е. июня и января;

— два *холодных*, расположенных между изотермами +10 и 0 °С так же самых теплых месяцев;

— две *области вечного мороза*, в которых температура самого теплого месяца ниже 0 °С.

Границы поясов освещенности, проходящие по тропикам и полярным кругам, не совпадают с границами тепловых поясов.

§ 33. ВОДА В АТМОСФЕРЕ

В воздухе атмосферы всегда содержится некоторое количество водяного пара, который образуется в результате *испарения* с поверхности суши и океана. Скорость испарения зависит прежде всего от температуры и ветра. Чем выше температура и больше емкость пара, там сильнее испарение.

Количество воды, которое может испариться с той или иной поверхности, называется *испаряемостью*. Испаряемость зависит от температуры воздуха и количества в нем водяного пара. Чем выше температура воздуха и чем меньше он содержит водяного пара, тем выше испаряемость. В полярных странах при низкой температуре воздуха она ничтожна. Невелика она и на экваторе, где воздух содержит ограниченное количество водяного пара. Максимальна испаряемость в тропических пустынях, где она достигает 3000 м.

Воздух может принимать водяной пар до известного предела, пока он не станет *насыщенным*. Если насыщенный воздух нагреть, он вновь приобретет способность принимать водяной пар, т. е. опять будет *ненасыщенным*. При охлажде-

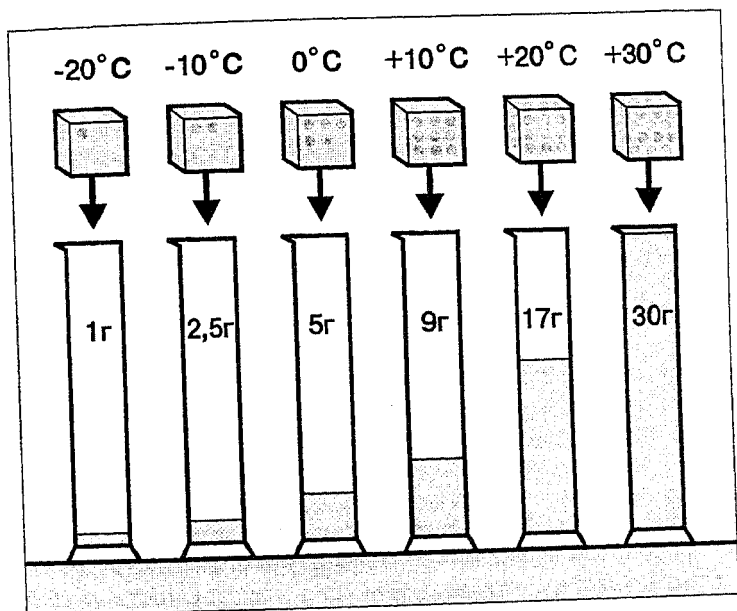


Рис. 35. Зависимость количества водяного пара в насыщенном воздухе от его температуры

нии ненасыщенного воздуха он приближается к насыщению. Таким образом, способность воздуха содержать в себе большее или меньшее количество водяного пара зависит от температуры (рис. 35).

Количество водяного пара, которое содержится в воздухе в данный момент (в г на 1 м^3), называют *абсолютной влажностью*.

Отношение количества водяных паров, содержащихся в воздухе в данный момент к тому их количеству, которое он может вместить при данной температуре, называется *относительной влажностью* и измеряется в процентах.

Момент перехода воздуха от ненасыщенного состояния к насыщенному называют *точкой росы*. Чем ниже температура воздуха, тем меньше он может содержать водяного пара и тем выше относительная влажность. Это означает, что при холодном воздухе быстрее наступает точка росы.

При наступлении точки росы, т. е. при полном насыщении воздуха водяным паром, когда относительная влажность приближается к 100 %, происходит *конденсация водяных паров*, переход воды из газообразного состояния в жидкое.

Таким образом, процесс конденсации водяных паров происходит либо при сильном испарении влаги и насыщении воздуха водяным паром, либо при понижении температуры воздуха и относительной влажности. При отрицательных температурах водяной пар, минуя жидкое состояние, превращается в твердые кристаллики льда и снега. Этот процесс называется *сублимацией водяных паров*.

Конденсация и сублимация водяного пара определяют образование осадков.

§ 34. ОБРАЗОВАНИЕ ОБЛАКОВ, ОСАДКИ

При конденсации водяного пара в атмосфере на высоте от нескольких десятков до сотен метров и даже километров образуются облака.

Это происходит в результате испарения водяного пара с поверхности Земли и его поднятия восходящими потоками теплого воздуха. В зависимости от своей температуры облака состоят из капелек воды или кристалликов льда и снега. Эти капли и кристаллы настолько малы, что их удерживают в атмосфере даже слабые восходящие потоки воздуха.

Форма облаков очень разнообразна и зависит от многих факторов: высоты, скорости ветра, влажности и т. д. Вместе

с тем можно выделить группы облаков, сходные по форме и высоте. Наиболее известны из них кучевые, перистые и слоистые, а также их разновидности: слоисто-кучевые, перисто-слоистые, слоисто-дождевые и др. Облака, перенасыщенные водяным паром, имеющие темно-фиолетовый или почти черный оттенок, называют тучами.

Степень покрытия неба облаками, выраженную в баллах (от 1 до 10), называют облачностью.

Высокая степень облачности предвещает, как правило, выпадение осадков. Их выпадение наиболее вероятно из высокостроистых, кучево-дождевых и слоисто-дождевых облаков.

Воду, выпавшую в твердом или жидком состоянии в виде дождя, снега, града или сконденсировавшуюся на поверхности различных тел в виде росы, инея называют атмосферными осадками.

Дождь образуется тогда, когда мельчайшие капельки влаги, содержащиеся в облаке, сливаются в более крупные и, преодолевая силу восходящих потоков воздуха, под действием силы тяжести выпадают на землю. Если в облаке оказываются мельчайшие частицы твердых тел, например пыль, то процесс конденсации ускоряется, поскольку пылинки играют роль ядер конденсации.

В пустынных районах при низкой относительной влажности конденсация водяного пара возможна только на большой высоте, где температура ниже, однако дождевики, не долетая до земли, испаряются в воздухе. Это явление получило название *сухих дождей*.

Если конденсация водяного пара в облаке происходит при отрицательных температурах, образуются осадки в виде снега.

Иногда снежинки из верхних слоев облака опускаются в нижнюю его часть, где температура выше и содержится огромное количество переохлажденных капель воды, удерживаемых в облаке восходящими потоками воздуха. Соединяясь с капельками воды, снежинки теряют форму, вес их увеличивается, и они выпадают на землю в виде снежной *пурги* — шарообразных снежных комочков диаметром 2—3 мм.

Необходимое условие образования *града* — наличие облака, нижний край которого находится в зоне положительных, а верхний — отрицательных температур (рис. 36). При этих условиях образовавшаяся снежная пурга восходящими потоками поднимается в зону отрицательных температур, где превращается в льдинку шарообразной формы — гради-

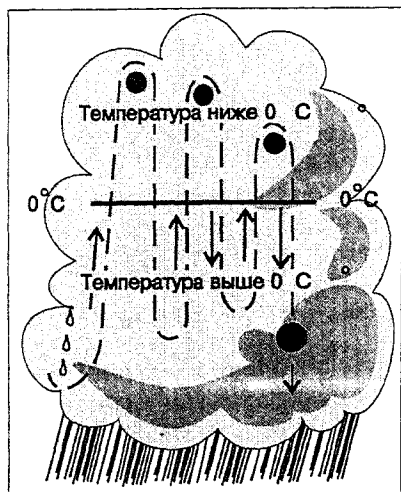


Рис. 36. Схема образования града в облаках вертикального развития

ну. Процесс поднятия и опускания градины может происходить многократно и сопровождаться увеличением ее массы и размера. Наконец градина, преодолевая сопротивление восходящих потоков воздуха, выпадает на землю. Градины неодинаковы по размеру: они могут быть величиной от горошины до куриного яйца.

Количество атмосферных осадков измеряют с помощью *осадкомера*. Многолетние наблюдения за количеством выпадающих осадков позволили

установить общие закономерности их распространения по поверхности Земли. Наибольшее количество осадков выпадает в экваториальной полосе — в среднем 1500—2000 мм. В тропиках количество их снижается до 200—250 мм. В умеренных широтах происходит увеличение выпадающих осадков до 500—600 мм, а в полярных областях количество их не превышает 200 мм в год.

В пределах поясов также наблюдается значительная неравномерность в выпадении осадков. Она обусловлена направлением ветров и особенностями рельефа местности. Например, на западных склонах Скандинавских гор выпадает 1000 мм осадков, а на восточных — в 2 с лишним раза меньше. Есть на Земле места, где осадки практически отсутствуют. Например, в пустыне Атакама осадки выпадают раз в несколько лет, а, по многолетним данным, величина их не превышает 1 мм в год. Очень сухо и в центральной Сахаре, где среднее ежегодное количество осадков менее 50 мм.

В то же время в некоторых местах выпадает гигантское количество осадков. Например, в Черрапунджи — на южных склонах Гималаев их выпадает до 12 000 мм, а в отдельные годы — до 23 000 мм, на склонах горы Камерун в Африке — до 10 000 мм.

Такие осадки, как роса, иней, туман, изморозь, гололед, образуются не в верхних слоях атмосферы, а в ее при-

земном слое. Охлаждаясь от поверхности Земли, воздух уже не может удерживать водяной пар, он конденсируется и оседает на окружающих предметах. Так образуется *роса*. При температуре предметов, расположенных у поверхности Земли, ниже 0°C , образуется *иней*.

При наступлении более теплого воздуха и его соприкосновении с холодными предметами (чаще всего проводами, ветками деревьев) выпадает *изморозь* — налет рыхлых кристалликов льда и снега.

При концентрации водяных паров в приземном слое атмосферы образуется *туман*. Особенно часты туманы в крупных промышленных центрах, где капельки воды, сливаясь с пылью и газами, образуют ядовитую смесь — *смог*.

Когда температура поверхности Земли ниже 0°C , а из более верхних слоев выпадают осадки в виде дождя, начинается *гололедица*. Смерзаясь, капельки влаги образуют ледяную корку. Иногда льда так много, что под его тяжестью рвутся провода, ломаются ветки деревьев. Особенно опасна гололедица на дорогах и зимних пастбищах. Похож на гололедицу *гололед*. Но он формируется иначе: на землю выпадают жидкие осадки, а при понижении температуры ниже 0°C вода замерзает, образуя скользкую ледяную пленку.

§ 35. ДАВЛЕНИЕ АТМОСФЕРЫ

Масса 1 м^3 воздуха на уровне моря при температуре $+4^{\circ}\text{C}$ в среднем составляет $1\text{ кг } 300\text{ г}$, что обуславливает существование *атмосферного давления*. Живые организмы, в том числе и здоровый человек, не ощущают этого давления, так как оно уравнивается внутренним давлением организма.

За давлением воздуха и его изменениями ведутся систематические наблюдения на метеостанциях. Давление измеряют *барометрами* — ртутными и пружинными, или anerоидами. Измеряется давление в паскалях (Па). Давление атмосферы на широте 45° на высоте 0 м над ур. м. при температуре $+4^{\circ}\text{C}$ считается нормальным, оно соответствует 1013 гПа , или 760 мм ртутного столба, или 1 атмосфере .

Давление с высотой уменьшается, в среднем на 1 гПа на каждые 8 м высоты. Пользуясь этим, можно, зная давление у поверхности Земли и на какой-то высоте, вычислить эту высоту. Разница давлений, например, в 300 гПа означает, что предмет находится на высоте $300 \times 8 = 2400\text{ м}$.

Давление атмосферы зависит не только от высоты, но и от плотности воздуха. Холодный воздух плотнее и тяжелее теплого. В зависимости от того, какие воздушные массы господствуют в данной местности, в ней устанавливается высокое или низкое атмосферное давление. На метеостанциях или в пунктах наблюдения оно фиксируется автоматическим прибором — *барографом*.

Если на карте соединить все точки с одинаковым давлением, то получившиеся линии — *изобары* покажут, как оно распределяется на поверхности Земли.

На картах изобар отчетливо проявляются две закономерности:

1. Давление изменяется от экватора к полюсам зонально. На экваторе оно пониженное, в тропических областях (особенно над океанами) — повышенное, в умеренных — переменное от сезона к сезону, а в полярных вновь повышается.

2. Над материками зимой устанавливается повышенное, а летом — пониженное давление. Это обусловлено тем, что суша зимой охлаждается и воздух над ней уплотняется, а летом, наоборот, над сушей воздух более теплый и менее плотный.

§ 36. ВЕТРЫ, ИХ ВИДЫ

Из области, где давление повышено, воздух перемещается, «течет» туда, где оно ниже.

Движение воздуха называется *ветром*. Для наблюдения за ветром — его скоростью, направлением и силой — используют флюгер и анемометр. По результатам наблюдений за направлением ветра строят *розу ветров* (рис. 37) за месяц, сезон или год. Анализ розы ветров позволяет установить преобладающие направления ветров для данной местности.

Скорость ветра измеряют в метрах в секунду. При *штиле* скорость ветра не превышает 0 м/с. Ветер, скорость которого более 29 м/с, называется

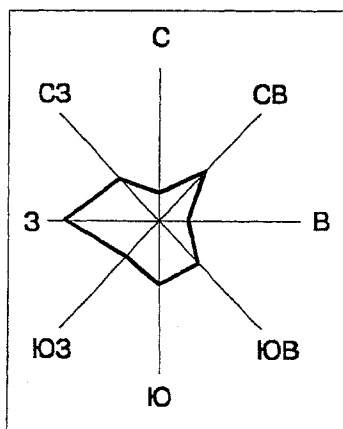


Рис. 37. Роза ветров

ураганом. Самые сильные ураганы отмечены в Антарктиде, где скорость ветра достигала 100 м/с.

Силу ветра измеряют в баллах, она зависит от его скорости и плотности воздуха. По шкале Бофорта шторму соответствует 0 баллов, а урагану — 12.

Зная общие закономерности распределения атмосферного давления, можно установить направление основных потоков воздуха в нижних слоях атмосферы (рис. 38).

1. Из тропических и субтропических областей повышенного давления основной поток воздуха устремляется к экватору, в область постоянно низкого давления. Под влиянием отклоняющей силы вращения Земли эти потоки отклоняются вправо в северном полушарии и влево — в южном. Эти постоянно дующие ветры называют пассатами.

2. Часть тропического воздуха перемещается в умеренные широты. Это движение особенно активизируется летом, когда там господствует более низкое давление. Эти потоки воздуха в северном полушарии также отклоняются вправо и принимают вначале юго-западное, а затем и западное направление, а в южном — северо-западное, переходящее в

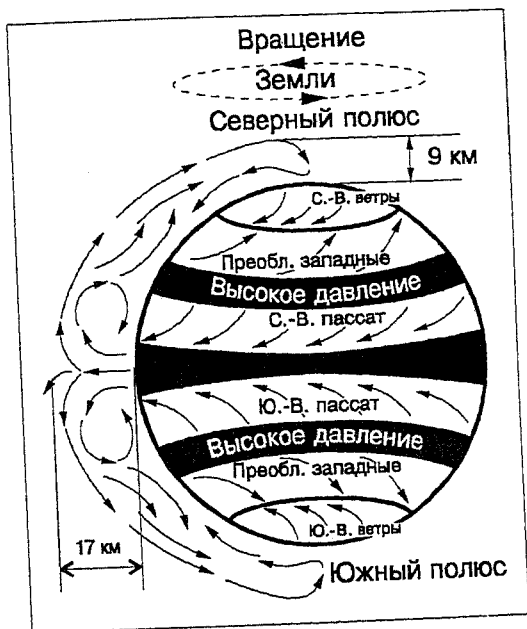


Рис. 38. Схема общей циркуляции атмосферы

западное. Таким образом, в умеренных широтах обоих полушарий преобладает *западный перенос воздуха*.

3. Из полярных областей высокого давления воздух перемещается в умеренные широты, принимая северо-восточное направление в северном и юго-восточное — в южном полушариях.

Пассаты, западные ветры умеренных широт и ветры из полярных областей называются *планетарными* и распределяются зонально.

Это распределение нарушается на восточных побережьях материков северного полушария в умеренных широтах. В результате сезонного изменения давления над сушей и прилегающей водной поверхностью океана зимой здесь дуют ветры с суши на море, а летом — с моря на сушу. Эти ветры, изменяющие свое направление по сезонам, называют *муссонами*. Под действием отклоняющего влияния вращающейся Земли летние муссоны принимают юго-восточное направление, а зимние — северо-западное. Муссонные ветры особенно характерны для Дальнего Востока и Восточного Китая, в меньшей мере они проявляются на восточном побережье Северной Америки.

Кроме планетарных ветров и муссонов имеются *локальные*, так называемые *местные ветры*. Они возникают из-за особенностей рельефа, неравномерности нагревания подстилающей поверхности.

Бризы — береговые ветры, наблюдающиеся в ясную погоду на берегах водоемов: океанов, морей, крупных озер, водохранилищ и даже рек. Днем они дуют с водной поверхности (морской бриз), ночью — с суши (береговой бриз). Днем суша нагревается сильнее, чем море. Воздух над сушей поднимается, потоки воздуха с моря устремляются на его место, образуя дневной бриз. В тропических широтах дневные бризы — довольно сильные ветры, приносящие влагу и прохладу с моря.

Ночью поверхность воды нагрета сильнее, чем суша. Воздух поднимается вверх, а на его место устремляется воздух с суши. Образуется ночной бриз. По силе он обычно уступает дневному.

В горах наблюдаются *фены* — теплые и сухие ветры, дующие по склонам.

Если на пути движущегося холодного воздуха поднимаются, подобно плотине, невысокие горы, может возникнуть *бора*. Холодный воздух, преодолев невысокий барьер, с огромной силой обрушивается вниз, причем при этом происходит резкое понижение температуры. Бора известна под раз-

ными названиями: на Байкале это сарма, в Северной Америке — чинук, во Франции — мистраль и т. д. В России бора особенной силы достигает в Новороссийске.

Суховеи — это сухие и знойные ветры. Они характерны для засушливых районов земного шара. В Средней Азии суховеи называют самумом, в Алжире — сирокко, в Египте — хатсином и т. д. Скорость ветра-суховея достигает 20 м/с, а температура воздуха — +40 °С. Относительная влажность при суховее резко падает и понижается до 10 %. Растения, испаряя влагу, высыхают на корню. В пустынях суховеи нередко сопровождаются пыльными бурями.

Направление и силу ветра необходимо учитывать при строительстве населенных пунктов, промышленных предприятий, жилищ. Ветер — один из важнейших источников альтернативной энергии, его используют для выработки электроэнергии, а также для работы мельниц, водокачек и др.

§ 37. ПОГОДА И ЕЕ ПРЕДСКАЗАНИЕ

Погодой называют состояние нижнего слоя атмосферы в данное время и в данном месте. Ее самая характерная особенность — изменчивость, нередко в течение суток погода меняется несколько раз.

Резкие изменения в погоде чаще всего связаны со сменой воздушных масс.

Воздушная масса — это огромный движущийся объем воздуха с определенными физическими свойствами: температурой, плотностью, влажностью, прозрачностью.

Нижние слои атмосферы, соприкасаясь с подстилающей поверхностью, приобретают некоторые ее свойства. Над разогретой поверхностью формируются теплые воздушные массы, над охлажденной — холодные. Чем дальше воздушная масса находится над поверхностью, с которой испаряется влага, тем больше становится ее влажность.

В зависимости от места формирования воздушные массы подразделяют на арктические, умеренные, тропические, экваториальные. Если формирование воздушных масс происходит над океаном, их называют морскими. Зимой они очень влажные и теплые, летом — прохладные. Континентальные воздушные массы имеют малую относительную влажность, более высокие температуры и отличаются сильной запыленностью.

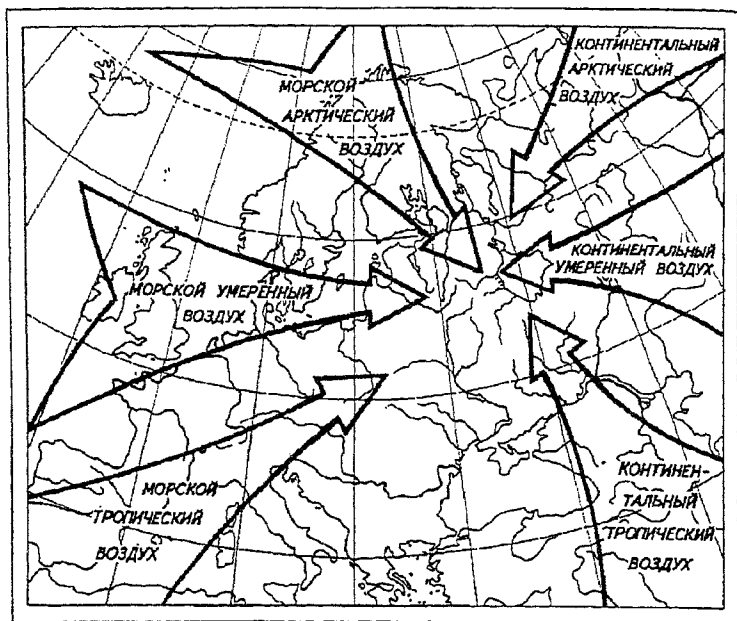


Рис. 39. Основные виды воздушных масс в Европейской части России

Россия расположена в умеренном поясе, поэтому на западе преобладают морские умеренные воздушные массы, а над большей частью остальной территории — континентальные. За Северным полярным кругом формируются арктические воздушные массы (рис. 39).

При соприкосновении различных воздушных масс в тропосфере возникают переходные области — атмосферные фронты, длина их достигает 1000 км, а высота — несколько сот метров.

Теплый фронт (рис. 40, 1) образуется при активном движении теплого воздуха в сторону холодного. Тогда легкий теплый воздух натекает на отступающий клин холодного воздуха и поднимается по плоскости раздела. При подъеме он охлаждается. Это приводит к конденсации водяных паров и возникновению перистых и слоисто-дождевых облаков, а затем к выпадению осадков.

При приближении теплого фронта за сутки появляются его предвестники — перистые облака. Они плывут, как перья, на высоте 7—10 км. В это время атмосферное давление

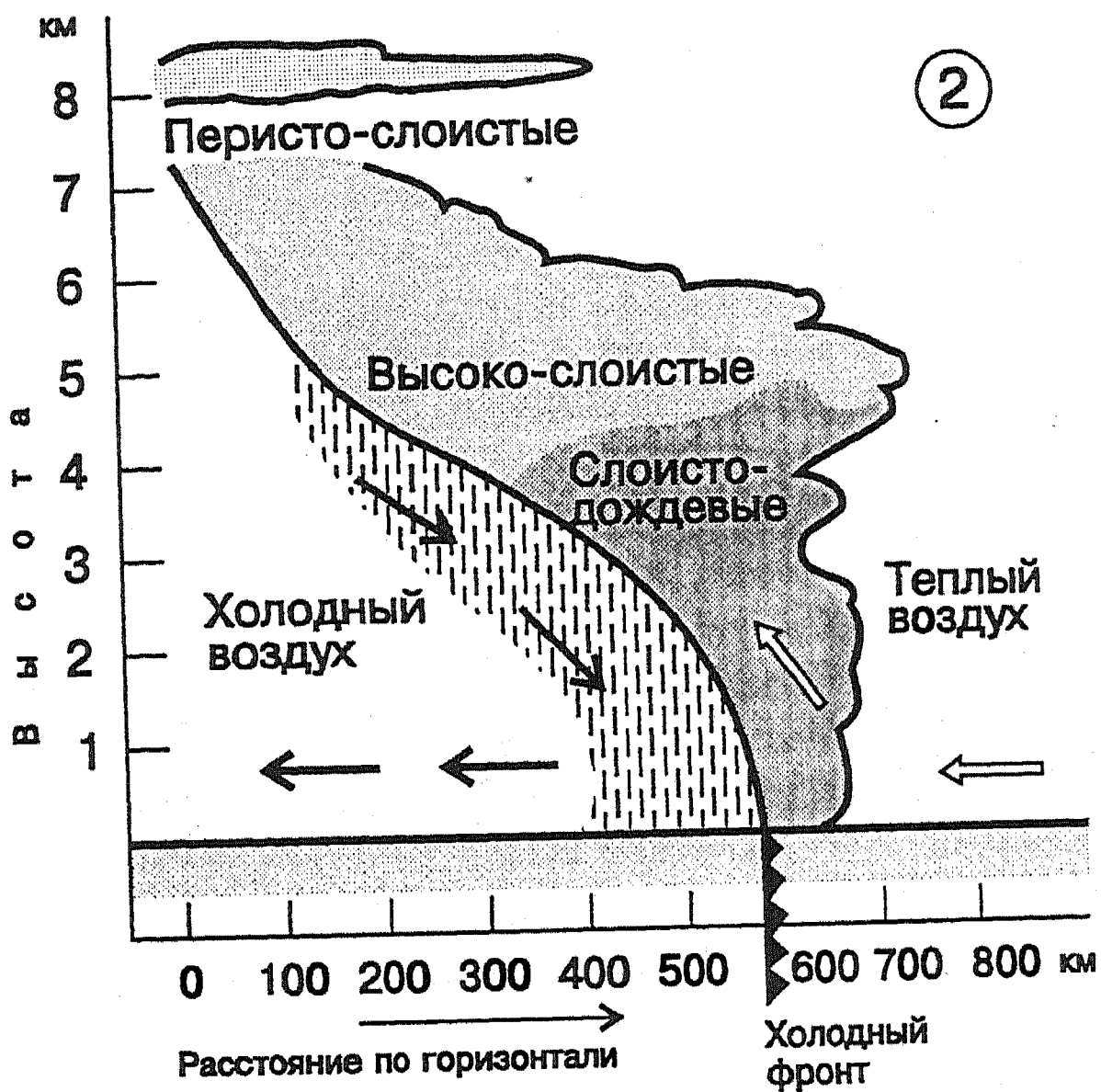
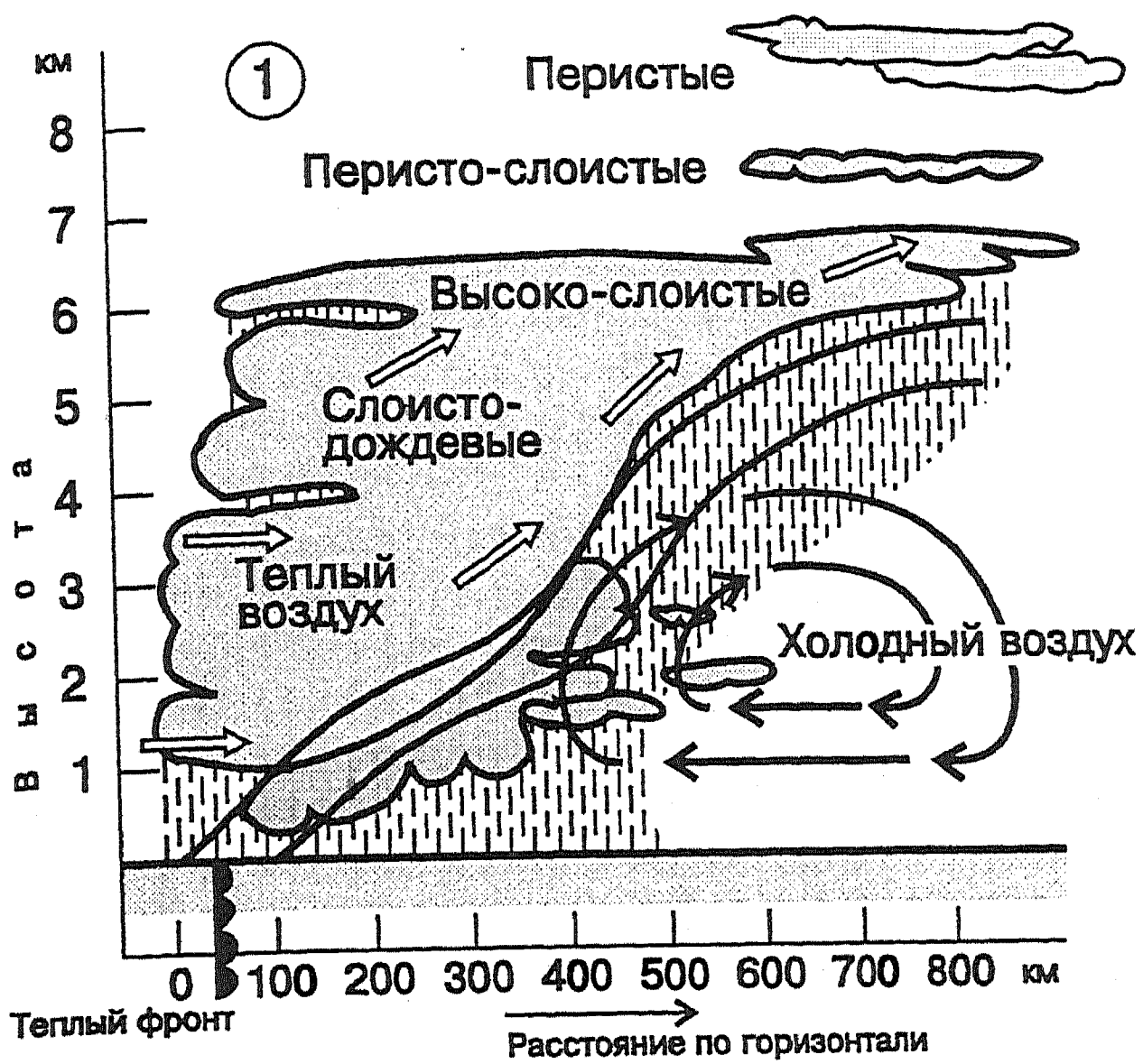


Рис. 40. Теплый (1) и холодный (2) фронты

понижается. С приходом теплого фронта обычно связаны потепление и выпадение обложных, морозящих осадков.

Холодный фронт (рис. 40, 2) образуется при перемещении холодного воздуха в сторону теплого. Холодный воздух, как более тяжелый, подтекает под теплый и выталкивает его вверх. При этом возникают слоисто-кучевые дождевые облака, громоздящиеся как горы или башни, а осадки из них выпадают в виде ливней со шквалами и грозами. С прохождением холодного фронта связаны похолодание и усиление ветра.

На фронтах иногда образуются мощные завихрения воздуха, аналогично водоворотам при встрече двух потоков воды. Размеры этих воздушных завихрений могут достигать 2—3 тыс. км в поперечнике. Если давление в их центральных частях ниже, чем по краям, — это **циклон**. Если, наоборот, давление повышено в центре, то этот вихрь называют **антициклоном**.

В центральной части циклона воздух поднимается и растекается к его окраинам (рис. 41, 1). При подъеме воздух расширяется, охлаждается, конденсируются водяные пары и возникает облачность. При прохождении циклонов обычно наступает пасмурная погода с выпадением дождей летом и со снегопадами зимой.

Циклоны обычно перемещаются с запада на восток со средней скоростью около 30 км/ч, или 700 км в сутки.

Тропические циклоны отличаются от циклонов умеренных широт меньшими размерами и исключительно бурной погодой. Диаметр тропических циклонов обычно 200—500 км, давление в центре опускается до 960—970 гПа. Им сопут-

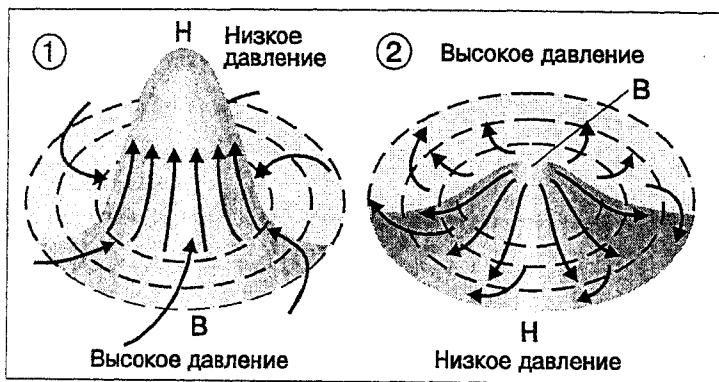


Рис. 41. Схема движения воздуха в циклоне (1) и антициклоне (2)

ствуют ураганные ветры до 50 м/с, причем ширина штормовой зоны достигает 200—250 км. В тропических циклонах образуются мощные облака и выпадают обильные осадки (до 300—400 мм в сутки). Характерная особенность тропических циклонов — наличие в центре небольшой, с поперечником около 20 км, области затишья с ясной погодой.

В антициклонах отток воздуха у поверхности Земли происходит от центра к краям, направляясь по движению часовой стрелки (рис. 41, 2). Одновременно с оттоком воздуха из антициклона в его центральную часть поступает воздух из верхних слоев атмосферы. Он при опускании нагревается, поглощая водяной пар, и облачность рассеивается. Поэтому в районах, где появляются антициклоны, устанавливается ясная, безоблачная погода со слабыми ветрами, жаркая летом и холодная зимой.

Антициклоны охватывают большие площади, чем циклоны. Они более устойчивы, двигаются с меньшей скоростью, медленнее разрушаются, часто долго задерживаются на одном месте. С приближением антициклона атмосферное давление повышается. Этот признак следует использовать при предсказании погоды.

По территории России непрерывно проходят серии циклонов и антициклонов. С этим и связана изменчивость погоды.

Синоптическая карта — карта погоды, составляемая на определенный срок. Составляется она несколько раз в день на основании данных, получаемых от сети метеорологических станций Гидрометеорологической службы России и зарубежных стран. На этой карте цифрами и условными знаками показаны сведения о погоде — давление воздуха в миллибарах, температура воздуха, направление и скорость ветра, облачность, положение теплых и холодных фронтов, циклоны и антициклоны, характер осадков.

Для предсказания погоды сопоставляют карты (например, на 3 и 4 ноября) и устанавливают изменения в положении теплых и холодных фронтов, смещения циклонов и антициклонов и характер погоды в каждом из них (рис. 42).

В настоящее время для уточнения предсказаний погоды широко используют космические станции.

Признаки устойчивой и ясной погоды

1. Давление воздуха высокое, почти не меняется или медленно повышается.
2. Резко выражен суточный ход температуры: днем жарко, ночью прохладно.
3. Ветер слабый, к полудню усиливается, вечером утихает.

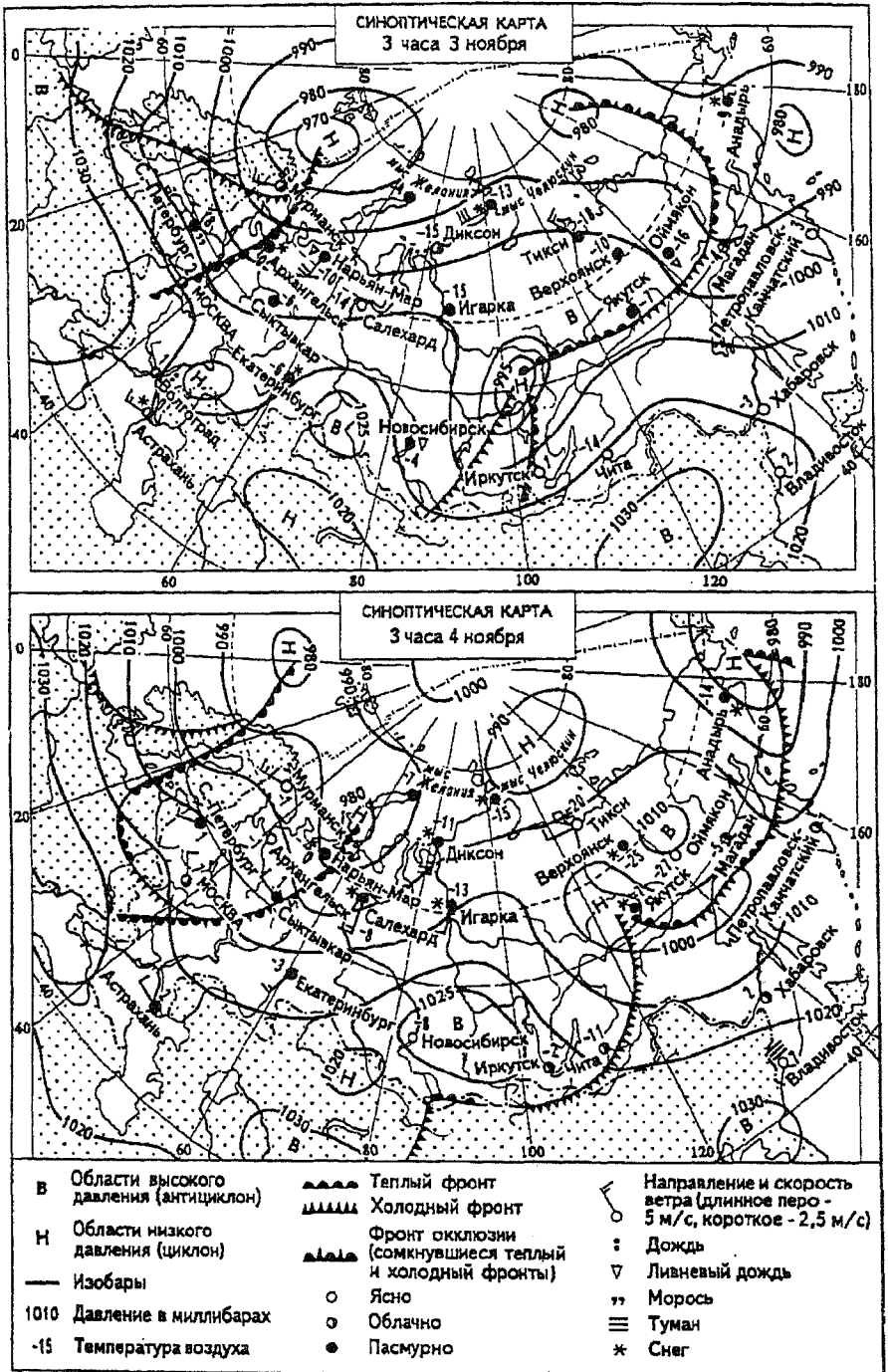


Рис. 42. Синоптические карты

4. Небо весь день безоблачно или покрыто кучевыми облаками, исчезающими к вечеру. Относительная влажность воздуха снижается днем и возрастает к ночи.

5. Днем небо ярко-синее, сумерки короткие, звезды слабо мерцают. Вечером заря желтая или оранжевая.

6. Сильные росы или иней ночью.

7. Туманы над низинами, усиливающиеся ночью и исчезающие днем.

8. Ночью в лесу теплее, чем в поле.

9. Дым из печных труб и костров поднимается вверх.

10. Ласточки летают высоко.

Признаки неустойчивой ненастной погоды

1. Давление резко колеблется или непрерывно понижается.

2. Суточный ход температуры выражен слабо или с нарушением общего хода (например, ночью температура повышается).

3. Ветер усиливается, резко меняет свое направление, движение нижних слоев облаков не совпадает с движением верхних.

4. Облачность возрастает. На западной или юго-западной стороне горизонта появляются перисто-слоистые облака, которые распространяются по всему небосводу. Они сменяются высокослоистыми и слоисто-дождевыми облаками.

5. С утра душно. Кучевые облака растут вверх, превращаясь в кучево-дождевые, — к грозе.

6. Утренние и вечерние зори красные.

7. К ночи ветер не стихает, а усиливается.

8. Вокруг Солнца и Луны в перисто-слоистых облаках возникают светлые круги (гало). В облаках среднего яруса — венцы.

9. Утренний росы нет.

10. Ласточки летают низко. Муравьи прячутся в муравейники.

§ 38. ПОНЯТИЕ О КЛИМАТЕ

Климат — это многолетний режим погоды, характерный для данной местности.

Климат оказывает влияние на режим рек, образование различных типов почв, растительность и животный мир. Так, в областях, где земная поверхность получает много тепла и влаги, растут влажные вечнозеленые леса. Области, расположенные около тропиков, тепла получают почти столько же, сколько на экваторе, а влаги значительно меньше, поэтому они покрыты скудной пустынной растительностью. Большая часть нашей страны занята хвойными лесами, которые приспособились к суровому климату: холодной и продолжительной зиме, короткому и умеренно теплomu лету, среднему увлажнению.

Формирование климата зависит от многих факторов, прежде всего от географического положения. Широта места опреде-

ляет угол падения солнечных лучей и соответственно количество тепла, поступающего от Солнца. Количество тепла зависит также от характера подстилающей поверхности и от распределения суши и воды. Вода, как известно, медленно нагревается, но и медленно остывает. Суша, напротив, быстро нагревается и также быстро остывает. В результате над водной поверхностью и над сушей формируются различные режимы погоды.

Таблица 3

**Колебания температуры в городах,
расположенных между 50 и 53° с. ш.**

Наименование пункта	Средняя температура месяца, °С		Средняя годовая температура, °С	Амплитуда, °С
	самого теплого	самого холодного		
Бантри	15,2	7,1	10,5	8,1
Ганновер	17,3	0,4	8,4	16,9
Варшава	18,9	- 3,6	7,6	22,5
Курск	19,4	- 9,3	5,2	28,7
Оренбург	22,0	- 15,4	3,8	37,4
Нерчинск	22,7	- 30,5	- 3,9	53,2

Из этой таблицы видно, что Бантри на западном побережье Ирландии, находящийся под непосредственным влиянием Атлантического океана имеет среднюю температуру самого теплого месяца +15,2 °С, а холодного — +7,1 °С, т. е. ее годовая амплитуда равна 8,1 °С удалением от океана повышается средняя температура самого теплого месяца и понижается самого холодного, т. е. растет амплитуда годовых температур. В Нерчинске она достигает 53,2 °С.

Большое влияние на климат оказывает рельеф: горные хребты и котловины, равнины, речные долины, овраги создают особые условия климата. Горы чаще всего являются климаторазделами.

Влияют на климат и морские течения. Теплые течения переносят огромное количество тепла из низких широт в более высокие, холодные — холод из более высоких широт в низкие. В местах, омываемых теплыми течениями, годовая температура воздуха выше на 5—10 °С, чем на этих же широтах, омываемых холодными течениями.

Таким образом, климат каждой территории зависит от широты места, подстилающей поверхности, морских течений, рельефа и высоты места над уровнем моря.

Русский ученый Б. П. Алисов разработал классификацию климатов земного шара. В основу ее положены типы воздушных масс, их формирование и изменение при движении под воздействием подстилающей поверхности.

Климатические пояса

В зависимости от преобладающего климата выделяют следующие климатические пояса: экваториальный, два тропических, два умеренных, два полярных (арктический, антарктический) и переходные — два субэкваториальных, два субтропических и два субполярных (субарктический и субантарктический).

Экваториальный пояс охватывает бассейны рек Конго и Амазонки, побережье Гвинейского залива, Зондские острова. Высокое положение солнца в течение круглого года обуславливает сильный нагрев поверхности. Среднегодовые температуры здесь от $+25$ до $+28$ °С. В дневные часы температура воздуха редко поднимается до $+30$ °С, но сохраняется высокая относительная влажность — 70—90 %. Нагретый воздух, насыщенный водяными парами, в условиях пониженного давления поднимается вверх. На небе появляются кучевые облака, которые к полудню закрывают все небо. Воздух продолжает подниматься, кучевые облака переходят в кучево-дождевые, из которых после полудня выпадают интенсивные ливневые дожди. В этом поясе годовое количество осадков превышает 2000 мм. Есть места, где их количество увеличивается до 5000 мм. Осадки в течение года распределяются равномерно.

Высокие температуры в течение круглого года, большое количество осадков создают условия для развития богатой растительности — влажных экваториальных лесов.

Субэкваториальный пояс занимает огромные пространства — Бразильское нагорье в Южной Америке, Центральную Африку к северу и востоку от бассейна Конго, большую часть полуостровов Индостан и Индокитай, а также Северную Австралию.

Самой характерной особенностью климата этого пояса является смена воздушных масс по сезонам: летом вся эта область занята экваториальным воздухом, зимой — тропическим. В результате этого выделяют два сезона — влажный (летний) и сухой (зимний). В летний сезон погода мало чем отличается от экваториальной. Теплый и влажный воздух поднимается вверх, что создает условия для образования облаков и обильного выпадения осадков. Именно в этом поясе расположены места с наибольшим количеством осадков (се-

веро-восток Индии и Гавайские острова). В зимний период условия резко изменяются, господствует сухой тропический воздух, устанавливается сухая погода. Травы выгорают, а деревья сбрасывают листву. Большую часть территорий субэкваториального пояса занимает зона саванн и редколесий.

Тропический пояс размещается по обе стороны от тропиков как на океанах, так и на материках. Здесь круглый год господствует тропический воздух. В условиях высокого давления и малой облачности он отличается высокими температурами. Средняя температура самого теплого месяца превышает $+30^{\circ}\text{C}$, а в отдельные дни поднимается до $+50$ — 55°C .

Осадков на большей части территории выпадает мало (менее 200 мм), здесь располагаются величайшие пустыни в мире — Сахара, Западно-Австралийская, пустыня Аравийского полуострова.

Но не везде в тропических поясах климат засушлив. На восточных побережьях материков, там, где с океанов дуют пассаты, выпадает много осадков (Большие Антильские острова, восточное побережье Бразилии, восточное побережье Африки). Климат этих областей мало чем отличается от экваториального, хотя годовые колебания температуры значительны, так как значительна разница в высоте солнца по сезонам. Благодаря большому количеству осадков и высоким температурам здесь растут влажные тропические леса.

Субтропический пояс занимает большие пространства между 25 и 40 параллелями северной и южной широты. Для этого пояса характерна смена воздушных масс по сезонам года: летом вся область занята тропическим воздухом, зимой — воздухом умеренных широт. Здесь выделяют три климатических района: западный, центральный и восточный. Западный климатический район охватывает западные части материков: побережье Средиземного моря, Калифорнию, центральную часть Анд, юго-запад Австралии. Летом сюда смещается тропический воздух, который создает область высокого давления. В результате устанавливается сухая и солнечная погода. Зима теплая, влажная. Такой климат иногда называют средиземноморским.

Совершенно другой климатический режим наблюдается в Восточной Азии и в юго-восточной части Северной Америки. Летом сюда поступают влажные массы тропического воздуха с океана (летние муссоны), принося большую облачность и осадки. А зимние муссоны приносят потоки сухого континентального воздуха умеренных широт. Температура самого холодного месяца выше 0°C .

В центральном районе (Восточная Турция, Иран, Афганистан, Большой Бассейн в Северной Америке) весь год преобладает сухой воздух: летом — тропический, зимой — континентальный воздух умеренных широт. Лето здесь знойное, засушливое; зима короткая, влажная, хотя общее количество осадков не превышает 400 мм. Зимой бывают морозы, выпадает снег, но устойчивого снежного покрова не образуется. Суточные амплитуды температур велики (до 30 °С), большая разница и между самым теплым и самым холодным месяцами. Здесь, в центральных областях материков, расположены пустыни.

Умеренный пояс занимает области к северу и к югу от субтропиков примерно до полярных кругов. В южном полушарии преобладает океанический климат, а в северном выделяют три климатических района: западный, центральный и восточный.

На западе Европы и Канады, юге Анд преобладает влажный морской воздух умеренных широт, приносимый западными ветрами с океанов (500—1000 мм осадков в год). Осадки распределяются в течение года равномерно, засушливых периодов не наблюдается. Под влиянием океанов ход температур плавный, годовые амплитуды невелики. Похолодания приносят арктические (антарктические) массы воздуха, при поступлении которых температура зимой понижается. В это время наблюдаются обильные снегопады. Лето длинное, прохладное, резких изменений температур воздуха не бывает.

На востоке (северо-восток Китая, Дальний Восток) климат муссонный. Зимой поступают холодные континентальные массы воздуха, формирующиеся над материком. Температура самого холодного месяца колеблется от -5 до -25 °С. Летом влажные муссоны приносят на материк большое количество осадков.

В центре (средняя полоса России, Украина, север Казахстана, юг Канады) формируется континентальный воздух умеренных широт. Нередко зимой сюда поступает арктический воздух с очень низкими температурами. Зима длинная, морозная; снежный покров удерживается свыше трех месяцев. Лето дождливое, теплое. Количество осадков по мере продвижения в глубь континента уменьшается (с 700 до 200 мм). Самая характерная особенность климата этого района — резкие перепады температур в течение года, неравномерное распределение осадков, что иногда вызывает засухи.

Субарктический (субантарктический) пояс. Эти переходные пояса расположены к северу от умеренного пояса (в

северном полушарии) и к югу от него (в южном полушарии) — субарктический и субантарктический. Для них характерна смена воздушных масс по сезонам: летом — воздух умеренных широт, зимой — арктический (антарктический). Лето здесь короткое, прохладное, со средней температурой самого теплого месяца от 12 до 0 °С, с небольшим количеством осадков (в среднем 200 мм), с частыми возвратами холодов. Зима длинная, морозная, с метелями и глубокими снегами. В северном полушарии в этих широтах размещается зона тундры.

Арктический (антарктический) пояс. В полярных поясах формируются холодные массы воздуха в условиях повышенного давления. Для этих поясов характерны длинные полярные ночи и полярные дни. Их продолжительность на полюсах доходит до шести месяцев. Хотя солнце летом и не заходит за горизонт, но поднимается оно невысоко, его лучи скользят на поверхности и дают мало тепла. За короткое лето снега и льды не успевают растаять, поэтому в этих областях сохраняется ледяной покров. Он покрывает мощным слоем Гренландию и Антарктиду, а ледяные горы — айсберги — плавают в приполярных районах океанов. Холодный воздух, скапливающийся над полярными областями, переносится сильными ветрами в умеренный пояс. На окраине Антарктиды ветры достигают скорости 100 м/с. Арктика и Антарктида — «холодильники» Земли.

На территории даже небольшого района климатические условия не бывают однородными. Под влиянием местных факторов: мелких форм рельефа, экспозиции склонов, почвенно-грунтовых особенностей, характера растительного покрова — создаются особые условия, получившие название *микроклимата*.

Изучение микроклимата имеет важное значение для развития многих отраслей сельского хозяйства, особенно полеводства, садоводства, овощеводства.

VI. БИОСФЕРА. ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОБОЛОЧКА

§ 39. СВОЙСТВА БИОСФЕРЫ

Границы биосферы. Биосфера — это часть оболочки Земли, населенная живыми организмами (рис. 43). Учение о биосфере разработал русский академик В. И. Вернадский (1863—1945). Он впервые рассмотрел все живые организмы Земли как единый фактор, вовлеченный в круговорот веществ в природе, аккумулирующий солнечную энергию и определяющий геологические процессы Земли.

Граница биосферы в атмосфере находится на высоте 15—20 км, совпадая с границей тропосферы. Озоновый экран защищает живые организмы от жесткого ультрафиолетового излучения. Ограничивающими факторами распространения жизни выше этого предела служат излучение, недостаток влаги, кислорода и низкое давление. Наиболее плотно населен нижний слой тропосферы до высоты 50 м.

Граница жизни в гидросфере проходит на глубине около 11 000 м (11 км), т. е. фактически вся водная оболочка пронизана жизнью. Ограничивающими факторами здесь служат отсутствие света и высокое давление. Организмы, населяющие верхние слои гидросферы, можно разбить на две большие группы: самостоятельно перемещающиеся — *нектон* и микроскопические, переносимые течением, — *планктон*, а придонные организмы называют *бентосом*.

В литосфере жизнь сосредоточена в основном на глубине до 80 м. Но некоторые следы жизни обнаружены и глубже, около 100 м, в трещинах и пустотах земной коры. Нижняя граница биосферы обусловлена термодинамическими условиями (высокой температурой недр) и отсутствием жидкой воды. Наиболее плотно заселена организмами поверхностная часть земной коры, и особенно почвенный слой.

Условия и плотность жизни. Биомасса Земли. Необходимым условием для существования живых организмов является наличие воды, воздуха, света и тепла. Температурный

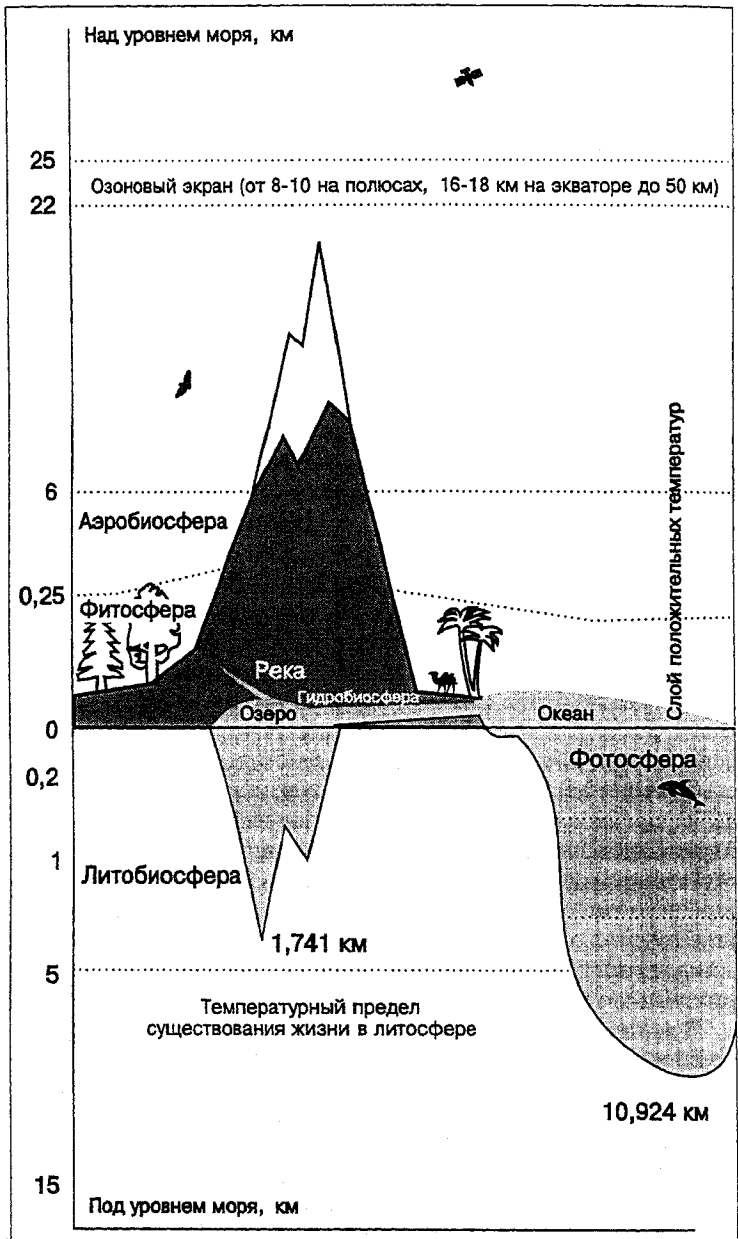


Рис. 43. Границы биосферы

фактор, степень влажности и освещенность определяют и распространение жизни на планете. Хотя живые организмы обитают на Земле повсеместно, однако разнообразие и плотность заселения в значительной степени определяются условиями. В суровой Антарктиде и в пустыне Сахаре ее проявления ограничены из-за температурного и водного факторов, но и в этих условиях существует живое. Живые организмы очень выносливы. Некоторые из них обитают даже в термальных источниках, температура которых достигает 100°C и выше.

Жизнь на нашей планете многоярусна — в атмосфере, на земле и в воде. Вся совокупность живых организмов планеты, живое вещество, обладающее способностью расти, размножаться и расселяться по планете, составляет *биомассу Земли*. Она равна $2423 \cdot 10^9$ т сухой массы, из которой 97 % составляют растения, а 3 % — животные и микроорганизмы. Плотность жизни неодинакова в различных средах и на поверхности Земли. Хотя 71 % всей поверхности земного шара покрыто водой, основная биомасса сосредоточена на суше — 99,8 %.

Биомассу поверхности суши составляют все живые организмы, обитающие в наземно-воздушной среде на поверхности земли. Причем на долю растительных организмов приходится 99 %, а животные и микроорганизмы составляют лишь около 1 %. Плотность жизни на континентах зональна, хотя и с многочисленными аномалиями, связанными с местными природными условиями (так, в пустынях или в высокогорьях она значительно меньше, а в местах с благоприятными условиями — больше, чем зональная). Самая высокая она на экваторе, а по мере приближения к полюсам уменьшается, что связано с низкими температурами. Наибольшая плотность и многообразие жизни отмечены во влажных тропических лесах.

Биомасса почвы — это совокупность живых организмов, обитающих в почве. Они играют важную роль в почвообразовании. В почве живет огромное количество бактерий (до 500 т на 1 га), в ее поверхностных слоях распространены зеленые водоросли и цианобактерии (иногда их называют синезелеными водорослями). Толща почвы пронизана корнями растений, грибами. Она является средой обитания для многих животных: инфузорий, насекомых, млекопитающих и др.

Биомасса Мирового океана — это совокупность живых организмов гидросферы. Как уже упоминалось, ее биомасса значительно меньше биомассы суши, причем отношение ра-

стительных и животных организмов здесь прямо противоположное. В Мировом океане на долю растений приходится лишь 6,3 %, а животные составляют 93,7 %. Это связано с тем, что использование солнечной энергии в воде составляет всего 0,04 %, тогда как на суше — до 1 %.

Функции живого вещества. Живое вещество в биосфере выполняет некоторые специфические функции, в том числе газовую, концентрационную, окислительно-восстановительную.

Газовая функция заключается в постоянном газообмене организмов с окружающей средой в процессе дыхания и фотосинтезе.

Концентрационная функция проявляется в биогенной миграции атомов, которые сначала концентрируются в живых организмах в процессе синтеза органических веществ, а затем после их отмирания и минерализации переходят вновь в неживую природу. Следствием реализации концентрационной функции живых организмов является появление значительных количеств химических соединений в определенных местах земной коры (накопление полезных ископаемых), например известняка, торфа, каменного угля.

Окислительно-восстановительная функция лежит в основе обмена веществ и энергии организма с внешней средой. Она выражается в химических превращениях веществ в процессе жизнедеятельности организмов. Образование веществ в живых организмах есть результат окислительно-восстановительных реакций. В процессе синтеза органических веществ преобладают восстановительные реакции и происходят затраты энергии. А в процессе расщепления и окисления в присутствии кислорода преобладают окислительные реакции и выделяется энергия. Жизнь — это непрерывающийся синтез и распад органических веществ, который объединяет все живые организмы на Земле.

§ 40. КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ В БИОСФЕРЕ

Все живые организмы находятся во взаимосвязи с неживой природой и включены в непрерывный круговорот веществ и энергии (рис. 44). В результате происходит биогенная миграция атомов. Необходимые для жизни организмов химические элементы переходят из внешней среды в организм. При разложении органических веществ эти элементы вновь возвращаются в окружающую среду.

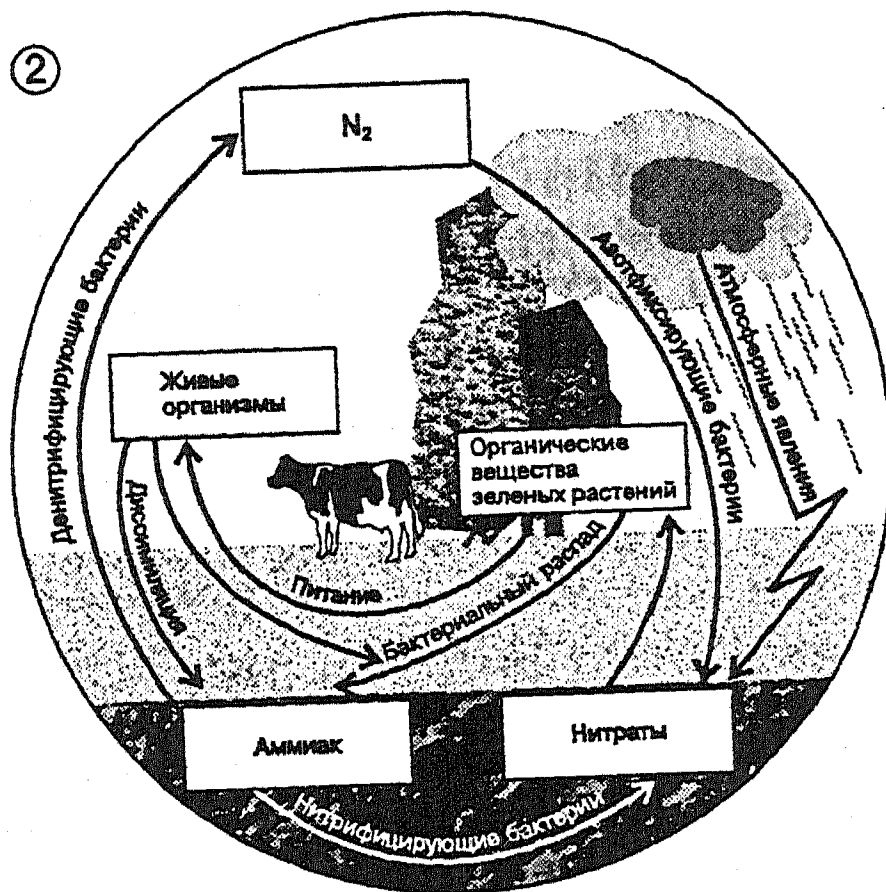
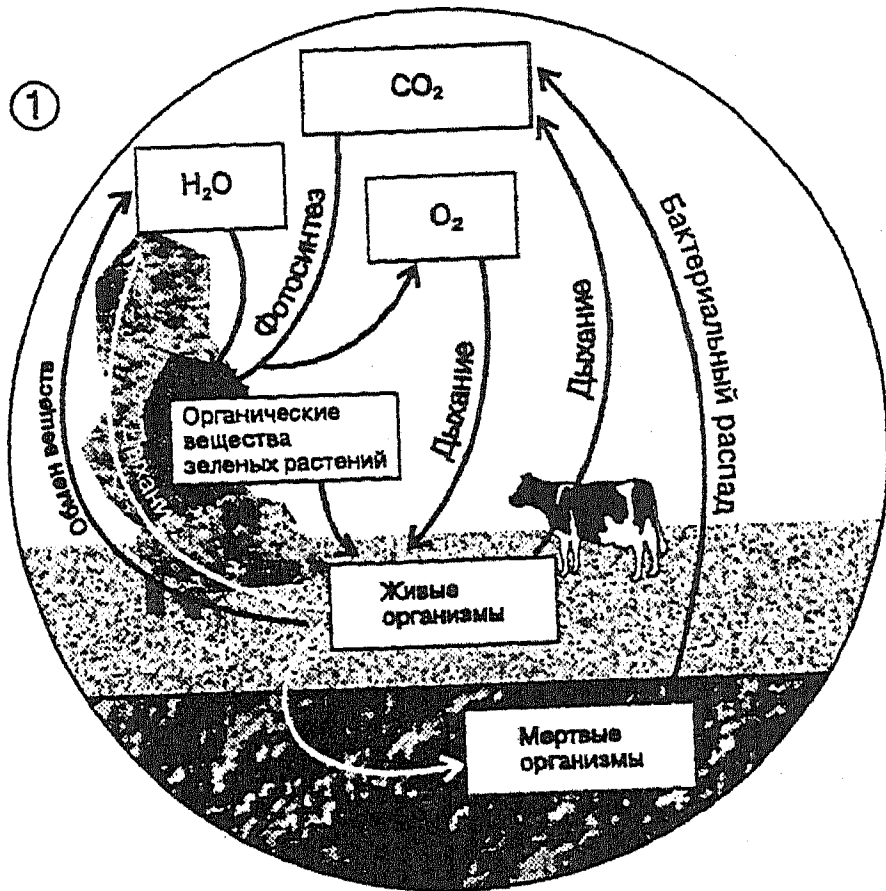


Рис. 44. круговорот веществ в природе: 1 — круговорот воды, кислорода и углерода, 2 — круговорот азота

Атмосфера состоит из смеси газов. В процессе фотосинтеза зеленые растения поглощают углекислый газ и выделяют кислород. Углекислый газ идет на построение органических веществ и через растительные организмы в виде питательных веществ переходит в организм животных. Кислород используется всеми живыми организмами в процессе дыхания, для окисления органических веществ, при разложении отмерших остатков организмов. В результате этих процессов углекислый газ вновь выделяется в атмосферу. Сво-

бодный азот атмосферы поглощается в почве азотфиксирующими бактериями и переводится в связанное, доступное для усвоения состояние. Растения получают из почвы соединения азота для синтеза органических веществ. После отмирания другая группа микроорганизмов освобождает азот и возвращает его в атмосферу.

Таким образом, кислород, азот и углекислый газ поглощаются живыми организмами и ими же выделяются в атмосферу вновь в результате других процессов. Благодаря сбалансированному круговороту газов поддерживается постоянство состава атмосферы.

В горных породах содержится большое количество фосфора. При разрушении горных пород фосфор оказывается в почвах, а оттуда поступает в живые организмы. Часть фосфатов растворяется в воде и попадает в Мировой океан, где накапливается на дне, образуя осадочные горные породы.

Вода также участвует в круговороте. В процессе фотосинтеза она используется для синтеза органических веществ, а при дыхании и разложении органических остатков выделяется в окружающую среду. Кроме того, вода необходима для жизнедеятельности всем живым организмам. В ней растворяются минеральные соли и органические вещества, необходимые живым организмам. Через водную среду проходит круговорот элементов натрия, магния, кальция, железа, серы и других элементов, что в общей сложности составляет 1,7 % общего количества веществ, включаемых в круговорот.

В результате круговорота веществ происходит непрерывное перемещение химических элементов из живых организмов в неживую природу и обратно. Круговорот веществ включает два противоположно направленных процесса, связанных с аккумуляцией элементов в живых организмах и минерализацией в результате их разложения. Причем на поверхности земли преобладает образование живого вещества, а в почве и морских глубинах — минерализация.

Одновременно с миграцией атомов происходит и преобразование энергии. Единственным источником энергии на Земле является Солнце. Часть тепла расходуется на обогрев Земли и испарение воды. И только 0,2 % солнечной энергии используется в процессе фотосинтеза. Эта энергия преобразуется в энергию химических связей органических веществ. При расщеплении и окислении органических веществ в процессе питания энергия освобождается и расходуется на про-

цессы жизнедеятельности организмов: рост, движение, размножение, развитие, обогрев тела. Таким образом, постоянно поступающая солнечная энергия аккумулируется в органических веществах и ее используют все живые организмы.

Итак, биосфера представляет собой большую систему, состоящую из разнородных компонентов, связанных между собой процессами миграции энергии и вещества. Источником энергии служит Солнце. Цикличность процессов миграции — круговорот веществ обеспечивает непрерывное существование биосферы.

Количество живого вещества, биопродукция, колеблется: размножение и рост живых организмов приводят к ее росту, подавление и ограничение скорости размножения и роста, гибель организмов способствуют ее уменьшению.

К ограничивающим факторам относятся концентрация углекислого газа в атмосфере, недостаток влаги, нехватка питательных элементов, интенсивность света. Эти факторы ограничивают не только скорость образования органического вещества, но и скорость других геохимических процессов, протекающих в неживой природе.

§ 41. ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОБОЛОЧКА

Компоненты географической оболочки и их взаимодействие.

Атмосфера, литосфера, гидросфера и биосфера — четыре оболочки земного шара находятся в сложном взаимодействии, взаимопроникают друг в друга. Все вместе они составляют *географическую оболочку*. Здесь развивается жизнь, проявляется деятельность воды, льда, ветра, образуются почвы, осадочные горные породы.

Географическая оболочка — это область сложного взаимопроникновения, взаимодействия космических и земных сил. Она продолжает развиваться и усложняться в результате взаимодействия живой и неживой природы.

Верхняя граница географической оболочки соответствует тропопаузе — переходному слою между тропосферой и стратосферой. Над экватором этот слой располагается на высоте 16—18 км, а на полюсах — 8—10 км. На этих высотах затухают и прекращаются процессы, порождаемые взаимодействием геосфер. В стратосфере практически отсутствует водяной пар, нет вертикального перемещения воздуха, изменение температур не связано с влиянием земной поверхности. Невозможна здесь и жизнь.

Нижняя граница на суше проходит на глубине 3—5 км, т. е. там, где изменяются состав и свойства горных пород, отсутствуют вода в жидком состоянии и живые организмы.

Географическая оболочка Земли представляет собой целостную материальную систему, качественно отличную от других геосфер Земли. Ее целостность определяется непрерывным взаимодействием твердых, жидких и газообразных, а с возникновением жизни — и живых веществ. Все составные части географической оболочки взаимодействуют, используя солнечную энергию, поступающую на Землю, и энергию внутренних сил Земли.

Взаимодействие между геосферами Земли в пределах географической оболочки происходит в результате круговорота веществ (воды, углерода, кислорода, азота, углекислого газа и др.).

Все компоненты географической оболочки находятся в сложных взаимосвязях. Изменение одного компонента непременно вызывает изменение и других.

Ритмичность явлений в географической оболочке. Географическая оболочка Земли постоянно изменяется, усложняются взаимосвязи между ее отдельными компонентами. Эти изменения происходят во времени и пространстве. В природе существуют ритмы разной продолжительности. Короткие, суточные и годовые, ритмы особенно важны для живых организмов. Их периоды покоя и активности согласуются с этими ритмами. *Суточный ритм* (смена дня и ночи) обусловлен вращением Земли вокруг своей оси; *годовой* (смена времен года) — обращением Земли вокруг Солнца. Годовая ритмика проявляется в существовании периодов покоя и вегетации у растений, в линьке и миграции животных, в некоторых случаях — в спячке, размножении. Годовая ритмика в географической оболочке зависит от широты мест: в экваториальных широтах она выражена слабее, чем в умеренных или полярных.

Суточные ритмы протекают на фоне годовых, годовые — на фоне многолетних. Существуют также вековые, многолетние ритмы, например изменения климата (похолодание — потепление, иссушение — увлажнение).

Изменения в географической оболочке происходят и в результате движения материков, наступления и отступления морей, в ходе геологических процессов: при эрозии и аккумуляции, работе моря, вулканизме. В целом географическая оболочка развивается поступательно, от простого к сложному, от низшего к высшему.

Зональность и секторность географической оболочки. Важнейшая структурная особенность географической оболочки — ее зональность. *Закон зональности* был сформулирован великим русским ученым-естествоиспытателем В.В. Докучаевым, который писал, что расположение нашей планеты относительно Солнца, ее вращение и шарообразность влияют на климат, растительность и животных, которые распределяются по земной поверхности по направлению с севера на юг в строго определенном порядке.

Зональность лучше выражена на обширных равнинах. Однако границы географических зон редко совпадают с параллелями. Дело в том, что на распределение зон оказывают влияние многие другие природные факторы (например, рельеф). В пределах зоны могут наблюдаться значительные различия. Это объясняется тем, что зональные процессы накладываются на аazonальные, обусловленные внутренними факторами, не подчиненными законам зональности (рельеф, распределение суши и воды).

Самые крупные зональные подразделения географической оболочки — *географические пояса*, их выделяют по радиационному балансу (приходу-расходу солнечной радиации) и характеру общей циркуляции атмосферы. На Земле существуют следующие географические пояса: экваториальный, субэкваториальные (северный и южный), тропические (северный и южный), субтропические (северный и южный), умеренные (северный и южный), субполярные (субарктический и субантарктический), полярные (арктический и антарктический).

Географические пояса не имеют правильной кольцевой формы, они расширяются, сужаются, изгибаются под воздействием материков и океанов, морских течений, горных систем.

На материках и в океанах географические пояса качественно отличны. На океанах они хорошо выражены на глубинах до 150 м, слабо — до глубины 2000 м.

Под влиянием океанов на материках внутри географических поясов образуются *долготные секторы* (в поясах умеренных, субтропических и тропических), приокеанические и континентальные.

На равнинах в пределах географических поясов выделяют природные зоны (рис. 45). В континентальном секторе умеренного пояса в пределах Восточно-Европейской равнины это зоны лесов, лесостепей, степей, полупустынь, пустынь. *Природными зонами* называют подразделения земной поверх-

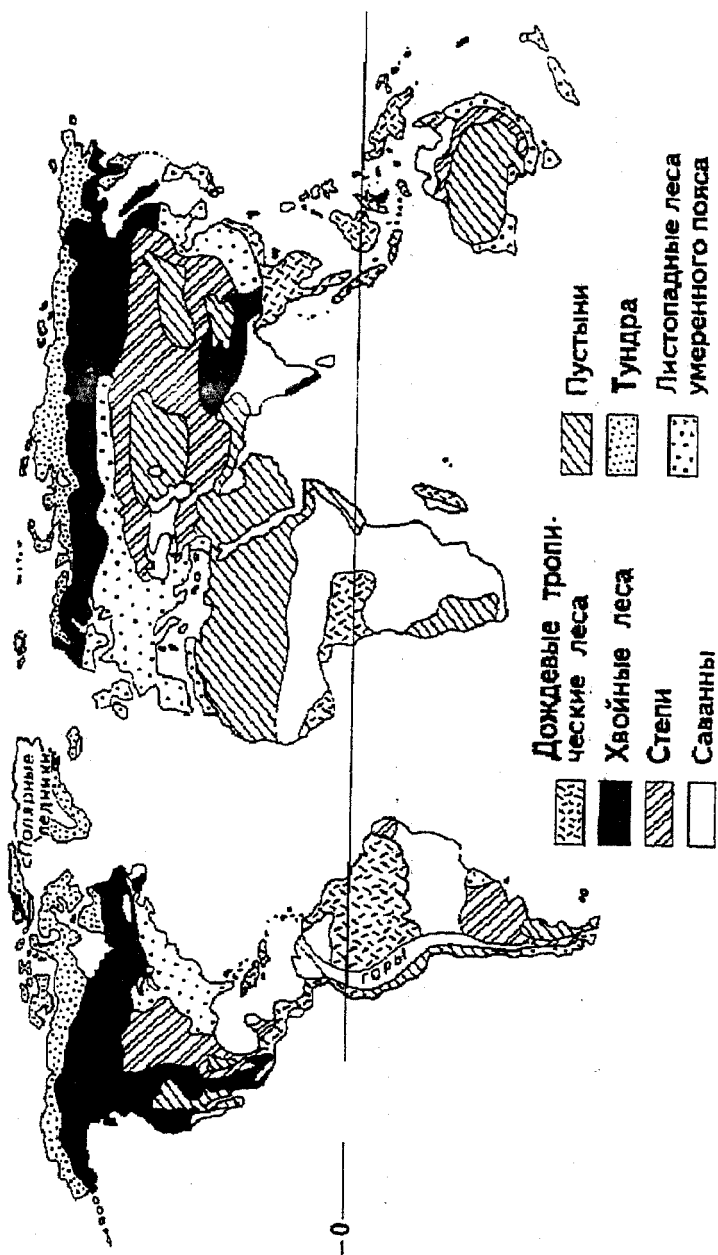


Рис. 45. Основные биомы Земли

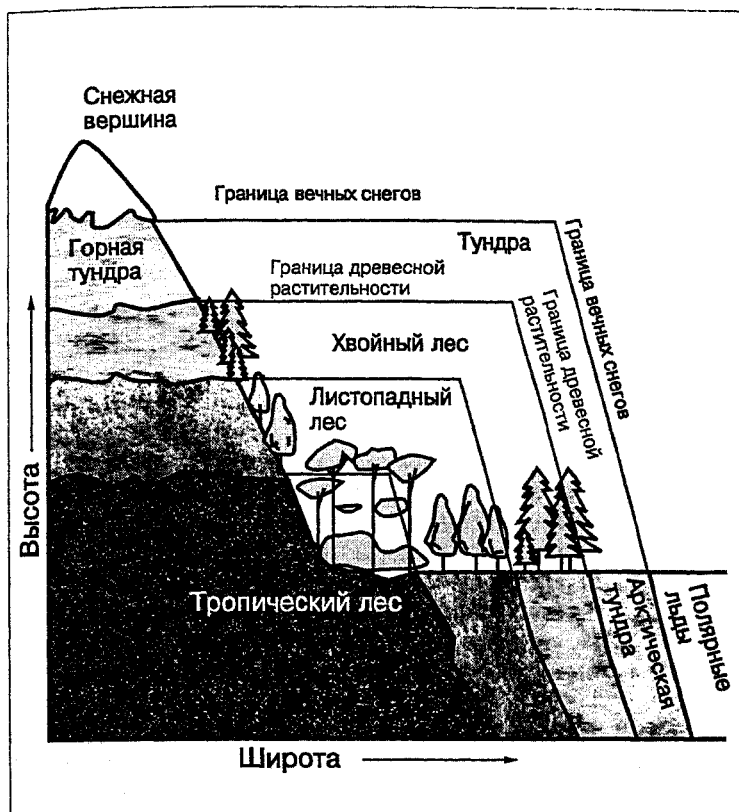


Рис. 46. Изменение растительности в зависимости от широты и высоты местности.

ности, характеризующиеся сходными почвенно-растительными и климатическими условиями. Основной фактор формирования почвенно-растительного покрова — соотношение температур и увлажнения.

Вертикальная поясность. По вертикали природные компоненты изменяются иными темпами, чем по горизонтали. При подъеме вверх в горах изменяются количество атмосферных осадков и световой режим. Эти же явления по-иному выражены на равнине. Разная экспозиция склонов — причина неодинакового распределения температуры, увлажнения, почвенно-растительного покрова. Причины широтной зональности и вертикальной поясности различны: зональность зависит от угла падения солнечных лучей и соотноше-

ния тепла и влаги; вертикальная поясность — от понижения температуры с высотой и степени увлажнения.

Почти каждая горная страна на Земле имеет свои особенности вертикальной поясности. Во многих горных странах пояс горной тундры выпадает и замещается поясом горных лугов.

Высотная поясность начинается с зоны, расположенной у подошвы горы (рис. 46). Важнейшим фактором в распределении высоты поясов является степень увлажнения.

§ 42. ПРИРОДНЫЕ ЗОНЫ РОССИИ

Большая протяженность России с севера на юг и наличие обширных равнин предопределили четко выраженную широтную зональность, а в крупных горных системах — различные виды высотной поясности. Особенно четко зональность выражена на Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнинах.

Зона арктических пустынь. В зоне арктических пустынь лежат архипелаг Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Северная Земля, Новосибирские острова и остров Врангеля. Это царство огромных ледниковых покровов, скрывающих под собой многие острова и горные цепи. Здесь еще продолжается ледниковое время. Долгая суровая зима и короткое холодное лето, несмотря на полярный день, способствуют сохранению льдов и снегов.

В арктических пустынях почвенный покров наблюдается только в долинах рек и ручьев и на морских террасах, где снежный покров стаивает полностью. Животный мир беден видами: лемминг, или пеструшка, песец, северный олень, белый медведь. Повсеместно встречаются белая куропатка, полярная сова. На скалистых берегах островов много птичьих базаров, где гнездятся кайры, белые чайки, глупыши, гаги. Южные берега Земли Франца-Иосифа, западные берега Новой Земли представляют собой сплошной птичий базар.

Зона тундр. Зона тундр протягивается вдоль побережья морей Северного Ледовитого океана, севернее Полярного круга, опускаясь на побережьях Берингова и Охотского морей значительно южнее. Это объясняется тем, что на западе климат тундр смягчается влиянием Атлантики.

Тундры — безлесные территории с коротким и холодным летом, продолжительной и суровой ветреной зимой. В любой летний месяц возможны заморозки и выпадение снега. Несмот-

ря на обилие в полярный день солнечного света, тепла летом в тундре недостаточно. Солнце стоит невысоко над горизонтом, солнечным лучам приходится пронизывать большую толщу атмосферы, поэтому большая часть их поглощается и рассеивается. Слабое испарение и наличие слоя многолетней мерзлоты привели к широкому распространению болот.

При низких температурах, наличии многолетней мерзлоты и избыточном увлажнении химические и биологические процессы в почве затруднены. Мощность почв небольшая, в них содержится мало гумуса (2—3 %). Вследствие избыточного увлажнения в них накапливается закись железа голубоватого цвета — *глей*, поэтому их называют тундрово-глеевые.

Флора тундры небогата, немногие растения смогли приспособиться к неблагоприятным условиям жизни, и состоит преимущественно из многолетних растений (за короткое северное лето однолетние растения не успевают завершить свой жизненный цикл), размножающихся вегетативно.

Южнее тундры узкой полосой — 200—300 км — простирается *лесотундра*. Важнейшая черта этой переходной зоны — появление островков леса из ели, лиственницы и березы на водоразделах среди тундры и по долинам рек.

Лесная зона. Это самая большая зона, занимающая 34 % от западной границы территории России до подножия Верхоянских гор на востоке.

Климат лесной зоны характеризуется большим различием климатических показателей при движении с запада на восток. Особенно большие различия наблюдаются в величине сумм отрицательных температур: на западе — 300°, а восточнее Енисея — 4000°.

Осадки в тайге превышают испарение, что способствует обилию поверхностных вод, интенсивному промыванию почв на междуречьях и заболачиванию территории не только в речных долинах, но и на плоских водоразделах. Промывание почв приводит к возникновению белесого *подзолистого* горизонта. В лесной зоне преобладают дерново-подзолистые, подзолистые и мерзлотно-таежные почвы.

Лесная зона делится на подзоны: хвойных (тайга), смешанных и широколиственных лесов. Среди лесов широко распространены луга и болота.

Темнохвойные таежные леса (преимущественно из ели и пихты) распространены от западной государственной границы до Енисея. К востоку от Енисея в этих же широтах господствует светлохвойная тайга (преимущественно из лиственницы, которая может расти в условиях вечной мерзлоты).

Смешанные и широколиственные леса распространены лишь на Восточно-Европейской равнине и на Дальнем Востоке, где климат значительно теплее и влажнее.

В лесной зоне, особенно в тайге, находятся главные запасы древесины и сосредоточен основной пушной промысел.

Степи и лесостепи. *Лесостепь* характеризуется сочетанием лесной и степной растительности, серых лесных и черноземных почв. Лесостепь протянулась от границы с Украиной до предгорий Алтая. Восточнее Алтая рельеф становится возвышенным, поэтому лесостепь сформировалась только в межгорных котловинах отдельными, изолированными участками.

Холодные зимы за Уралом препятствуют проникновению к востоку дуба. Поэтому на Восточно-Европейской равнине леса в лесостепной зоне представлены *дубравами*, а на Западно-Сибирской низменности — так называемыми березовыми *колками*.

На Восточно-Европейской равнине под мелколиственными и широколиственными лесами образуются серые лесные почвы, а под разнотравными степями — выщелоченные черноземы. В западносибирском лесостепье преобладают лугово-черноземные почвы, формирующиеся на слабодренированных равнинах. В западинах, вокруг озер, распространены особые почвы — солонцы.

Местоположение лесостепи между лесом и степью определяет своеобразный и сложный состав ее животного мира. Здесь происходят соприкосновение и взаимное проникновение животных двух резко различных зон — лесной и степной. Северные районы лесостепья характеризуются преобладанием животных лесных, а южные — степных фаун.

Степи занимают обширные безлесные пространства на юге Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин. Сплошная полоса степей на восток простирается только до предгорий Алтая. К востоку от долины Оби степь распространена отдельными участками. Характерная черта степной зоны — *безлесье*. До распашки степных территорий всюду господствовала травянистая растительность с преобладанием дерновинных злаков — ковыля, типчака, тонконога, степного овса и мятлика. Разнотравные степи занимали только северные территории зоны. При движении к югу в связи с увеличением сухости климата они сменялись ковыльно-типчачковыми.

Климат степей характеризуется теплым засушливым летом и холодной зимой, небольшим количеством осадков и преобладанием испаряемости над атмосферными осадками.

В почвах северных степей — мощных черноземах — содержится наибольшее количество гумуса — 8—10 %. По сравнению с подзолистыми почвами, в которых горизонт, содержащий 2—3 % гумуса, имеет мощность 10—12 см, в мощных черноземах гумусовый горизонт достигает 70 см. Южнее формируются каштановые почвы, бедные гумусом (2—4 %).

Полупустыни и пустыни. *Полупустыни* в России есть только в Прикаспийской низменности. Лето здесь более жаркое с суммой активных температур 2800—3400°. Сумма отрицательных среднесуточных температур 1000°. Зима холодная, очень малоснежная. Весна короткая, с максимумом осадков в южной части полупустынь. Растительный покров разреженный. Зональный тип почв полупустыни — светлокаштановые, с небольшим гумусовым горизонтом (около 40 см) и незначительным количеством гумуса (<2—3 %). Почвы формируются преимущественно на лёссовидных породах в условиях незначительного увлажнения под злаково-полынными степями.

Полупустыни — хорошие пастбища для мелкого рогатого скота. При искусственном орошении можно успешно развивать земледелие.

Пустыни занимают самую южную часть Прикаспийской низменности. Климат здесь континентальный, с обилием солнечного тепла и света, малым количеством осадков. Для пустынь характерны резкие колебания температуры воздуха в течение суток и года. Зимы умеренно суровые, малоснежные, с суммой отрицательных среднесуточных температур 800—1000°. Лето очень жаркое. Максимальная температура воздуха доходит до +45°, а почва нагревается до 60°. Воздух сухой. Влажность его нередко составляет 14 %. Сумма активных температур воздуха достигает 4600—5200°. Обилие тепла и недостаток влаги объясняют наличие лишь скудной, сильно разреженной растительности.

Условия для накопления гумуса (до 1—2 %) неблагоприятны, так как количество растений невелико, а процесс разрушения органических остатков очень быстрый. Почвы пустынь слабо промываются атмосферными осадками и поэтому содержат большое количество солей. Зональный тип почв пустыни — серо-бурые пустынные.

Субтропики. Субтропики в России лежат у северной границы мировой субтропической зоны на побережье Черного моря от Туапсе до границы с Абхазией. Характерная особенность этой зоны — столь мягкая зима, что растения не прекращают вегетацию. Под защитой горных хребтов субтропи-

ческая зона проникает на территорию России до 46° с. ш. Здесь сохранились с палеогенеогенового времени древние почвы и растительность.

Почвенный покров представлен красноземами и желтоземами — типичными почвами влажных субтропиков, с малым содержанием перегноя; они развиты под широколиственными лесами. Различные тона красного цвета обусловлены содержанием окиси железа в коре выветривания.

Высотная поясность. Количество высотных поясов в каждой горной системе нашей страны и их высотное положение определяются широтой места и положением территории по отношению к морям и океанам. Чем выше поднимаются горы и чем южнее они расположены, тем большее количество высотных поясов они имеют.

VII. СТРОЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

§ 43. ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ ЖИВОГО

Биология (от греческих слов *bios* — жизнь, *logos* — учение) — это наука, изучающая живые организмы и явления живой природы.

Предметом изучения биологии является многообразие живых организмов, населяющих Землю.

Все живые организмы обладают рядом общих признаков и свойств, которые отличают их от тел неживой природы. Это особенности строения, обмен веществ, движение, рост, размножение, раздражимость, саморегуляция. Остановимся на каждом из перечисленных свойств живой материи.

Высокоупорядоченное строение. Живые организмы состоят из химических веществ, которые имеют более высокий уровень организации, чем вещества неживой природы. Все организмы имеют определенный план строения — клеточный или неклеточный (вирусы).

Обмен веществ и энергии — это совокупность процессов дыхания, питания, выделения, посредством которых организм получает из внешней среды необходимые ему вещества и энергию, преобразует и накапливает их в своем организме и выделяет в окружающую среду продукты жизнедеятельности.

Раздражимость — это ответная реакция организма на изменения окружающей среды, помогающая ему адаптироваться и выжить в изменяющихся условиях. При уколе иглой человек отдергивает руку, а гидра сжимается в комочек. Растения поворачиваются к свету, а амeba удаляется от кристаллика поваренной соли.

Рост и развитие. Живые организмы растут, увеличиваются в размерах, развиваются, изменяются благодаря поступлению питательных веществ.

Размножение. Все живое способно к самовоспроизведению. Размножение связано с явлением передачи наследственной

информации и является самым характерным признаком живого. Жизнь любого организма ограничена, но в результате размножения живая материя «бессмертна».

Движение. Организмы способны к более или менее активному движению. Это один из ярких признаков живого. Движение происходит и внутри организма, и на уровне клетки.

Саморегуляция. Одним из самых характерных свойств живого является постоянство внутренней среды организма при изменяющихся внешних условиях. Регулируются температура тела, давление, насыщенность газами, концентрация веществ и т. д. Явление саморегуляции осуществляется не только на уровне всего организма, но и на уровне клетки. Кроме того, благодаря деятельности живых организмов саморегуляция присуща и биосфере в целом. Саморегуляция связана с такими свойствами живого, как наследственность и изменчивость.

Наследственность — это способность передавать признаки и свойства организма из поколения в поколение в процессе размножения.

Изменчивость — это способность организма изменять свои признаки при взаимодействии со средой.

В результате наследственности и изменчивости живые организмы приспособляются, адаптируются к внешним условиям, что позволяет им выжить и оставить потомство.

§ 44. СТРОЕНИЕ КЛЕТКИ

Большинство живых организмов имеет клеточное строение. Клетка — это структурная и функциональная единица живого. Для нее характерны все признаки и функции живых организмов: обмен веществ и энергии, рост, размножение, саморегуляция. Клетки различны по форме, размеру, функциям, типу обмена веществ (рис. 47).

Размеры клеток варьируют от 3—10 до 100 мкм (1 мкм = 0,001 м). Реже встречаются клетки размером менее 1—3 мкм. Существуют также и клетки-гиганты, размеры которых достигают нескольких сантиметров. По форме клетки также весьма разнообразны: шаровидные, цилиндрические, овальные, веретеновидные, звездчатые и т. д. Однако между всеми клетками много общего. Они имеют одинаковый химический состав и общий план строения.

Химический состав клетки. Из всех известных химических элементов в живых организмах встречаются около 20, причем

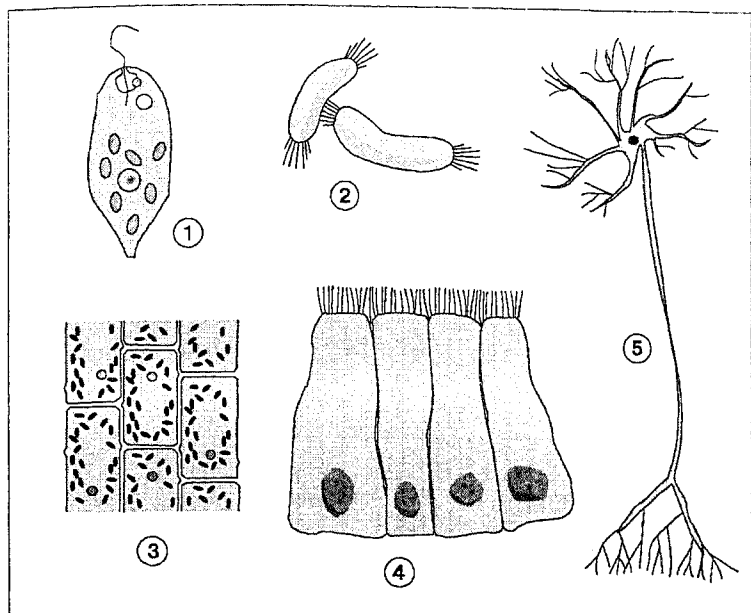


Рис. 47. Разнообразие клеток: 1 — эвглена зеленая, 2 — бактерия, 3 — растительная клетка мякоти листа, 4 — эпителиальная клетка, 5 — нервная клетка

на долю 4 из них: кислорода, углерода, водорода и азота — приходится до 95 %. Эти элементы называют элементами-биогенами. Из неорганических веществ, входящих в состав живых организмов, наибольшее значение имеет вода. Ее содержание в клетке колеблется от 60 до 98 %. Кроме воды в клетке находятся и минеральные вещества, в основном в виде ионов. Это соединения железа, иода, хлора, фосфора, кальция, натрия, калия и т. д.

Кроме неорганических веществ в клетке присутствуют и органические вещества: белки, липиды (жиры), углеводы (сахара), нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК). Они составляют основную массу клетки. Наиболее важными органическими веществами являются нуклеиновые кислоты и белки. *Нуклеиновые кислоты* (ДНК и РНК) участвуют в передаче наследственной информации, синтезе белков, регуляции всех процессов жизнедеятельности клетки.

Белки выполняют целый ряд функций: строительную, регуляторную, транспортную, сократительную, защитную,

энергетическую. Но самой важной является ферментативная функция белков.

Ферменты — это биологические катализаторы, ускоряющие и регулирующие все многообразие химических реакций, протекающих в живых организмах. Ни одна реакция в живой клетке не протекает без участия ферментов.

Липиды и *углеводы* выполняют в основном строительную и энергетическую функции, являются запасными питательными веществами организма.

Так, *фосфолипиды* вместе с белками строят все мембранные структуры клетки. Высокомолекулярный углевод — целлюлоза образует клеточную оболочку растений и грибов.

Жиры, *крахмал* и *гликоген* являются запасными питательными веществами клетки и организма в целом. Глюкоза, фруктоза, сахароза и другие сахара входят в состав корней и листьев, плодов растений. Глюкоза является обязательным компонентом плазмы крови человека и многих животных. При расщеплении углеводов и жиров в организме выделяется большое количество энергии, необходимой для процессов жизнедеятельности.

Клеточные структуры. Клетка состоит из наружной клеточной мембраны, цитоплазмы с органеллами и ядра (рис. 48).

Наружная клеточная мембрана — это двумембранная клеточная структура, которая ограничивает живое содержимое клетки всех организмов. Обладая избирательной проницаемостью, она защищает клетку, регулирует поступление веществ и обмен с внешней средой, поддерживает определенную форму клетки. Клетки растительных организмов, грибов кроме мембраны снаружи имеют еще и *оболочку*. Эта неживая клеточная структура состоит из целлюлозы, придает прочность клетке, защищает ее, является «скелетом» растений и грибов.

В *цитоплазме*, полужидком содержимом клетки, находятся все органеллы.

Эндоплазматическая сеть пронизывает цитоплазму, обеспечивая сообщение между отдельными частями клетки и транспорт веществ. На гранулярной эндоплазматической сети находятся рибосомы.

Рибосомы — это мелкие тельца грибовидной формы, на которых идет синтез белка в клетке.

Аппарат Гольджи обеспечивает упаковку и вынос синтезируемых веществ из клетки. Кроме того, из его структур образуются *лизосомы*. Эти шарообразные тельца содержат ферменты, которые расщепляют поступающие в клетку пи-

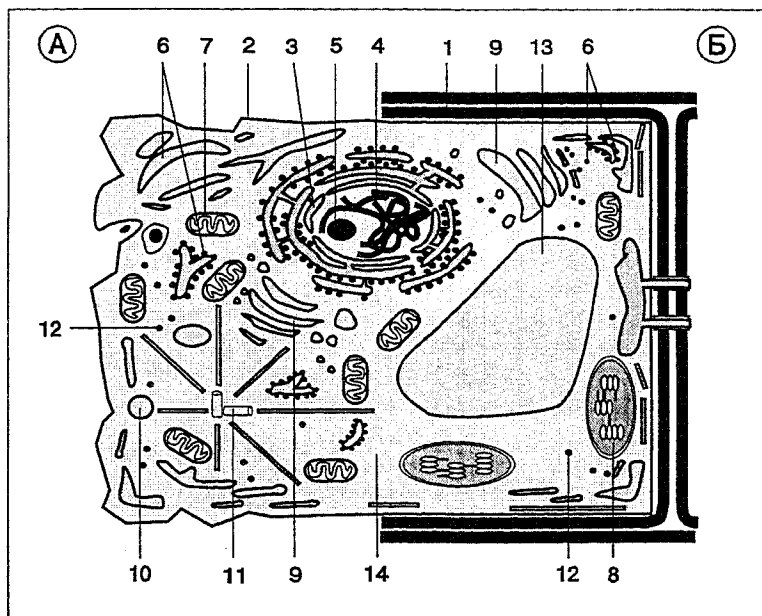


Рис. 48. Комбинированная схема строения животной (А) и растительной (Б) клетки: 1 — оболочка, 2 — наружная клеточная мембрана, 3 — ядро, 4 — хроматин, 5 — ядрышко, 6 — эндоплазматическая сеть (гладкая и гранулярная), 7 — митохондрии, 8 — хлоропласты, 9 — аппарат Гольджи, 10 — лизосома, 11 — клеточный центр, 12 — рибосомы, 13 — вакуоль, 14 — цитоплазма

тательные вещества, обеспечивая внутриклеточное переваривание.

Митохондрии — это полуавтономные мембранные структуры продолговатой формы. Их число в клетках различно и увеличивается в результате деления. Митохондрии — это энергетические станции клетки. В процессе дыхания в них происходит окончательное окисление веществ кислородом воздуха. При этом выделяющаяся энергия запасается в молекулах АТФ, синтез которых происходит в этих структурах.

Хлоропласты, полуавтономные мембранные органеллы, характерны только для растительных клеток. Хлоропласты имеют зеленую окраску за счет пигмента хлорофилла, они обеспечивают процесс фотосинтеза.

Кроме хлоропластов растительные клетки имеют и *вакуоли*, заполненные клеточным соком.

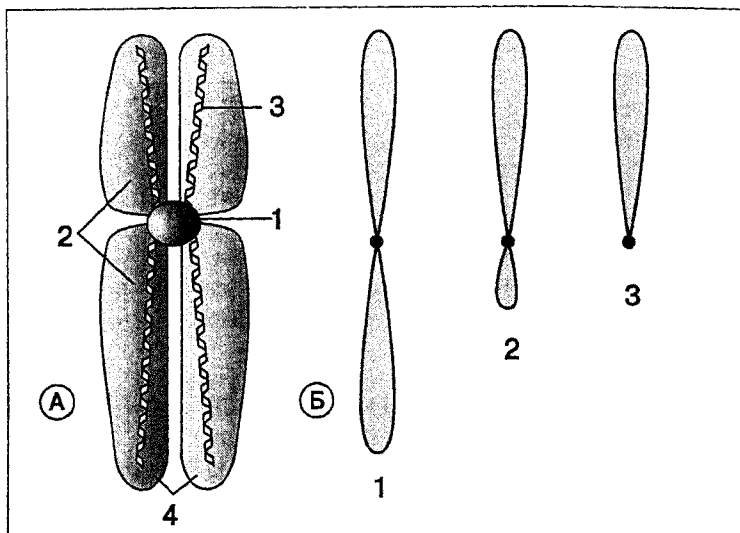


Рис. 49. Строение хромосомы (А): 1 — центромера, 2 — плечи хромосомы, 3 — молекулы ДНК, 4 — сестринские хроматиды. Виды хромосом (Б): 1 — равноплечная, 2 — разноплечная, 3 — одноплечная

Клеточный центр участвует в процессе деления клетки. Он состоит из двух центриолей и центросферы. Во время деления они образуют нити веретена деления и обеспечивают равномерное распределение хромосом в клетке.

Ядро — это центр регуляции жизнедеятельности клетки. Ядро отделено от цитоплазмы ядерной мембраной, в которой имеются поры. Внутри оно заполнено кариоплазмой, в которой находятся молекулы ДНК, обеспечивающие передачу наследственной информации. Здесь происходит синтез ДНК, РНК, рибосом. Часто в ядре можно увидеть одно или несколько темных округлых образований — это ядрышки. Здесь образуются и скапливаются рибосомы. В ядре молекулы ДНК не видны, так как находятся в виде тонких нитей хроматина. Перед делением ДНК спирализуются, утолщаются, образуют комплексы с белком и превращаются в хорошо заметные структуры — *хромосомы* (рис. 49). Обычно хромосомы в клетке парные, одинаковые по форме, величине и наследственной информации. Парные хромосомы называются *гомологичными*. Двойной парный набор хромосом называется *диплоидным*. В некоторых клетках и организмах содержится одинарный, непарный набор, который называется *гаплоидным*.

Число хромосом для каждого вида организмов постоянно. Так, в клетках человека 46 хромосом (23 пары), в клетках пшеницы 28 (14 пар), голубя — 80 (40 пар). Эти организмы содержат диплоидный набор хромосом. Некоторые организмы, такие, как водоросли, мхи, грибы, имеют гаплоидный набор хромосом. Половые клетки у всех организмов гаплоидны.

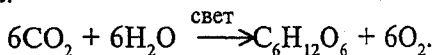
Кроме перечисленных некоторые клетки имеют специфические органеллы — реснички и жгутики, обеспечивающие движение в основном у одноклеточных организмов, но имеются они и у некоторых клеток многоклеточных организмов. Например, жгутики имеются у эвглены зеленой, хламидомонады, некоторых бактерий, а реснички — у инфузорий, клеток ресничного эпителия животных.

§ 45. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ В КЛЕТКЕ

Основой жизнедеятельности клетки являются обмен веществ и превращение энергии. Главным источником энергии на Земле является Солнце. Клетки растений специальными структурами в хлоропластах улавливают энергию Солнца, превращая ее в энергию химических связей молекул органических веществ и АТФ.

АТФ (аденозинтрифосфат) — это органическое вещество, универсальный аккумулятор энергии в биологических системах. Солнечная энергия превращается в энергию химических связей этого вещества и расходуется на синтез глюкозы, крахмала и других органических веществ.

Фотосинтез. Процесс синтеза органических веществ из неорганических под действием энергии Солнца называется *фотосинтезом*.



В растительных организмах органические вещества создаются в процессе первичного синтеза из углекислого газа, воды и минеральных солей. Животные, грибы, многие бактерии используют готовые органические вещества, получая их из растений. Кроме того, при фотосинтезе образуется кислород, который необходим живым организмам для дыхания. В процессе питания органические вещества расщепляются и окисляются кислородом. Освобождающаяся энергия частично расходуется в виде тепла, а частично вновь запасается в синтезируемых молекулах АТФ. Этот процесс протекает в

митохондриях. Конечными продуктами распада органических веществ являются вода, углекислый газ, соединения аммиака, которые вновь используются в процессе фотосинтеза. Запасенная в АТФ энергия расходуется на вторичный синтез органических веществ, характерных для каждого организма, на рост, размножение.

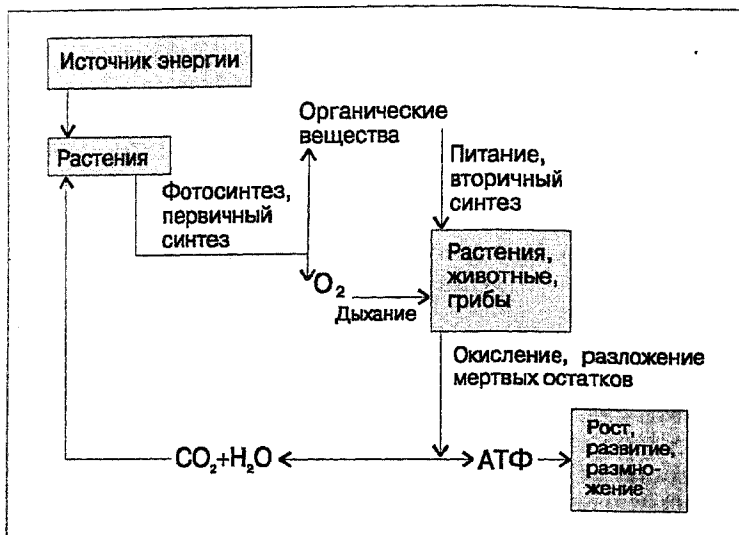


Рис. 50. Поток вещества и энергии в биосфере

Итак, растения обеспечивают все организмы не только питательными веществами, но и кислородом. Кроме того, они преобразуют энергию Солнца и передают ее через органические вещества всем другим группам организмов (рис. 50).

Обмен веществ и энергии. Совокупность химических превращений, протекающих в клетке или организме, связанных между собой и сопровождающихся превращением энергии, называется *обменом веществ и энергии*.

Синтез органических веществ, сопровождающийся поглощением энергии, называется *ассимиляцией*, или пластическим обменом. Распад, расщепление органических веществ, сопровождающийся выделением энергии, называется *диссимиляцией*, или энергетическим обменом.

По способу питания, источнику получения органических веществ и энергии организмы делятся на автотрофные и гетеротрофные.

Автотрофные организмы получают органические вещества в процессе фотосинтеза из неорганических (углекислого газа, воды, минеральных солей), используя энергию солнечного света. К ним относятся все растительные организмы и сине-зеленые, или цианобактерии.

Гетеротрофные организмы получают готовые органические вещества от автотрофов. Источником энергии являются химические реакции распада и окисления органических веществ в процессе диссимиляции. К ним относятся животные, грибы, многие бактерии.

§ 46. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ КЛЕТКИ

Период жизнедеятельности клетки, в котором происходят все процессы обмена веществ, называется *жизненным циклом клетки*. Клеточный цикл состоит из интерфазы и деления. *Интерфаза* — это период между двумя делениями клетки. Она характеризуется активными процессами обмена веществ, синтезом белка, РНК, накоплением питательных веществ клеткой, ростом и увеличением объема. К концу интерфазы происходит удвоение ДНК (репликация). В результате каждая хромосома содержит две молекулы ДНК и состоит из двух сестринских хроматид. Клетка готова к делению.

Деление клетки. Способность к делению — это важнейшее свойство клеточной жизнедеятельности. Механизм самовоспроизведения срабатывает уже на клеточном уровне. Наиболее распространенным способом деления клетки является митоз (рис. 51).

Митоз — это процесс образования двух дочерних клеток, идентичных исходной материнской клетке. Митоз состоит из четырех последовательных фаз, обеспечивающих равномерное распределение генетической информации и органелл между двумя дочерними клетками.

В *профазе* ядерная мембрана исчезает, хромосомы максимально спирализуются, становятся хорошо заметными. Каждая хромосома состоит из двух сестринских хроматид. Центриоли клеточного центра расходятся к полюсам и образуют веретено деления. В *метафазе* хромосомы располагаются в экваториальной зоне, нити веретена деления соединены с центромерами хромосом. *Анафаза* характеризуется расхождением сестринских хроматид-хромосом к полюсам клетки. У каждого полюса оказывается столько же хромосом, сколько их было в исходной клетке. В *телофазе* происходит деление цитоплазмы и органо-

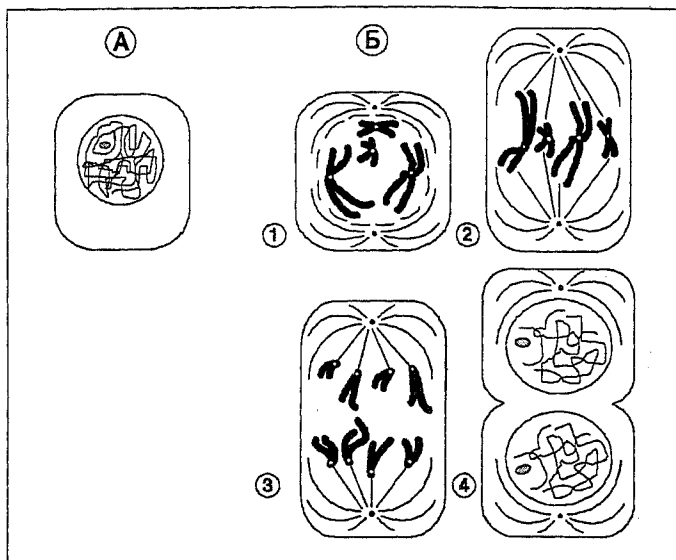


Рис. 51. Интерфаза (А) и фазы митоза (Б): 1 — профаза, 2 — метафаза, 3 — анафаза, 4 — телофаза

идов, в центре клетки образуется перегородка из клеточной мембраны и возникают две новые дочерние клетки.

Весь процесс деления длится от нескольких минут до 3 ч, в зависимости от типа клеток и организма. Стадия деления клетки по времени в несколько раз короче ее интерфазы. Биологический смысл митоза заключается в обеспечении постоянства числа хромосом и наследственной информации, полной идентичности исходных и вновь возникающих клеток.

§ 47. ФОРМЫ РАЗМНОЖЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ

В природе существует два типа размножения организмов: бесполое и половое.

Бесполое размножение — это образование нового организма из одной клетки или группы клеток исходного материнского организма. В этом случае в размножении участвует только одна родительская особь, которая передает свою наследственную информацию дочерним особям. В основе бесполого размножения лежит митоз. Существует несколько форм бесполого размножения.

Простое деление, или деление надвое, характерно для одноклеточных организмов. Из одной клетки путем митоза образуются две дочерние клетки, каждая из которых становится новым организмом.

Почкование — это форма бесполого размножения, при которой от родительской особи отделяется дочерний организм. Такая форма характерна для дрожжей, гидры и некоторых других животных.

У споровых растений (водорослей, мхов, папоротников) размножение происходит с помощью *спор*, специальных клеток, образующихся в материнском организме. Каждая спора, прорастая, дает начало новому организму.

Вегетативное размножение — это размножение отдельными органами, частями органов или тела. Оно основано на способности организмов восстанавливать недостающие части тела — *регенерации*. Встречается у растений (размножение стеблями, листьями, побегами), у низших беспозвоночных животных (кишечнополостных, плоских и кольчатых червей).

Половое размножение — это образование нового организма при участии двух родительских особей. При половом размножении происходит слияние половых клеток — *гамет* мужского и женского организма. Новый организм несет наследственную информацию от обоих родителей. Половые клетки формируются в результате особого типа деления. В этом случае в отличие от клеток взрослого организма, которые несут диплоидный (двойной) набор хромосом, образующиеся гаметы имеют гаплоидный (одинарный) набор. В результате оплодотворения парный, диплоидный набор хромосом восстанавливается. Одна хромосома из пары является отцовской, а другая — материнской. Гаметы образуются в половых железах или в специализированных клетках в процессе мейоза.

Мейоз — это такое деление клетки, при котором хромосомный набор клетки уменьшается вдвое (рис. 52). Такое деление называется *редукционным*. Для мейоза характерны те же стадии, что и для митоза, но процесс состоит из двух последовательных делений (мейоз I и мейоз II). В результате образуются не две, а четыре клетки. Биологический смысл мейоза заключается в обеспечении постоянства числа хромосом у вновь образующихся организмов при оплодотворении. Женская половая клетка — *яйцеклетка*, всегда крупная, содержит много питательных веществ, часто неподвижная.

Мужские половые клетки — *сперматозоиды*, мелкие, часто подвижные, имеют жгутики, их образуется значительно больше, чем яйцеклеток. У семенных растений мужские гаметы неподвижны и называются *спермиями*.

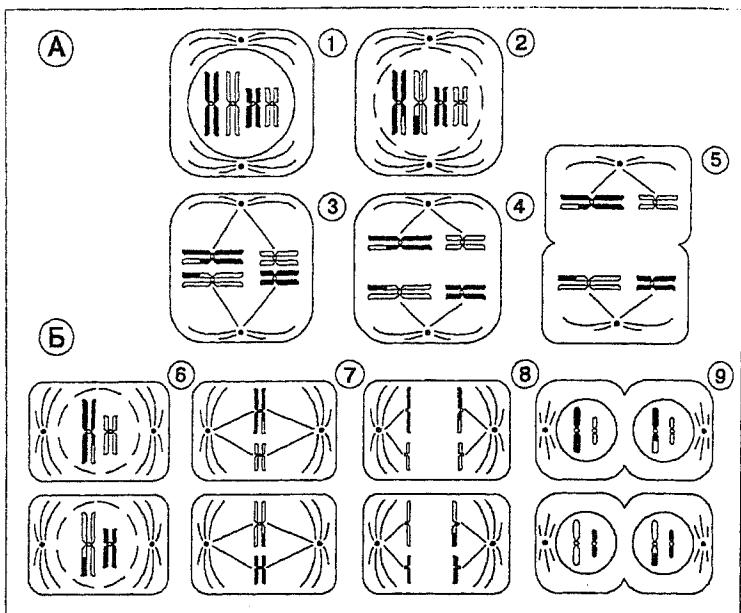


Рис. 52. Фазы мейоза: А — первое деление; Б — второе деление.
 1, 2 — профазы I, 3 — метафаза I, 4 — анафаза I, 5 — телофаза I,
 6 — профазы II, 7 — метафаза II, 8 — анафаза II, 9 — телофаза II

Оплодотворение — процесс слияния мужских и женских половых клеток, в результате которого образуется *зигота*. Из зиготы развивается зародыш, который дает начало новому организму.

Оплодотворение бывает наружным и внутренним. *Наружное оплодотворение* характерно для обитателей вод. Половые клетки выходят во внешнюю среду и сливаются вне организма (рыбы, земноводные, водоросли). *Внутреннее оплодотворение* характерно для наземных организмов. Оплодотворение происходит в женских половых органах. Зародыш может развиваться как в теле материнского организма (млекопитающие), так и вне его — в яйце (птицы, пресмыкающиеся, насекомые).

Биологическое значение оплодотворения состоит в том, что при слиянии гамет восстанавливается диплоидный набор хромосом, а новый организм несет наследственную информацию и признаки двух родителей. Это увеличивает разнообразие признаков организмов, повышает их жизнестойкость.

VIII. МНОГООБРАЗИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

§ 48. СИСТЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

В настоящее время органический мир Земли насчитывает около 1,5 млн видов животных, 0,5 млн видов растений, около 10 млн микроорганизмов. Изучить такое многообразие организмов невозможно без их систематизации и классификации.

Большой вклад в создание систематики живых организмов внес шведский натуралист Карл Линней (1707—1778). В основу классификации организмов он положил *принцип иерархии*, или соподчиненности, а за наименьшую систематическую единицу принял вид. Для названия вида была предложена *бинарная номенклатура*, согласно которой каждый организм идентифицировался (назывался) по его роду и виду. Названия систематических таксонов было предложено давать на латинском языке. Так, например, кошка домашняя имеет систематическое название *Felis domestica*. Основы линнеевской систематики сохранились до настоящего времени.

Современная классификация отражает эволюционные взаимоотношения и родственные связи между организмами. Принцип иерархии сохраняется.

Вид — это совокупность особей, сходных по строению, имеющих одинаковый набор хромосом и общее происхождение, свободно скрещивающихся и дающих плодовитое потомство, приспособленных к сходным условиям обитания и занимающих определенный ареал.

В настоящее время в систематике используют десять основных систематических категорий: империя, надцарство, царство, тип, класс, отряд, семейство, род, вид (схема, таблица, рис. 53).

По наличию оформленного ядра все клеточные организмы делятся на две группы: прокариоты и эукариоты.

СХЕМА БИОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

ИМПЕРИИ
(НАДЦАРСТВА)

ЦАРСТВА

ТИПЫ

КЛАССЫ

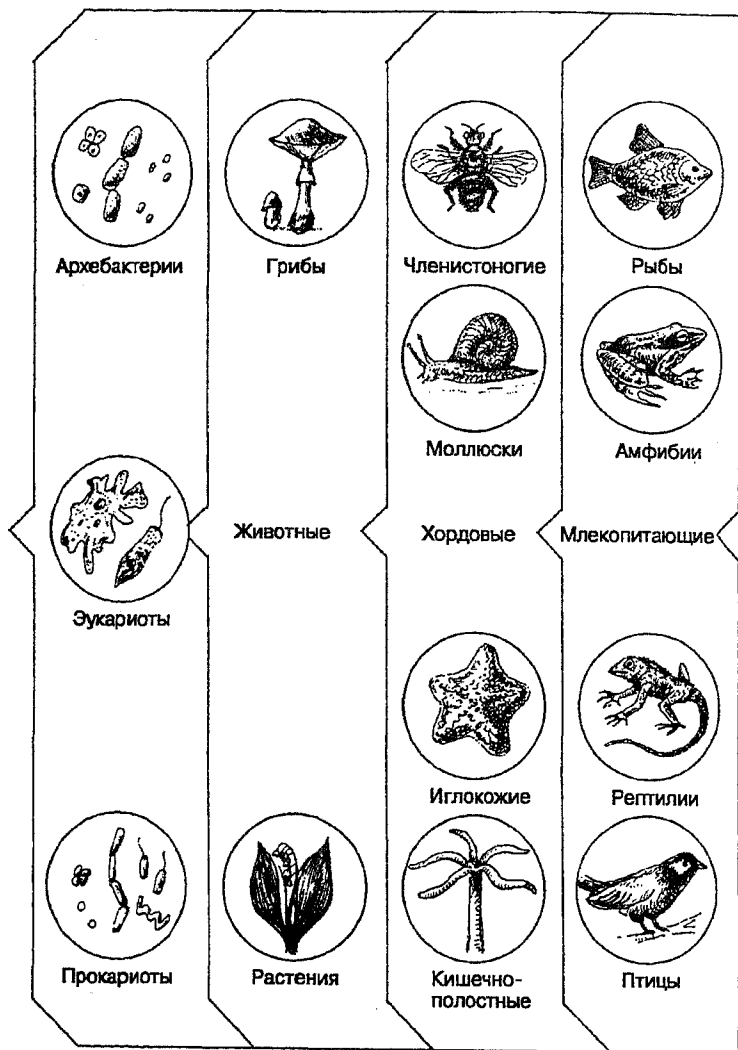


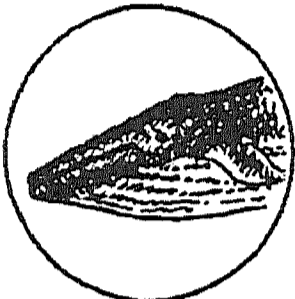
Рис. 53. Современная биологическая система

ОТЯДЫ

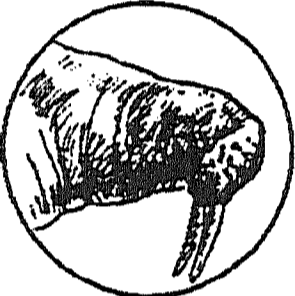
СЕМЕЙСТВА

РОДЫ

ВИДЫ



Киты



Ластоногие

Хищные



Грызуны



Копытные



Медвежи



Еотовые

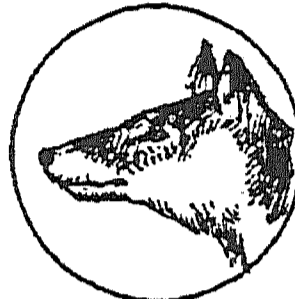
Собачьи



Виверровые



Кошачьи



Лисица



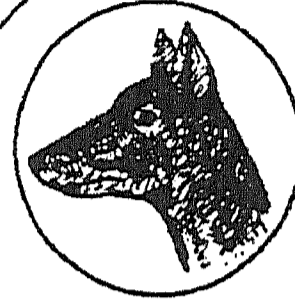
Еотовидная
собака



Фенек



Песец



Собака домашняя



Волк

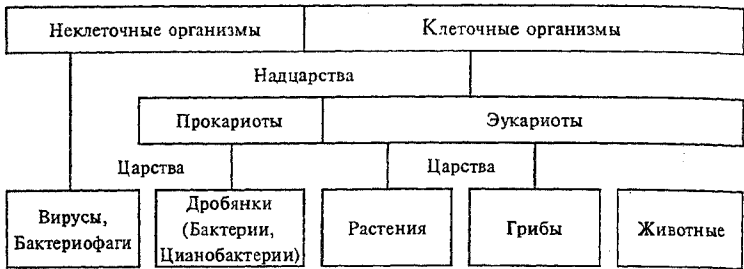


Шакал



Койот

Импери



Примеры классификации организмов

Таксоны	Человек	Мышь	Пшеница
Царство	Животные	Животные	Растения
Тип	Хордовые	Хордовые	Покрывосеменные
Класс	Млекопитающие	Млекопитающие	Однодольные
Отряд (Порядок)	Приматы	Грызуны	Злаки
Семейство	Гоминиды	Мышиные	Злаки
Род	Человек	Мышь	Пшеница
Вид	Человек разумный	Мышь домовая	Пшеница твердая

Прокариоты (безъядерные организмы) — это примитивные организмы, не имеющие четко оформленного ядра. В таких клетках выделяется лишь ядерная зона, содержащая молекулу ДНК. Кроме того, в клетках прокариот отсутствуют многие органеллы. У них имеются только наружная клеточная мембрана и рибосомы. К прокариотам относятся бактерии.

Эукариоты — истинноядерные организмы, имеют четко оформленное ядро и все основные структурные компоненты клетки. К ним относятся растения, животные, грибы.

Кроме организмов, имеющих клеточное строение, существуют и неклеточные формы жизни — *вирусы* и *бактериофаги*. Это основные формы жизни, представляющие собой как бы переходную группу между живой и неживой природой. Вирусы были открыты в 1892 г. русским ученым Д. И. Ивановским. В переводе на русский язык *вирус* означает «яд». Вирусы состоят из молекул ДНК или РНК, покрытых белковой оболочкой, а иногда дополнительно липидной мембраной. Вирусы могут существовать в виде кристаллов. В таком состоя-

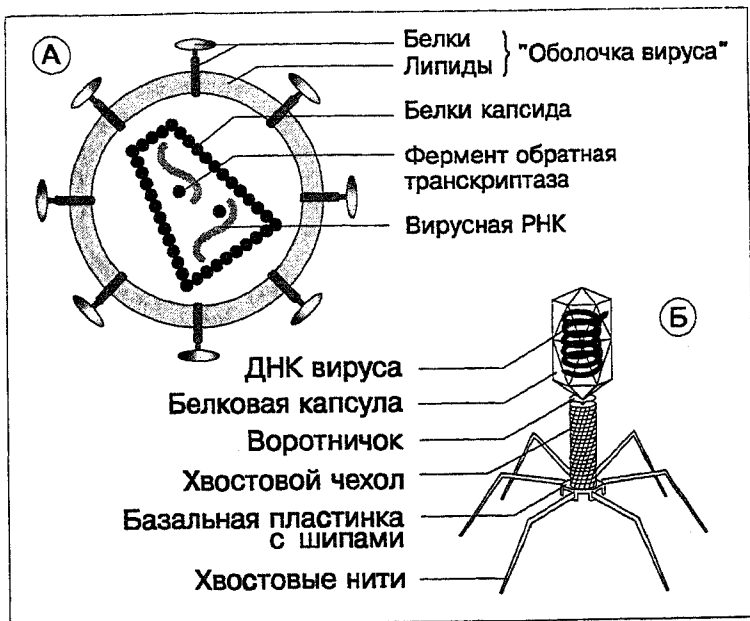


Рис. 54. Вирус СПИДа и бактериофаг

нии они не размножаются, не проявляют никаких признаков живого и могут сохраняться длительное время. Но при внедрении в живую клетку вирус начинает размножаться, подавляя и разрушая все структуры клетки-хозяина. Вне живой клетки они не способны к размножению, синтезу белка. Вирусы вызывают различные заболевания растений, животных, человека. К ним относятся вирусы табачной мозаики, гриппа, кори, оспы, полиомиелита, вирус иммунодефицита человека (ВИЧ), вызывающий СПИД. Вирусы, поражающие клетки бактерий, называют бактериофагами (пожирателями бактерий). Всего описано более 500 видов вирусов (рис. 54).

§ 49. БАКТЕРИИ. ГРИБЫ. ЛИШАЙНИКИ

Бактерии. Бактерии — это одноклеточные прокариотические организмы. Величина их колеблется от 0,5 до 10—13 мкм. Впервые бактерии наблюдал в микроскоп Антони ван Левенгук в XVII веке.

Клетка бактерии имеет оболочку (клеточную стенку) подобно клетке растения. Но у бактерии она упругая, нецеллю-

лозная. Под оболочкой находится клеточная мембрана, обеспечивающая избирательное поступление веществ в клетку. Она впячивается внутрь цитоплазмы, увеличивая поверхность мембранных образований, на которых идут многие реакции обмена веществ. Существенным отличием бактериальной клетки от клеток других организмов является отсутствие оформленного ядра. В ядерной зоне располагается кольцевая молекула ДНК, которая является носителем генетической информации и регулирует все процессы жизнедеятельности клетки. Из других органелл в клетках бактерий присутствуют только рибосомы, на которых протекает синтез белка. Все остальные органеллы у прокариот отсутствуют.

Форма бактерий весьма разнообразна и лежит в основе их классификации (рис. 55). Это шарообразные — *кокки*, палочкообразные — *бациллы*, изогнутые — *вибрионы*, закрученные — *спириллы* и *спирохеты*. Некоторые бактерии имеют жгутики, с помощью которых они движутся. Размножаются бактерии путем простого деления клетки на две. При благоприятных условиях клетка бактерии делится каждые 20 мин. Если условия неблагоприятны, дальнейшее размножение колонии бактерий

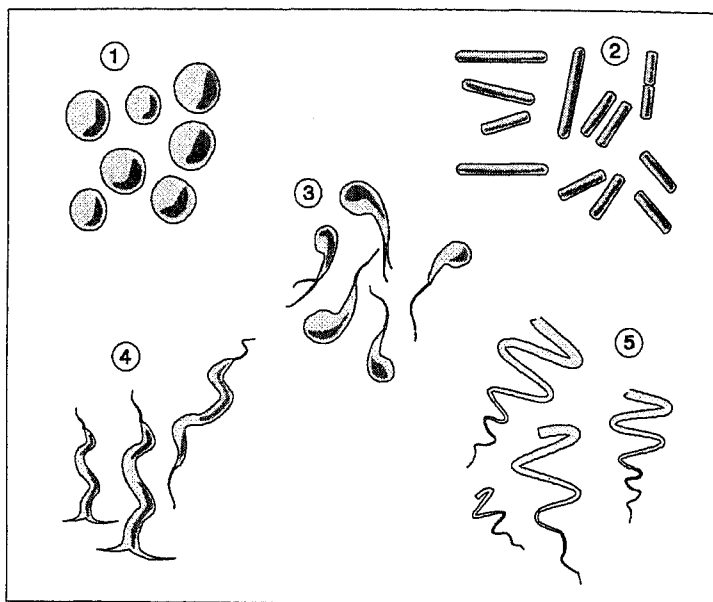


Рис. 55. Формы бактерий: 1 — кокки, 2 — бациллы, 3 — вибрионы, 4 — спириллы, 5 — спирохеты

приостанавливается или замедляется. Бактерии плохо переносят низкие и высокие температуры: при нагревании до 80 °С многие погибают, а некоторые при неблагоприятных условиях образуют *споры* — покоящиеся стадии, покрытые плотной оболочкой. В таком состоянии они сохраняют жизнеспособность довольно долго, иногда несколько лет. Споры некоторых бактерий выдерживают замораживание и повышение температуры до +129 °С. Спорообразование свойственно бациллам, например возбудителям сибирской язвы, туберкулеза.

Бактерии живут повсеместно — в почве, воде, воздухе, в организмах растений, животных и человека. Многие бактерии по способу питания являются *гетеротрофными* организмами, т. е. используют готовые органические вещества. Часть из них, являясь *сапрофитами*, разрушает остатки мертвых растений и животных, участвует в разложении навоза, способствуют минерализации почвы. Бактериальные процессы спиртового, молочнокислого брожения используются человеком. Есть виды, которые могут жить в организме человека, не принося вреда. Так, например, в кишечнике человека обитает кишечная палочка. Отдельные виды бактерий, поселяясь на продуктах питания, вызывают их порчу. К сапрофитам относятся бактерии гниения и брожения.

Многие бактерии паразитируют внутри организма человека и животных, вызывая различные заболевания. Это патогенные, болезнетворные бактерии. Особенно опасны бациллы туберкулеза, дифтерита, брюшного тифа, сибирской язвы, столбняка. В состоянии споры они много лет сохраняют свою жизнеспособность. Например, бациллы столбняка десятилетиями живут в жирной, унавоженной почве. Заражение человека происходит при попадании их в кровь через царапины или порезы во время сельскохозяйственных работ. Стрептококки и стафилококки вызывают у человека ангину, воспаление различных органов. Холерный вибрион является причиной эпидемий холеры.

Кроме гетеротрофов существуют и *автотрофные* бактерии, способные окислять неорганические вещества, а выделяющуюся энергию использовать для синтеза органических веществ. Так, например, почвенные азотобактерии обогащают ее азотом, повышая плодородие. На корнях бобовых растений — клевера, люпина, гороха — можно увидеть клубеньки, содержащие такие бактерии. К автотрофам относятся серобактерии и железобактерии.

К прокариотам относится еще одна группа микроорганизмов — цианобактерии. Цианобактерии — автотрофы, име-

ют фотосинтезирующую систему и пигмент хлорофилл. Поэтому они зеленого или сине-зеленого цвета. Цианобактерии могут быть одиночными, колониальными, нитчатыми (многоклеточными). Они внешне сходны с водорослями. Цианобактерии распространены в воде, почве, горячих источниках, входят в состав лишайников.

Грибы. Грибы — это группа гетеротрофных организмов, имеющая признаки сходства с растениями и животными.

Как и растения, грибы имеют клеточную оболочку, неограниченный рост, они неподвижны, размножаются спорами, питаются путем всасывания растворенных в воде питательных веществ.

Как и животные, грибы не способны синтезировать органические вещества из неорганических, не имеют пластид и фотосинтезирующих пигментов, в качестве запасного питательного вещества накапливают гликоген, а не крахмал, клеточную оболочку строят из хитина, а не из целлюлозы.

Именно поэтому грибы выделяют в отдельное царство. Царство грибов объединяет около 100 000 видов, широко распространенных на земле.

Строение гриба (рис. 56). Тело гриба — *таллом* состоит из тонких нитей — *гифов*. Совокупность гифов называется *мицелием* или *грибницей*. Гифы могут иметь перегородки, образуя отдельные клетки. Но в некоторых случаях перегородки отсутствуют (у мукора). Поэтому клетки грибов могут содержать одно или множество ядер.

Мицелий развивается на субстрате, при этом гифы проникают внутрь субстрата и разрастаются, многократно ветвясь. Размножаются грибы вегетативно частями мицелия и спорами, которые созревают в специализированных клетках — *спорангиях*.

Грибы делятся на два класса: низшие и высшие грибы.

Низшие грибы часто имеют многоядерный мицелий или состоят из одной клетки. Представителями низших грибов являются плесневые грибы: *мукор*, *пеницилл*, *аспергилл*. У пеницилла в отличие от мукора мицелий многоклеточный, разделен на перегородки. Плесневые грибы развиваются в почве, на влажных продуктах питания, плодах, овощах, вызывая их порчу. Часть гифов гриба проникает внутрь субстрата, а другая часть поднимается вверх над поверхностью. На концах вертикальных гифов созревают споры.

Дрожжи — это низшие одноклеточные грибы. Дрожжи не образуют мицелия, размножаются почкованием. Они вызывают спиртовое брожение, разлагая сахар в процессе своей

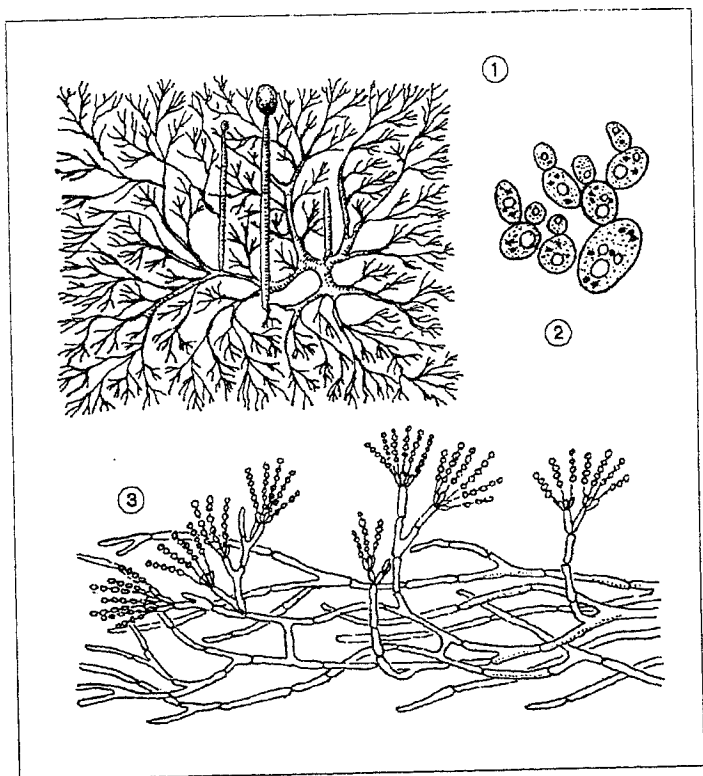


Рис. 56. Строение грибов: 1 — мукор, 2 — дрожжи, 3 — пеницилл

жизнедеятельности. Их используют в пивоварении, хлебопечении, виноделии.

К **высшим грибам** относятся *шляпочные* грибы. Для них характерен многоклеточный мицелий, который развивается в почве, а на поверхности образуются *плодовые тела*, состоящие из плотно переплетенных гифов, в которых созревают споры. Плодовые тела состоят из ножки и шляпки. У одних грибов нижний слой шляпки образован радиально расположенными пластинками — это *пластинчатые грибы*. К ним относятся сыроежки, лисички, шампиньоны, бледная поганка и т. д. У других грибов на нижней стороне шляпки имеются многочисленные трубочки — это *трубчатые грибы*. К ним относятся белый гриб, подберезовик, подосиновик, мухоморы и т. д. В трубочках и на пластинках созревают споры гриба. Часто мицелий гриба образует *микоризу*, прорастая

гифами в корни растений. Растение снабжает гриб органическими питательными веществами, а гриб обеспечивает минеральное питание растения. Такое взаимовыгодное сожительство называется *симбиозом*. Многие шляпочные грибы съедобны, но среди них есть и ядовитые.

По способу питания грибы делят на сапрофитов и паразитов.

Грибы-сапрофиты питаются отмершими организмами, органическими остатками, пищевыми продуктами, созревшими плодами, вызывая их гниение и распад. К сапрофитам относятся мукор, пеницилл, аспергилл, большинство шляпочных грибов.

Грибы-паразиты поселяются на живых организмах (растениях и животных), разрушая их, вызывая заболевания и иногда приводя к гибели. *Фитофтора* — опасный вредитель картофеля и томатов. Она поражает ботву и клубни картофеля, плоды томата, отчего они чернеют и отмирают. *Головня* и *спорынья* — паразиты хлебных злаков. *Сферотека* вызывает мучнистую росу у крыжовника, смородины. Многие низшие грибы являются возбудителями заболеваний человека и животных (стригуший лишай, парша, микозы). Трутовики поражают деревья, повреждают древесину, чем наносят большой вред лесному хозяйству.

Грибы наряду с бактериями играют важную роль в круговороте веществ в биосфере. Они разлагают органические вещества, минерализуют их, участвуют в образовании плодородного слоя почвы — гумуса. Велико значение грибов и в жизни человека. Кроме использования в пищу из грибов получают лекарственные препараты — антибиотики (пенициллин), витамины, ростовые вещества растений (гибберелин), ферменты.

Лишайники. Лишайники — это своеобразная группа организмов, представляющая собой симбиоз гриба и одноклеточных водорослей или цианобактерий. Гриб обеспечивает защиту водоросли от высыхания и снабжает водой. А водоросли и цианобактерии в процессе фотосинтеза образуют органические вещества, которыми питается грибок.

Строение лишайников. Тело лишайника — *слоевище* (*таллом*) состоит из гифов гриба, среди которых находятся одноклеточные водоросли. Поверхностный слой лишайника образован плотно сплетенными гифами, а нижние — более редкими. Среди редкой сетки гифов и располагаются зеленые водоросли.

Такие особенности строения лишайника позволяет получать питание не только из почвы, но и улавливать влагу и частички

пыли, которые оседают на слоевище из воздуха. Поэтому лишайники обладают уникальной особенностью — они могут существовать в самых неблагоприятных условиях, поселяться на голых скалах и камнях, коре деревьев, крышах домов. Их называют пионерами почвообразования, так как, «обживая» горные породы, они создают условия для последующего поселения растений. Единственным необходимым условием для жизни лишайников является чистота воздуха. Поэтому они служат индикаторами степени загрязнения атмосферы.

Размножаются лишайники вегетативно — частями слоевища и клетками водорослей. Растут очень медленно.

По внешнему виду лишайники делят на три группы: корковые (накипные), листоватые и кустистые (рис. 57).

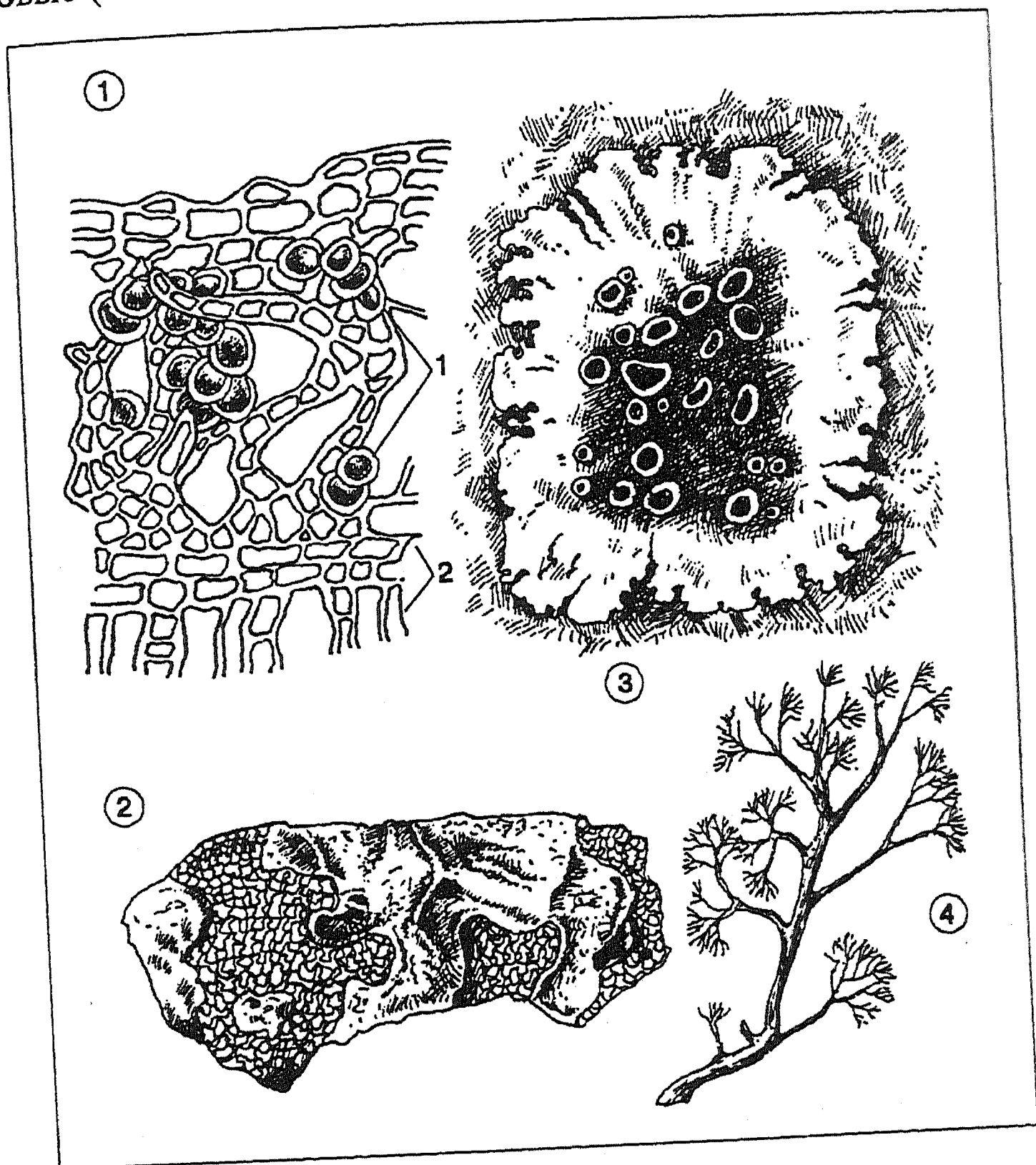


Рис. 57. Лишайники: 1 — строение (1 — клетки зеленой водоросли, 2 — гифы гриба), 2 — разнообразие (2 — корковый, 3 — листоватый, 4 — кустистый)

Корковые лишайники плотно прилегают слоевищем к субстрату, от которого их невозможно отделить. Им вполне хватает небольшого количества воды, которое выпадает в виде осадков или находится в атмосфере в виде паров. Они поселяются на стволах деревьев, камнях.

Ксантория — стенная золотнянка часто встречается на коре осины, на дощатых заборах и крышах. *Пармелия* — лишайник с крупными лопастями серо-голубого цвета — обитает на коре сосен и мертвых ветках ели.

Листоватые лишайники можно встретить на коре деревьев, почве, где нет травы. Они прикрепляются к субстрату с помощью тонких выростов слоевища.

Пельтигера — лишайник серо-зеленого цвета с черными прожилками снизу — растет на почве в сырых местах.

Кустистые лишайники имеют сильно разветвленное слоевище. Растут они преимущественно на почве, пнях, стволах деревьев. Крепятся к субстрату лишь основанием.

Исландский мох — лишайник серо-желтого цвета с сильно изогнутыми узкими выростами слоевища. Содержит много витамина С, используется от цинги на Севере. *Олений мох*, или *ягель*, занимает большие пространства в тундре и служит основным кормом для северных оленей. Это изящные кустики, состоящие из тонких сильно ветвящихся стебельков. Высыхая, становится хрупким и хрустит под ногами. Растет также в сухих сосновых борах. *Красноголовка* — серо-зеленые небольшие, в 3 см, трубочки, имеют по краю красную оторочку или шарики (головки). Растет на старых пнях. *Бородач* образует длинные свисающие космы, поселяясь на деревьях во влажных лесах, чаще на елях.

Будучи автогетеротрофами, лишайники в процессе фотосинтеза создают органические вещества в местах, недоступных другим организмам. Одновременно они минерализуют органические вещества, тем самым участвуя в круговороте веществ в природе и играя важную роль в почвообразовании.

§ 50. РАСТЕНИЯ, ИХ СТРОЕНИЕ. ВЕГЕТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ

Растениями называют фотосинтезирующие живые организмы, относящиеся к эукариотам. Они имеют клеточную целлюлозную оболочку, запасное питательное вещество в виде крахмала, малоподвижны или неподвижны и растут в течение всей жизни.

Содержащийся в них пигмент хлорофилл придает растениям зеленую окраску. На свету из углекислого газа и воды они создают органические вещества и выделяют кислород, обеспечивая тем самым питание и дыхание всех остальных живых организмов. Растения также обладают регенерирующей способностью, нередко наряду с половым размножаются и вегетативно.

Наука, изучающая строение и жизнедеятельность растений, их систематику, экологию и распространение, называется *ботаникой* (от греческого «*ботанэ*» — трава, зелень и «*логос*» — учение).

Растения составляют основную часть биосферы, образуя зеленый покров Земли. Они обитают в различных условиях — воде, почве, наземно-воздушной среде, занимают всю сушу нашей планеты, за исключением ледяных пустынь Арктики и Антарктиды.

Жизненные формы растений. *Деревья* характеризуются наличием одревесневшего стебля — ствола, сохраняющегося на протяжении всей жизни. *Кустарники* имеют несколько небольших стволиков. Для *трав* характерны сочные, зеленые, недревесневевшие побеги.

По продолжительности жизни различают *однолетние*, *двулетние* и *многолетние* растения. Деревья и кустарники относятся к многолетним растениям, а травы могут быть как многолетними, так и однолетними и двулетними.

Тело растений обычно расчленено на *корень* и *побег*. Из высших растений наиболее высокоорганизованными, многочисленными и распространенными являются цветковые растения. Кроме корня и побега они имеют цветки и плоды — органы, отсутствующие у других групп растений. Строение растений удобно рассмотреть на примере цветковых растений. Вегетативные органы растений, корень и побег, обеспечивают их питание, рост и бесполое размножение.

Корень (рис. 58). С помощью корня растение закрепляется в почве. Он также обеспечивает поступление воды и минеральных веществ и нередко служит местом синтеза и запасания питательных веществ.

Корни начинают формироваться уже в зародыше растения. При прорастании семени из зародышевого корешка образуется *главный корень*. Через некоторое время от него отрастают многочисленные *боковые корни*. У ряда растений от стеблей и листьев образуются *придаточные корни*.

Совокупность всех корней называют *корневой системой*. Корневая система может быть *стержневой* с хорошо развитым главным корнем (одуванчик, редис, яблоня) или *мочковатой*, образованной боковыми и придаточными корнями (ячмень, пшеница, лук). Главный корень в таких системах слабо развит или совсем отсутствует.

У ряда растений в корнях запасаются питательные вещества (крахмал, сахар), например, у моркови, репы, свеклы. Такие видоизменения главного корня называют *корнеплодами*. У георгина питательные вещества откладываются в утолщенных придаточных корнях, их называют *корнеклубнями*. Встречаются в природе и другие видоизменения корней: *корни-прицепки* (у лиан, плюща), *воздушные корни* (у монстеры, орхидей), *ходульные корни* (у мангровых растений — баньяна), *дыхательные корни* (у болотных растений). Растет корень верхушкой, где находятся клетки *образовательной ткани* — точка роста. Она защищена *корневым чехликом*. *Корневые волоски* всасывают воду с растворенными в ней минеральными веществами в *зоне всасывания*. По *проводящей системе* корня вода и минеральные вещества поступают вверх к стеблям и листьям, а вниз передвигаются органические вещества.

Побег. Побег — это сложный вегетативный орган, состоящий из почек, стебля и листьев. Наряду с вегетативными у

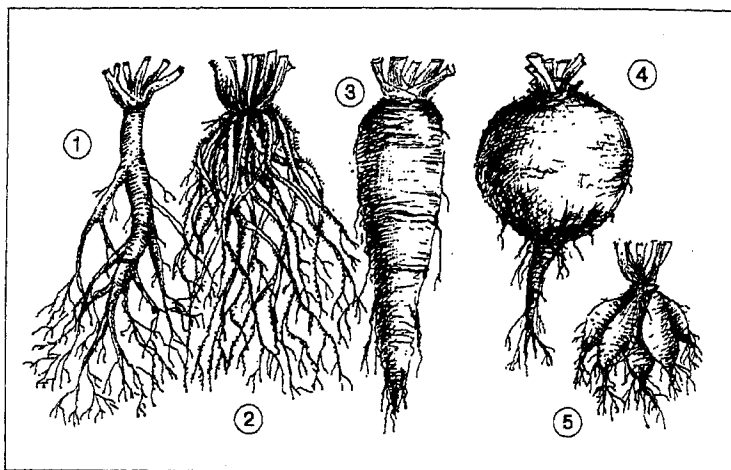


Рис. 58. Типы корневых систем: 1 — стержневая, 2 — мочковатая, 3 — конусовидный корнеплод петрушки, 4 — репчатый корнеплод свеклы, 5 — корневые шишки георгина

цветковых растений имеются генеративные побеги, на которых развиваются цветки. Побег образуется из зародышевой почки семени. Развитие побегов многолетних растений из почек хорошо заметно весной.

Почка. По расположению на стебле различают *верхушечную* и *боковые* почки. Верхушечная почка обеспечивает рост побега в длину, а боковые — его ветвление. Почка снаружи покрыта плотными чешуями, часто пропитанными смолистыми веществами, внутри находятся зачаточный побег с конусом нарастания и листочки. В пазухах зачаточных листьев располагаются едва заметные зачаточные почки. В генеративной почке находятся зачатки цветков.

Стебель — это осевая часть побега, на которой располагаются листья и почки. Он выполняет опорную функцию в растении, обеспечивает передвижение воды и минеральных веществ от корня вверх к листьям, органических веществ — вниз, от листьев к корню.

Внешне стебли весьма разнообразны: у кукурузы, подсолнечника, березы они прямостоячие, у пырея, лапчатки — ползучие, у выюнка, хмеля — вьющиеся, у гороха, лианы, винограда — лазящие.

Внутреннее строение стебля различно у однодольных и двудольных растений (рис. 59).

1. У двудольного растения стебель снаружи покрыт кожей — *эпидермой*, у многолетних одревесневших стеблей кожа заменяется *пробкой*. Под пробкой располагается луб, образованный ситовидными трубками, обеспечивающими перемещение органических веществ по стеблю. Лубяные механические волокна придают стеблю прочность. Пробка и луб образуют *кору*.

Ниже луба находится *камбий* — тонкий слой клеток образовательной ткани, обеспечивающий рост стебля в толщину. Под ним располагается *древесина* с сосудами и механическими волокнами. По сосудам перемещаются вода и минеральные соли, а волокна придают древесине прочность. При нарастании древесины образуются *годовые кольца*, по которым определяется возраст дерева.

В центре стебля расположена *сердцевина*. Она выполняет запасную функцию, в ней откладываются органические вещества.

2. У однодольных растений стебель не разделен на кору, древесину и сердцевину, камбиальное кольцо у них отсутствует. Проводящие пучки, состоящие из сосудов и ситовидных трубок, равномерно располагаются по всему стеблю. На-

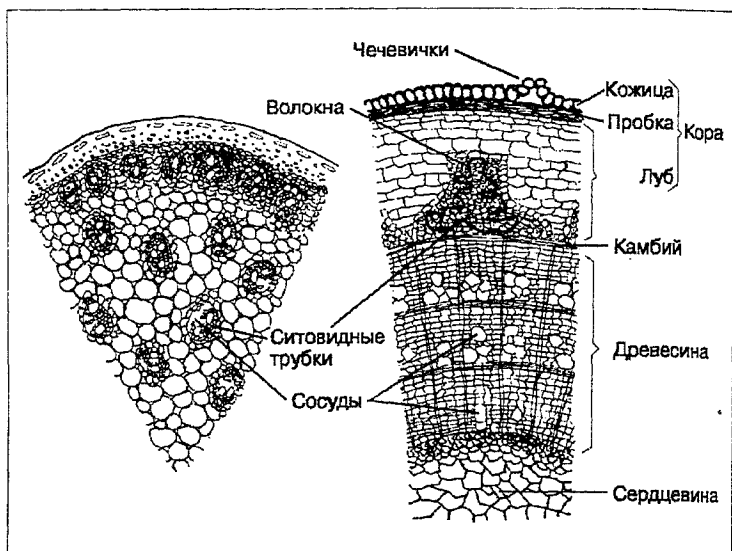


Рис. 59. Внутреннее строение стебля. Поперечный разрез:
 1 — стебля кукурузы (сосудистые пучки располагаются по всему
 стеблю, 2 — ветки липы

пример, у злаков стебель — соломина, внутри полый, а проводящие пучки располагаются по периферии.

У ряда растений встречаются видоизмененные стебли: *колючки* у боярышника, служащие для защиты, *усики* у винограда — для прикрепления к опоре.

Лист. Лист — это важный вегетативный орган растения, выполняющий основные функции: фотосинтез, испарение воды и газообмен.

У растений различают несколько типов листорасположения: *очередное*, когда листья расположены поочередно друг за другом, *супротивное* — листья располагаются друг напротив друга и *мутовчатое* — три и более листа отходят от одного узла (рис. 60).

Лист состоит из *листовой пластинки* и *черешка*, иногда имеются прилистники. Листья без черешка называют *сидячими*. У некоторых растений (злаки) бесчерешковые листья образуют трубку — *влагалище*, обхватывающую стебель. Такие листья называют *влагалищными* (рис. 61).

Листья могут быть простыми и сложными. *Простой* лист имеет одну листовую пластинку, а *сложный* — несколько листовых пластинок, расположенных на одном черешке (рис. 62).

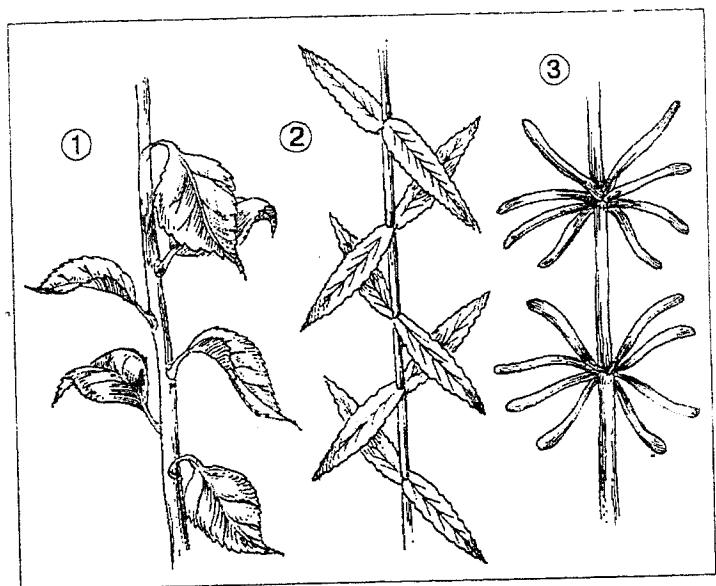


Рис. 60. Листорасположение: 1 — очередное, 2 — супротивное, 3 — мутовчатое

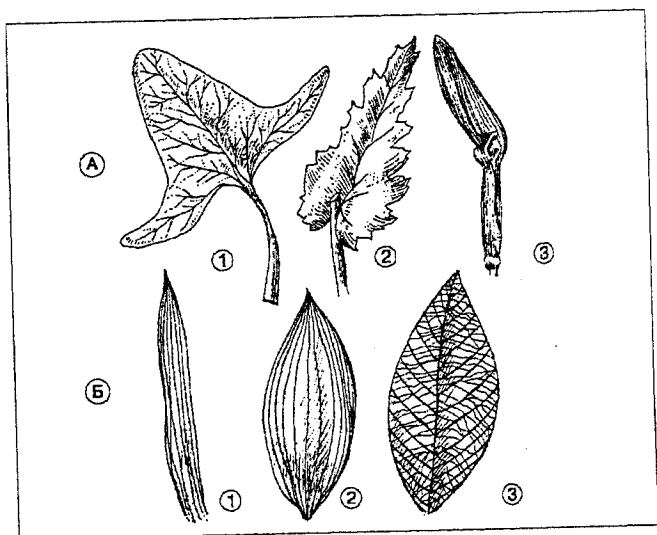


Рис. 61. Виды листьев (А): 1 — черешковый, 2 — сидячий, 3 — влагалищный. Жилкование листьев (Б): 1 — параллельное, 2 — дуговое, 3 — сетчатое

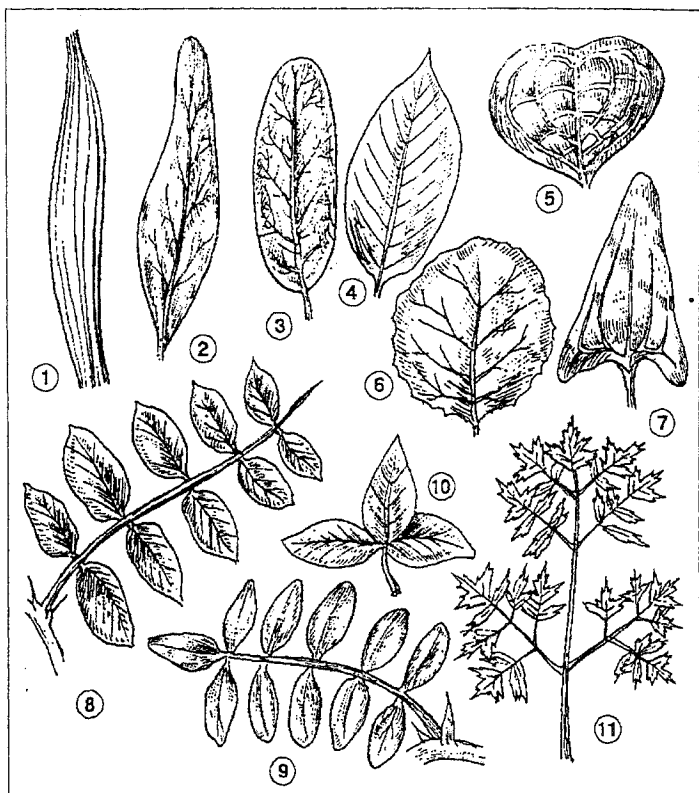


Рис. 62. Листья простые: 1 — линейный, 2 — ланцетный, 3 — эллиптический, 4 — яйцевидный, 5 — сердцевидный, 6 — округлый, 7 — стреловидный; сложные: 8 — парноперистый, 9 — непарноперистый, 10 — тройчатый, 11 — пальчатосложный

Разнообразны формы листовых пластинок. У простых листьев листовые пластинки могут быть цельными и рассеченными с различными краями: зубчатыми, пильчатыми, городчатыми, волнистыми. Сложные листья могут быть парно- и непарноперистосложными, пальчатосложными, тройчатыми.

В листовой пластине находится система *жилок*, выполняющих опорную и транспортную функции. Различают сетчатое жилкование (у большинства двудольных растений), параллельное (злаки, осоки) и дуговое (ландыш) (рис. 62).

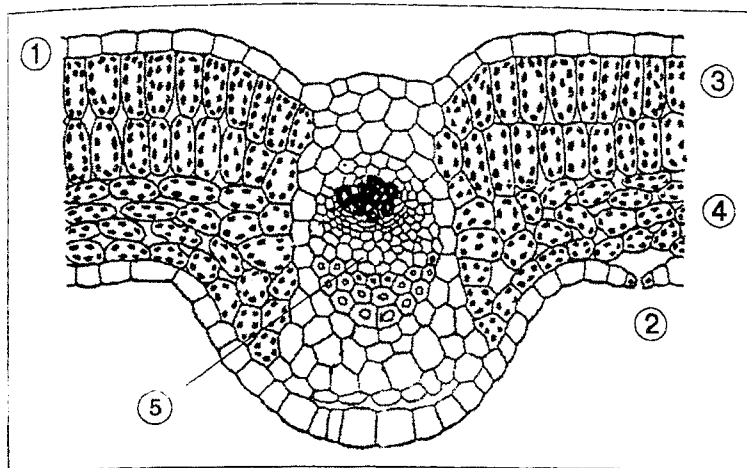


Рис. 63. Внутреннее строение листа: 1 — кожица, 2 — устьице, 3 — столбчатая ткань, 4 — губчатая ткань, 5 — жилка листа

Внутреннее строение листа (рис. 63). Снаружи лист покрыт эпидермой — *кожицей*, которая защищает внутренние части листа, регулирует газообмен и испарение воды. Клетки кожицы бесцветны. На поверхности листа могут быть выросты клеток кожицы в виде волосков. Их функции различны. Одни защищают растение от поедания животными, другие — от перегрева. Листья некоторых растений покрыты восковым налетом, плохо пропускающим влагу. Это способствует уменьшению потери воды с поверхности листьев.

На нижней стороне листа у большинства растений в эпидерме находятся многочисленные *устьица* — отверстия, образованные двумя замыкающими клетками. Через них осуществляются газообмен, испарение воды. Днем устьичная щель открыта, а на ночь закрывается.

Внутренняя часть листа образована основной *ассимилирующей тканью*, обеспечивающей процесс фотосинтеза. Она состоит из двух типов зеленых клеток — *столбчатых*, расположенных вертикально, и *округлых, рыхло расположенных губчатых*. Они содержат большое количество хлоропластов, которые и придают зеленый цвет листу. Мякоть листа пронизана жилками, образованными проводящими сосудами и ситовидными трубками, а также волокнами, придающими прочность. По жилкам синтезированные в листе органические

кие вещества передвигаются к стеблю и корням, а обратно идет приток воды и минеральных веществ.

В наших широтах ежегодно наблюдается массовое сбрасывание листьев — *листопад*. Это явление имеет важное приспособительное значение, оно предохраняет растение от иссушения, замерзания, предотвращает поломку ветвей деревьев. Кроме того, с мертвыми листьями растение освобождается от ненужных и вредных для него веществ.

Многие растения имеют видоизмененные листья, выполняющие специфические функции. Усики гороха, цепляясь за опору, поддерживают стебель, в чешуйчатых листьях лука запасаются питательные вещества, колючки барбариса предохраняют его от поедания, ловушки росянки заманивают и ловят насекомых.

Видоизменение побегов. У большинства многолетних травянистых растений побеги видоизменились и приспособились к выполнению разнообразных функций (рис. 64).

Корневище — это видоизмененный подземный побег, выполняющий функции корня, а также служащий для запасаания питательных веществ и вегетативного размножения растений. В отличие от корня корневище имеет че-

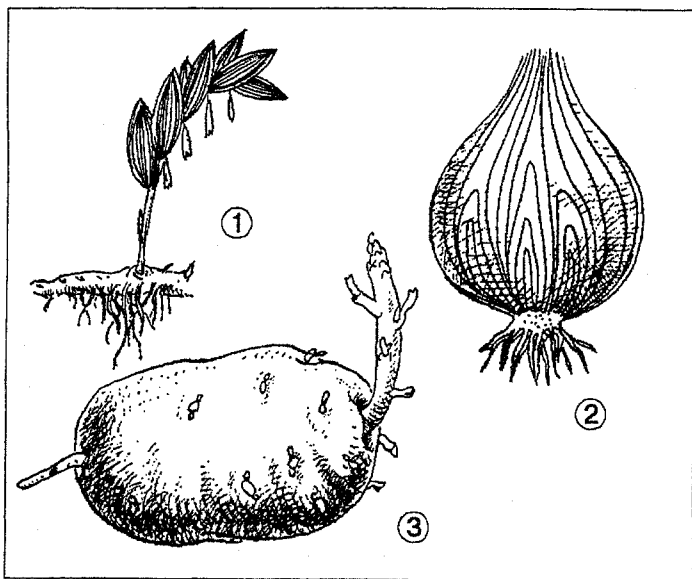


Рис. 64. Видоизменения побегов: 1 — корневище купены, 2 — луковица лука, 3 — клубень картофеля

шуйки — видоизмененные листья и почки, оно растет горизонтально в земле. От него отрастают придаточные корни. Корневище имеется у ландыша, осоки, купены, пырея ползучего.

У земляники образуются надземные видоизмененные столоны — *усы*, обеспечивающие вегетативное размножение. При соприкосновении с землей они укореняются с помощью придаточных корней и образуют розетку листьев.

Подземные столоны — *клубни* у картофеля — это также видоизмененные побеги. В хорошо развитой сердцевине их сильно утолщенного стебля запасаются питательные вещества. На клубнях можно видеть глазки — почки, расположенные по спирали, из которых развиваются надземные побеги.

Луковица — это укороченный побег с сочными листьями. Нижняя часть донце является укороченным стеблем, от которого отрастают придаточные корни. Луковица образуется у многих лилейных (тюльпана, лилий, нарциссов).

Видоизмененные побеги служат для вегетативного размножения растений.

§ 51. ГЕНЕРАТИВНЫЕ ОРГАНЫ РАСТЕНИЙ

Генеративные органы — цветок, плод и семя — обеспечивают половое размножение растений.

Строение цветка (рис. 65). Цветок — это укороченный видоизмененный генеративный побег, орган размножения покрытосеменных растений. Цветок располагается на *цветоножке*. Расширенная часть цветоножки называется *цветоложем*, на котором расположены все части цветка. В центре цветка находятся его главные части: пестик и тычинки. *Пестик* — женский орган цветка, *тычинки* — мужской орган. Пестик обычно состоит из *рыльца*, *столбика* и *завязи*. В завязи находятся *семязачатки*, в которых развивается женский гаметофит и созревает яйцеклетка. Тычинки состоят из тычиночной нити и пыльников. В пыльниках развивается мужской гаметофит — пыльцевое зерно, в котором образуются спермии.

Внутренние части цветка защищены листочками *околоцветника*. Наружные зеленые листочки — *чашелистики* образуют *чашечку*, внутренние *лепестки* образуют *венчик*. Двойным называют околоцветник, состоящий из чашечки и венчика, а простым — из одинаковых листочков. У вишни, гороха, розы

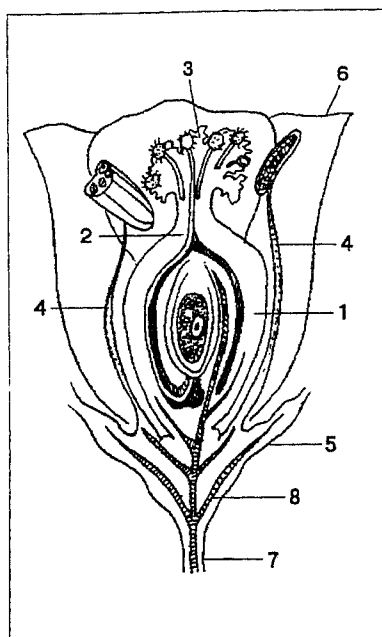


Рис. 65. Строение цветка:
 1 — завязь,
 2 — столбик,
 3 — рыльце пестика с прорастающей пылью,
 4 — тычинки,
 5 — чашелистики,
 6 — лепестки,
 7 — цветоножка

околоцветник двойной, у тюльпана, ландыша — простой. Околоцветник служит для защиты внутренних частей цветка и привлечения опылителей, поэтому он часто имеет яркую окраску. У ветроопыляемых растений околоцветник нередко редуцирован или представлен чешуйками и пленками (злаки, береза, ива, осина, тополь).

У некоторых растений в цветках имеются особые железы — *нектарники*, которые выделяют сахаристую пахучую жидкость — нектар, служащую для привлечения опылителей.

По наличию тычинок и пестиков различают два типа цветков. Цветки, имеющие пестик и тычинки (яблоня, вишня), называются *обоеполыми*, только тычинки или пестики — *однополыми* (огурец, тополь).

Если тычиночные и пестичные цветки располагаются на одной особи, то растения называются *однодомными* (кукуруза, дуб, лещина, огурец), а если на разных — то *двудомными* (тополь, ива, верба, облепиха).

Соцветия. Растения могут обладать крупными одиночными или многочисленными мелкими цветками. Мелкие цветки, собранные вместе, называют *соцветиями*. Соцветия

тия лучше заметны для опылителей, более эффективно опыляются ветром. Различают несколько типов соцветий (рис. 66).

Колос характеризуется наличием сидячих (без цветоножек) цветков на главной оси (подорожник). *Сложный колос* образован несколькими простыми колосками (пшеница, рожь).

Початок имеет толстую центральную ось, на которой располагаются сидячие цветки (белокрыльник). В соцветии *кисть* (ландыш, черемуха) цветки на цветоножках располагаются на общей оси один за другим. В соцветии *корзинка* (ромашка, одуванчик) множество сидячих цветков расположены на широкой утолщенной блюдцевидной оси. У соцветия *головка* (клевер) мелкие сидячие цветки располагаются на укороченной шаровидной оси. В *простом зонтике* (вишня, примула) на главной укороченной оси цветки находятся на одинаковых длинных цветоножках. У моркови, петрушки соцветия состоят из группы простых зонтиков и образуют *сложный зонтик*.

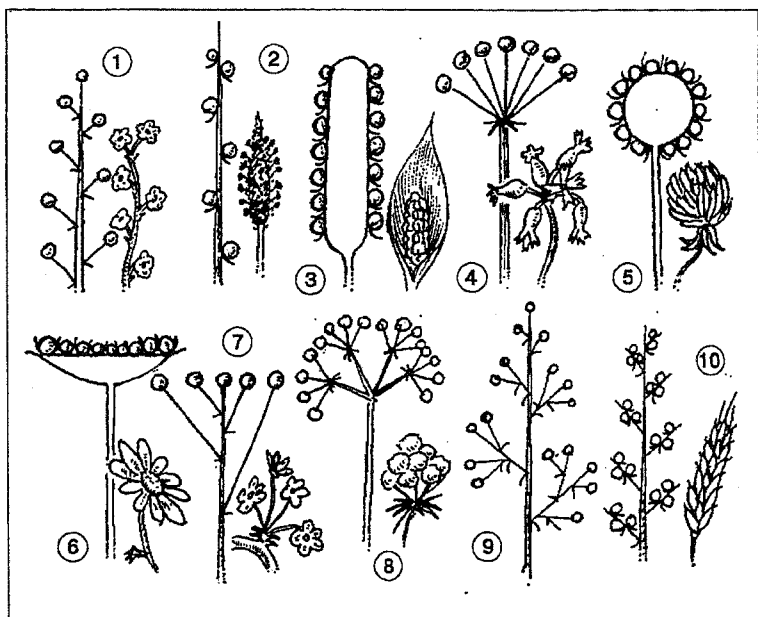


Рис. 66. Типы соцветий: 1 — кисть, 2 — колос, 3 — початок, 4 — зонтик, 5 — головка, 6 — корзинка, 7 — щиток, 8 — сложный зонтик, 9 — метелка, 10 — сложный колос

У *щитка* в отличие от кисти цветки располагаются в одной плоскости, поэтому отходящие от центральной оси цветоножки имеют разную длину (тысячелистник, груша).

Метелка — это сложное соцветие, имеющее несколько боковых ответвлений, состоящих из кистей, щитков (овес, сирень, мужские цветки кукурузы).

В некоторых соцветиях часть цветков состоит только из венчика, а пестик и тычинки отсутствуют. Например, белые «лепестки» ромашки, крупные желтые — подсолнечника. Они служат для привлечения насекомых и располагаются по краям соцветия, а настоящие обоеполые цветки располагаются в центре.

Половое размножение цветковых растений. Для образования семени, необходимо, чтобы пыльца с тычинок попала на рыльце пестика, т. е. произошло *опыление*. Если пыльца попадает на рыльце того же цветка, то происходит *самоопыление* (фасоль, горох, пшеница). При *перекрестном опылении* пыльца с тычинок одного цветка попадает на рыльце пестика другого.

Мелкую сухую пыльцу может переносить ветер (ольха, орешник, береза). У *ветроопыляемых* растений цветки обычно мелкие, собранные в соцветия, околоцветник отсутствует или слабо развит. Могут переносить пыльцу насекомые (*насекомоопыляемые* растения), а также птицы и некоторые млекопитающие. Цветки таких растений обычно яркие, ароматные, содержат нектар. Пыльца в большинстве случаев клейкая, имеет выросты — крючки.

Человек может в своих целях переносить пыльцу с тычинок на рыльце пестиков, такое опыление называется *искусственным*. Искусственное опыление используют для получения более высоких урожаев, выведения новых сортов растений.

В тычинках формируется мужской гаметофит — пыльцевые зерна (пыльца), состоящие из двух клеток — вегетативной и генеративной. В генеративной клетке образуются мужские половые клетки — *спермии*. В завязи пестика в семяпочке образуется женский гаметофит — *восьмиядерный зародышевый мешок*. Это фактически одна клетка, содержащая 8 гаплоидных ядер, где одно наиболее крупное, расположенное у пыльцевхода, называется *яйцеклеткой*, а два ядра поменьше, располагающиеся в центре, — *центральными ядрами*. При попадании пыльцы на рыльце пестика вегетативная клетка прорастает в пыльцевую трубочку, перемещая генеративную клетку к пыльцевходу-*микропиле*. Через пыльцев-

ход два спермия проникают в зародышевый мешок — и происходит оплодотворение. Один спермий сливается с яйцеклеткой и образует *зиготу*, из которой развивается зародыш семени. Второй спермий сливается с двумя центральными ядрами, образуя триплоидный *эндосперм* семени, в котором могут запасаться питательные вещества. Из покрова семязачатка образуется семенная кожура. Такой процесс оплодотворения называется двойным. Он открыт русским ботаником С. Г. Навашинным в 1898 г. Разросшаяся стенка завязи или другие части цветка образуют плод.

Семя. Семя состоит из семенной кожуры, зародыша и эндосперма (рис. 67). Снаружи оно покрыто плотной защитной семенной кожурой. В зародыше различают корешок, стебелек, почечку и семядоли. В зависимости от количества семядолей в зародыше различают однодольные растения (одна семядоля) и двудольные растения (две семядоли). Семядоли — это первые зародышевые листья растения.

Питательные вещества могут находиться в семядолях или особой запасющей ткани — *эндосперме*, в этом случае семядоли почти не развиты.

Плод. Плод — это сложное образование, в его формировании могут принимать участие не только пестик, но и дру-

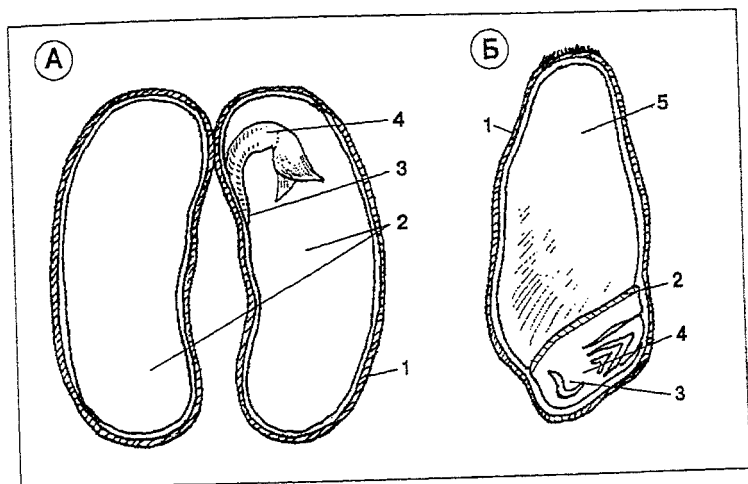


Рис. 67. Строение семян двудольного (А — фасоль) и однодольного (Б — пшеница) растений: 1 — семенная кожура, 2 — семядоли, 3 — зародышевый корешок, 4 — зародышевый стебелек с почечкой, 5 — эндосперм

гие части цветка: основания лепестков, чашелистиков и цветоножке. Плод, образованный из нескольких пестиков, называется *сборным* (малина, ежевика).

Форма плодов очень разнообразна. В зависимости от количества семян различают *односемянные* и *многосемянные* плоды, что связано с количеством семяпочек в завязи. Различают также *сочные* и *сухие* плоды (рис. 68).

Костянка — сочный односемянный плод (вишня, слива, абрикос).

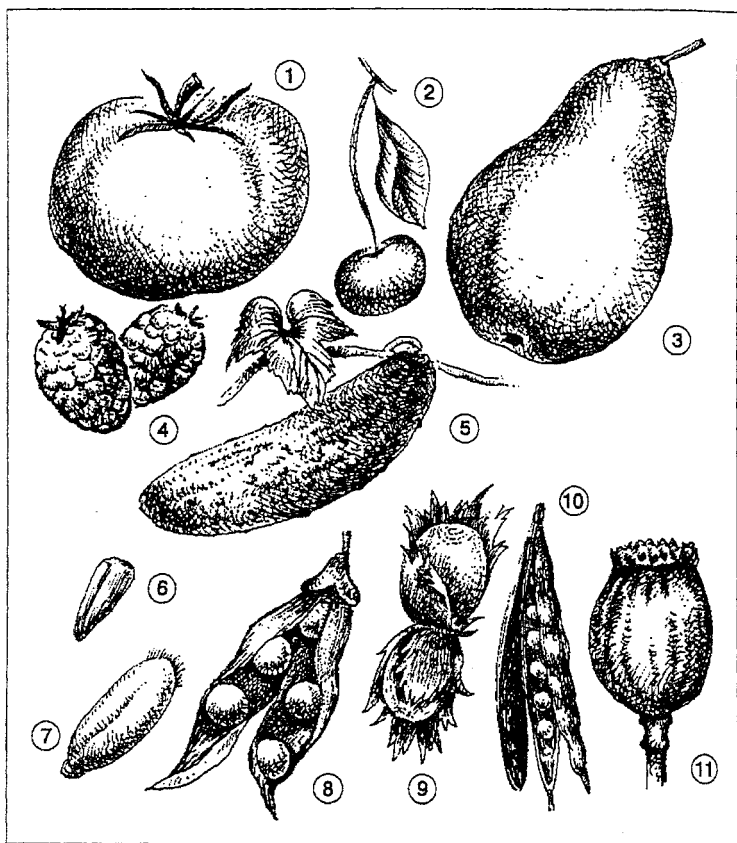


Рис.68. Плоды сочные: 1 — ягода (помидор), 2 — костянка (вишня), 3 — яблоко (груша), 4 — многоорешек (малина), 5 — тыква (огурец); сухие: 6 — семянка (подсолнечник), 7 — зерновка (пшеница), 8 — боб (горох), 9 — орех (лещина), 10 — стручок (редька), 11 — коробочка (мак)

Ягода — сочный многосемянный плод (томаты, смородина, крыжовник).

Яблоко — сочный многосемянный плод, образованный не из завязи, а из других частей цветка (груша, слива, яблоко).

Тыква — сочный многосемянный плод, семена располагаются в центральной части (тыква, дыня, огурец).

Померанец — сочный многосемянный плод у цитрусовых (лимон, апельсин).

Зерновка — сухой односемянный нераскрывающийся плод (кукуруза, рис, пшеница), в котором околоплодник срастается с семенной кожурой.

Семянка — сухой односемянный нераскрывающийся плод (подсолнечник, одуванчик), в котором околоплодник не срастается с кожурой.

Орех — сухой односемянный плод с одревесневшим околоплодником (орешник-лещина, грецкий орех).

Боб — сухой многосемянный вскрывающийся плод (горох, фасоль).

Коробочка — сухой многосемянный плод (лен, мак), в котором семена высыпаются из многочисленных отверстий или трещин.

Стручок — сухой многосемянный вскрывающийся плод, семена располагаются на внутренней перегородке (капуста, пастушья сумка, редис).

§ 52. СИСТЕМАТИКА РАСТЕНИЙ. НИЗШИЕ РАСТЕНИЯ

Растительный мир очень разнообразен. Наряду с многоклеточными существуют и одноклеточные организмы. Они относятся к наиболее примитивным, эволюционно более древним формам. Царство растений делят на два подцарства — Низшие и Высшие растения. К низшим растениям относятся разнообразные водоросли, к высшим — споровые (мхи, плауны, хвощи, папоротники) и семенные растения (голосеменные и покрытосеменные).

Низшие растения включают большую группу одноклеточных и многоклеточных растений, объединенных общим названием «водоросли».

Водоросли — древнейшие представители растительного мира, общее их количество составляет около 40 тыс. видов. Среди них встречаются как одноклеточные, микроскопических размеров растения, так и многоклеточные гиганты (рис. 69). Среда их

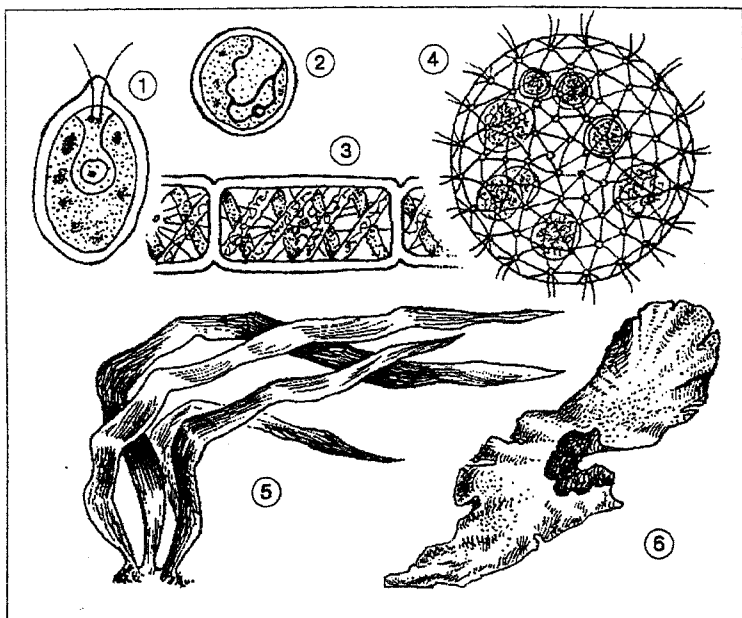


Рис. 69. Одноклеточные водоросли: 1 — хламидомонада, 2 — хлорелла, 3 — нитчатая водоросль-спирогира, 4 — колониальная водоросль вольвокс, многоклеточные водоросли: 5 — ламинария; 6 — порфира

обитания преимущественно водная, но встречаются они и в почве, на коре деревьев и даже в снегу — снежная хламидомонада. Скопления этой водоросли придают таящему снегу различные оттенки от красного до зеленого.

Отличительной особенностью водорослей является отсутствие дифференциации на ткани и органы. Тело простейших водорослей состоит из одной клетки. Группы клеток могут объединяться и образовывать колонии — колониальные формы. Многоклеточные водоросли могут иметь нитчатую форму или пластинчатое строение.

Тело многоклеточных водорослей называется *талломом* или *слоевщиком*. Воду и минеральные соли они всасывают всей поверхностью.

Во всех клетках водорослей имеются *хроматофоры* — органоиды, в которых протекает процесс фотосинтеза. Окраска хроматофоров, а следовательно, и водорослей зависит от содержания красящего пигмента и может быть зеленой, желтой, бурой, красной. Но зеленый пигмент — хлорофилл име-

ется у всех водорослей. В основу классификации водорослей на различные типы положены строение тела и состав красящих пигментов.

Размножаются водоросли чаще бесполом путем: одноклеточные — делением клетки на две или четыре, а многоклеточные — вегетативно частями слоевища или спорами. При половом размножении гаметы сливаются попарно и образуют зиготу. Из зиготы после периода покоя путем деления возникают споры, дающие начало новым организмам. У некоторых водорослей половой процесс более сложный.

Зеленые водоросли. В пробе воды из пресного водоема легко найти представителей зеленых водорослей. Например, подвижную одноклеточную водоросль — *хламидомонаду*. Размножаясь в больших количествах, она придает воде зеленоватый оттенок, вызывает ее цветение. Под микроскопом хорошо видно, что клетка имеет округлую форму, покрыта прочной оболочкой с двумя или четырьмя жгутиками, с помощью которых она активно передвигается. В клетке хорошо заметны ядро, цитоплазма, стигма — светочувствительный «глазок» красного цвета, вакуоль с клеточным соком, две пульсирующие вакуоли и зеленый чашевидный хроматофор.

Некоторые зеленые водоросли не имеют жгутиков и плавают в воде пассивно, например *хлорелла*. Ее округлые клетки достигают размеров до 15 мкм. Она очень активно размножается бесполом путем, синтезируя большое количество органического вещества (до 40 г сухой массы с 1 м² за сутки). Эту особенность используют для получения кормов. Кроме того, хлореллу разводят на водоочистительных станциях для биологической очистки сточных вод, на космических кораблях и подводных лодках для поддержания нормальной концентрации кислорода в воздухе.

На дне водоемов можно найти зеленые «подушки», образованные скоплением нитчатой водоросли — *спирогиры*. Это многоклеточная водоросль, каждая нить которой состоит из вытянутых цилиндрических клеток со спирально закрученным хроматофором. Другим представителем нитчатых многоклеточных водорослей является *улотрикс*. Его строение схоже со спирогирой, но хроматофор имеет форму полукольца.

Бурые водоросли широко распространены в морях и океанах, некоторые из них могут достигать огромных размеров до 50 м. Крепятся эти гиганты ко дну с помощью особых выростов — *ризоидов*. Заросли водорослей — прибежище для мно-

гих морских обитателей, место нереста морских рыб, например дальневосточной сельди.

Морскую водоросль — *ламинарию* («морскую капусту») человек использует в пищу, в качестве корма для животных, как удобрение. Водоросль *саргассум* образует большие скопления в Атлантическом океане.

Из бурых водорослей получают вещества, необходимые в производстве кондитерских изделий.

Красные водоросли обычно обитают на большой глубине (до 200 м). Это наиболее высокоорганизованная группа водорослей. Некоторые из них обладают способностью поглощать из морской воды и накапливать в своих слоевищах соли кальция. Поэтому они иногда напоминают кораллы. Ученые полагают, что многие рифы в южной части Тихого океана образованы отмершими частями красных водорослей.

Население прибрежных районов Китая, Кореи, Японии использует красные водоросли в пищу. В промышленности из них получают агар. *Агар* необходим для производства пастилы, мармелада, нечерствеющего хлеба, специальных сред для выращивания на них микроорганизмов.

§ 53. ВЫСШИЕ РАСТЕНИЯ. СПОРОВЫЕ

Подцарство высших растений объединяет многоклеточные растительные организмы, тело которых расчленено на органы — корень, стебель, листья. Их клетки дифференцированы на ткани, специализированы и выполняют определенные функции.

По способу размножения высшие растения разделяют на *споровые* и *семенные*.

Мхи. Мхи — это одна из самых древних групп высших растений. Представители этой группы наиболее просто устроены, их тело расчленено на стебель и листья. Они не имеют корней, а у наиболее простых — печеночных мхов даже отсутствует деление на стебель и листья, тело имеет вид слоевища. Прикрепляются мхи к субстрату и всасывают воду с растворенными в ней минеральными веществами с помощью *ризоидов* — выростов наружного слоя клеток. Это в основном многолетние растения небольших размеров от нескольких миллиметров до десятка сантиметров (рис. 70).

Для всех мхов характерно чередование поколений полового (*гаметофита*) и бесполого (*спорофита*), причем гаплоидный гаметофит преобладает над диплоидным спорофи-

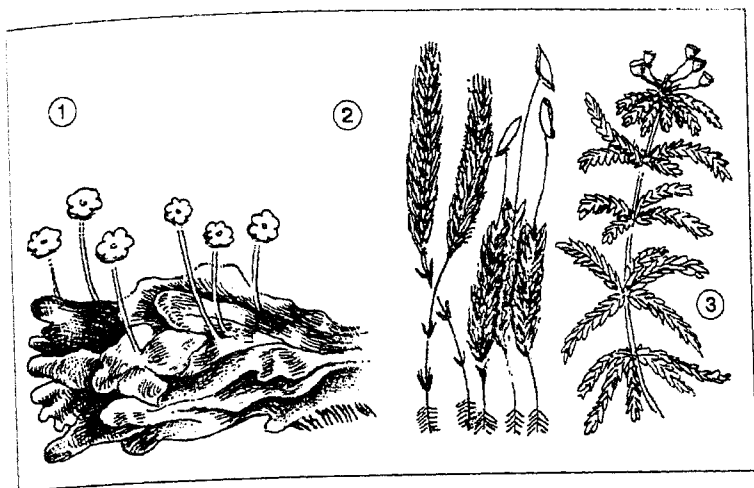


Рис. 70. Мхи: 1 — маршанция, 2 — кукушкин лен, 3 — сфагнум

том. Эта черта резко отличает их от остальных высших растений.

На листостебельном растении или слоевище в половых органах развиваются половые клетки: *сперматозоиды* и *яйцеклетки*. Оплодотворение происходит только в присутствии воды (после дождя или в половодье), по которой передвигаются сперматозоиды. Из образовавшейся зиготы развивается спорофит — спорогон с коробочкой на ножке, в которой образуются споры. После созревания коробочка вскрывается и споры распространяются ветром. При попадании во влажную почву спора прорастает и дает начало новому растению.

Мхи — довольно распространенные растения. В настоящее время их насчитывается около 30 тыс. видов. Они неприхотливы, выдерживают сильные морозы и длительную жару, но растут только во влажных тенистых местах.

Тело *печеночных мхов* редко ветвится и обычно представлено листовидным слоевищем, с тыльной стороны которого отходят ризоиды. Селятся они на скалах, камнях, стволах деревьев.

В хвойных лесах и на болотах можно встретить мох — *кукушкин лен*. Его стебельки, усаженные узкими листьями, растут очень густо, образуя на почве сплошные зеленые ковры. К почве кукушкин лен прикрепляется ризоидами. Кукушкин лен — растение раздельнополое, т. е. у одних особей развиваются мужские, а у других — женские половые клет-

ки. На женских растениях после оплодотворения образуются коробочки со спорами.

Очень широко распространены белые, или *сфагновые*, мхи. Накапливая в своем теле большое количество воды, они способствуют заболачиванию почвы. Это связано с тем, что листья и стебель сфагнума наряду с зелеными клетками, содержащими хлоропласты, имеют мертвые бесцветные клетки с порами. Именно они и поглощают воду в 20 раз больше своей массы. Ризоиды у сфагнума отсутствуют. К почве он прикрепляется нижними частями стебля, которые, постепенно отмирая, превращаются в сфагновый торф. Доступ кислорода в толщу торфа ограничен, кроме того, сфагнум выделяет специальные вещества, предотвращающие размножение бактерий. Поэтому попавшие в торфяное болото различные предметы, погибшие животные, растения часто не гнивают, а хорошо сохраняются в торфе.

В отличие от мхов остальные споровые имеют хорошо развитую корневую систему, стебли и листья. Более 400 млн лет назад они доминировали среди древесных организмов на Земле и образовывали густые леса. В настоящее время это немногочисленные группы в основном травянистых растений. В жизненном цикле преобладающим поколением является диплоидный спорофит, на котором образуются споры. Споры разносятся ветром и при благоприятных условиях прорастают, образуя небольшой *заросток* — гаметофит. Это зеленая пластинка величиной от 2 мм до 1 см. На заростке образуются мужские и женские гаметы — сперматозоиды и яйцеклетка. После оплодотворения из зиготы развивается новое взрослое растение — спорофит.

Плауны. Плауны — очень древние растения. Ученые полагают, что они появились около 350—400 млн лет назад и образовывали густые леса из деревьев высотой до 30 м. В настоящее время их осталось очень мало, и это многолетние травянистые растения. В наших широтах наиболее известен *плаун булавовидный* (рис. 71). Его можно встретить в хвойных и смешанных лесах. Стелющийся по земле стебель плауна крепится к почве придаточными корнями. Мелкие шиловидной формы листья густо покрывают стебель. Размножаются плауны вегетативно участками побегов и корневищ.

Спорангии развиваются на прямостоячих побегах, собранных в виде колосков. Созревшие мелкие споры разносятся ветром и обеспечивают размножение и распространение растения.

Хвощи. Хвощи — небольшие многолетние травянистые растения. Они имеют хорошо развитое корневище, от кото-

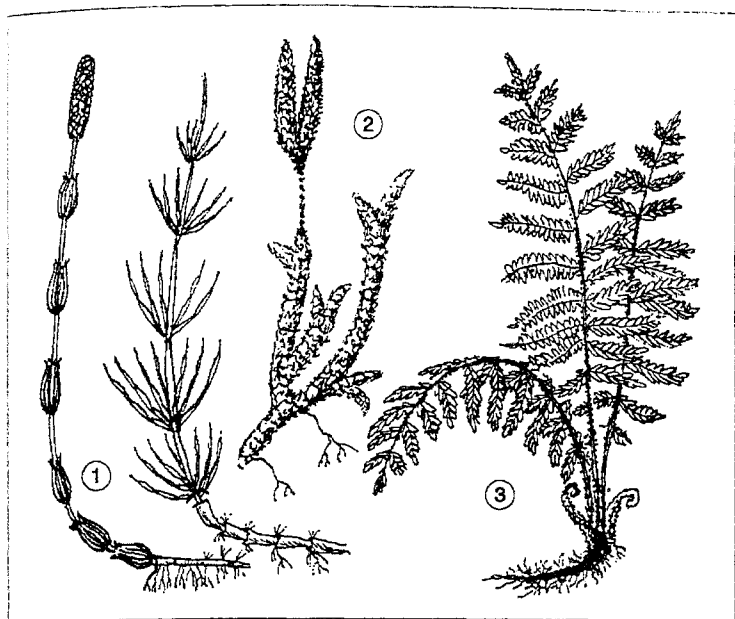


Рис. 71. Папоротниковидные: 1 — хвощ, 2 — плаун, 3 — папоротник

рого отходят многочисленные придаточные корни. Членистые стебли в отличие от стеблей плаунов растут вертикально вверх, от главного стебля отходят боковые побеги. На стебле расположены мутовки очень мелких чешуйчатых листочков. Весной на зимующих корневищах вырастают бурые весенние побеги со спороносными колосками, которые после созревания спор отмирают. Летние побеги зеленые, ветвящиеся, фотосинтезируют и запасают питательные вещества в корневищах, которые перезимовывают, а весной образуют новые побеги (рис. 71).

Стебли и листья хвощей жесткие, пропитаны кремнеземом, поэтому животные их не едят. Хвощи растут в основном на полях, лугах, болотах, по берегам водоемов, реже в сосновых лесах. *Хвощ полевой*, трудноискоренимый сорняк полевых культур, используется как лекарственное растение. Стебли разных видов хвощей за счет наличия кремнезема используют как полировочный материал. *Хвощ болотный* ядовит для животных.

Папоротники. Папоротники, как хвощи и плауны, в каменноугольном периоде были процветающей группой расте-

ний. Сейчас их насчитывается около 10 тыс. видов, большинство которых распространено во влажных тропических лесах. Размеры современных папоротников колеблются от нескольких сантиметров (травы) до десятков метров (деревья влажных тропиков). Папоротники наших широт — травянистые растения с укороченным стеблем и перистыми листьями. Под землей находится корневище — подземный побег. Из его почек над поверхностью развиваются длинные, сложные перистые листья — *вайи*. Они обладают верхушечным ростом. От корневища отходят многочисленные придаточные корни. Вайи тропических папоротников достигают в длину 10 м.

В наших краях наиболее распространены папоротники *орляк*, *щитовник мужской* и др. Весной, как только оттаит почва, от корневища отрастает укороченный стебель с розеткой красивых листьев. Летом на нижней стороне листьев появляются бурые бугорки — *сорусы*, представляющие собой скопления спорангиев. В них образуются споры.

Молодые листья мужского папоротника используются человеком в пищу, как лекарственное растение. Вайи орляка используют для оформления букетов. В тропических странах некоторые виды папоротников разводят на рисовых полях для обогащения почвы азотом. Некоторые из них стали декоративными, оранжерейными и комнатными растениями, например *нефролепис*.

§ 54. СЕМЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

Голосеменные растения. Современные голосеменные растения представлены около 700 видами деревьев и кустарников.

Главное отличие голосеменных от ранее изученных растений — наличие семян и редукция гаметофита. Образование половых клеток, оплодотворение и созревание семян происходят на взрослом растении — спорофите. Семя лучше переносит неблагоприятные условия, способствует распространению растения.

Рассмотрим особенности размножения голосеменных растений на примере сосны (рис. 72). Весной, в конце мая, у сосны в светло-зеленых мужских шишках образуется пыльца — мужской гаметофит, содержащий половые клетки — два спермия. Сосна начинает «пылить», облака пыльцы разносятся ветром. На верхушках побегов развиваются женские

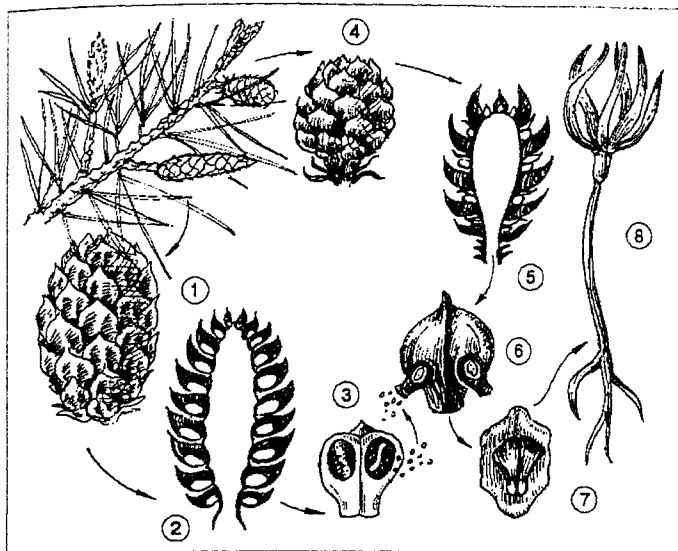


Рис. 72. Цикл развития хвойных (сосны): 1 — мужская шишка, 2 — микроспорофилл с микроспорангием, 3 — пыльца, 4 — женская шишка, 5 — мегаспорофилл, 6 — чешуйка с двумя семязачатками, 7 — чешуя с двумя семенами в шишке третьего года, 8 — проросток

красноватые шишечки, состоящие из чешуек. На них располагаются открыто (голо) по две семязпочки, отсюда и название — голосеменные. В семязпочках созревает по две яйцеклетки. Пыльца попадает непосредственно на семязпочки и прорастает внутрь. После этого чешуйки плотно смыкаются и склеиваются между собой смолой. После оплодотворения формируется семя. Семена сосны созревают через 1,5 года после опыления. Они становятся бурными, чешуйки раздвигаются, зрелые семена с крылышками высыплются и разносятся ветром.

Голосеменные подразделяются на четыре класса.

Класс хвойные. Известно около 560 современных видов этого наиболее многочисленного класса. Все хвойные — это деревья и кустарники. Трав среди них нет. Это сосны, пихты, ели, лиственницы, можжевельник. Они образуют хвойные и смешанные леса, которые занимают огромные пространства. Своё название эти растения получили из-за своеобразных листьев — *хвои*. Обычно они игольчатые, покрытые слоем кутикулы, их устьица погружены в мякоть листа, что снижает испарение воды. Многие деревья

относятся к вечнозеленым растениям. Среди хвойных наших лесов известны и широко распространены различные виды *сосен* — *сосна обыкновенная*, *сосна сибирская (кедр)* и др. Это высокие мощные деревья (до 50—70 м) с хорошо развитой, глубоко уходящей корневой системой и округлой кроной, расположенной у взрослых растений на верхушках. Хвоинки располагаются у разных видов по 2, 3, 5 штук в пучке.

На территории России встречается девять видов *ели* — *обыкновенная (европейская)*, *сибирская*, *канадская (голубая)* и др. В отличие от сосны крона елей пирамидальная, а корневая система — поверхностная. Хвоинки располагаются по одной.

Древесина сосны и ели — хороший строительный материал, из нее получают смолу, скипидар, канифоль, деготь. Семена и хвоя служат кормом для птиц и зверей. В них содержится большое количество витамина С. Семена кедра — кедровые «орешки» местное население собирает и использует в пищу.

Большое значение имеет и *пихта сибирская*, произрастающая в России. Ее древесина идет на изготовление музыкальных инструментов.

В отличие от вечнозеленых сосен и елей лиственницы — деревья листопадные. Хвоя у них мягкая, плоская. Наиболее распространены *лиственницы сибирская* и *даурская*. Древесина у них прочная, долговечная, хорошо противостоит гниению. Она используется в кораблестроении, для изготовления паркета, мебели, получения скипидара и канифоли. Разводят ее и в парках как декоративное растение.

К хвойным также относятся кипарис, туя, можжевельник. *Можжевельник обыкновенный* — вечнозеленый кустарник, встречается почти повсеместно. Шишки его ягодообразные, сочные, мелкие, их используют в медицине и в пищу.

Одно из самых высоких (до 135 м) деревьев планеты — *секвойя*, или *мамонтово дерево*. По высоте оно уступает лишь эвкалипту.

Более древними голосеменными являются представители другого класса — *саговники*. Своего расцвета они достигли в каменноугольном периоде. Они встречаются во всех частях света, кроме Европы, и внешне напоминают пальму. Другим представителем реликтовых голосеменных является *гинкго*. Эти деревья сохранились лишь в Японии, Корее и Китае.

Покрытосеменные растения. Покрытосеменные, или цветковые, растения появились относительно недавно, пример-

но 150 млн лет назад, но быстро распространились и завоевали всю нашу планету. Сейчас это самая многочисленная группа растений, насчитывающая около 250 тыс. видов.

Это наиболее высокоорганизованные из высших растений. Они имеют сложноустроенные органы, высокоспециализированные ткани, обладают более совершенной проводящей системой. Для них характерны интенсивный обмен веществ, быстрый рост и высокая приспособленность к различным экологическим условиям.

Главное отличие этих растений в том, что семечка у них защищена от неблагоприятных воздействий и располагается в завязи пестика. Отсюда и их название — покрытосеменные растения. Покрытосеменные имеют цветок — генеративный орган и семя, защищенное плодом. Цветок служит для привлечения опылителей (насекомых, птиц), защищает репродуктивные органы — тычинки и пестик.

Цветковые растения представлены всеми тремя жизненными формами: деревьями, кустарниками, травами. Среди них есть как однолетние, так и многолетние растения. Некоторые из них вторично перешли к жизни в воде, утратив или упростив некоторые органы и ткани. Например, ряска, элодея, стрелолист, водяная лилия. Цветковые — это единственная группа растений, которая образует на суше сложные многоярусные сообщества.

Покрытосеменные растения делятся на два класса по числу семядолей в зародыше семени: двудольные и однодольные.

Двудольные растения — более многочисленный класс, в него входят более 175 тыс. видов, объединенных в 350 семейств. Отличительные признаки класса: корневая система обычно стержневая, но у травянистых форм может быть и мочковатой; наличие камбия и дифференцированность коры, древесины и сердцевины в стебле; листья простые и сложные с сетчатым и дуговым жилкованием, черешковые и сидячие; цветки четырех- и пятичленные; зародыш семени имеет две семядоли. К двудольным относится большинство хорошо известных растений. Это все деревья: дуб, ясень, клен, береза, ива, осина и т. д.; кустарники: боярышник, смородина, барбарис, бузина, сирень, лещина, крушина и т. д., а также многочисленные травянистые растения: василек, лютик, фиалка, лебеда, редис, свекла, морковь, горох и др.

Однодольные растения составляют примерно 1/4 всех покрытосеменных и объединяют около 60 тыс. видов из 67 семейств.

Отличительные признаки класса: мочковатая корневая система; стебель, в основном, травянистый, камбий отсутствует; листья простые, часто с дуговым и параллельным жилкованием, сидячие и влагалищные; цветки трехчленные, редко четырех- или двухчленные; зародыш семени имеет одну семядолю. Преобладающая жизненная форма однодольных — травы, многолетние и однолетние, древовидные формы встречаются редко.

Это многочисленные злаки, агавы, алоэ, орхидеи, лилии, тростники, осоки. Из однодольных деревьев можно упомянуть пальмы (финиковая, кокосовая, сейшельская).

Важнейшие представители покрытосеменных растений

Название семейства и основная характеристика	Представители	Хозяйственное значение
1	2	3
Двудольные		
Розоцветные Около 3 тыс. видов Цветки пятичленные, раздельнолепестные Плоды сочные: костянка, яблоко, сборные орешки, семянки Деревья, кустарники, травы	Шиповник, розы, боярышник, спирея Абрикос, вишня, слива, груша, яблоня, айва, земляника, малина, ежевика Лапчатка, гравилат, манжетка	Декоративные кустарники Культурные плодово-ягодные растения Дикорастущие растения
Бобовые (мотыльковые) Около 12 тыс. видов Цветок из пяти лепестков: 1 — парус, 2 — весла, 2 сросшихся — лодочка. Плод сухой — боб Деревья, кустарники, травы	Горох, фасоль, соя, бобы Клевер, вика, чина, люпин Акация серебристая (мимоза), карагана, робиния, глициния, душистый горошек	Пищевые культуры Кормовые травы, медоносы Декоративные растения
Пасленовые Около 12 тыс. видов Цветки со сросшимися пятью лепестками Плоды сочные — ягода, сухие — коробочка Травянистые растения	Паслен черный, белена, дурман. Табак Картофель, перец, томаты, баклажаны Петуния, белладонна	Сорняки, ядовитые растения Получают курительный табак, табачное масло Пищевые культуры Декоративные и лекарственные растения

1	2	3
<p>рестоцветные Около 2 тыс. видов Цветки четырехчленные, лепестки расположены крестнакрест Плоды — стручки. Травянистые растения</p>	<p>Сурепка, пастушья сумка, дикая редька, ярутка Капуста, редька, редис, брюква, горчица, рапс, хрен</p>	<p>Сорняки Овощные и медоносные культуры</p>
<p>Сложноцветные Около 25 тыс. видов Цветки трубчатые, язычковые, воронковидные, собраны в соцветия — корзинки Плоды сухие — семянки В основном, травы, реже — деревья и кустарники</p>	<p>Цикорий, топинамбур, подсолнечник Бархатцы, георгины, астры, хризантемы Осот, бодяг, василек, ромашка, одуванчик</p>	<p>Пищевые и масличные культуры. Декоративные растения Полевые сорняки, лекарственные растения</p>
<p>Лютиковые Около 2 тыс. видов Цветки пятичленные, раздельнолепестные Плоды сухие, сложные, многоорешек или многолистовка Травянистые растения, реже кустарники</p>	<p>Лютик, ветреница, водосбор, купальница, аконит, адонис</p>	<p>Дикорастущие растения, часто ядовиты, некоторые лекарственные, декоративные</p>
<p>Зонтичные Около 3 тыс. видов Цветки мелкие, собраны в соцветие сложный зонтик Плоды сухие, вислоплодники Травянистые растения, реже кустарники</p>	<p>Морковь, тмин, пастернак, петрушка, сельдерей, кориандр, анис, укроп</p>	<p>Овощные и эфиромасличные культуры, медоносные, лекарственные растения</p>
Однодольные		
<p>Злаки Около 10 тыс. видов Цветки невзрачные, околоцветник преобразован в цветочные пленки и чешуйки Образуют соцветия: сложный колос, метелка, султан, початок Плод сухой — зерновка Травы</p>	<p>Пшеница, рожь, рис, кукуруза, ячмень, овес, просо, сахарный тростник Овсяг, пырей ползучий, мятлик, тимофеевка</p>	<p>Хлебные и технические культуры, кормовые травы Дикорастущие сорные и кормовые травы</p>
<p>Лилейные Около 3 тыс. видов Цветки с простым околоцветником, трехчленные Плоды сухие — коробочка, сочные — ягода Травянистые растения</p>	<p>Лук, чеснок, спаржа Ландыш, алоэ, гусиный лук Лилия, тюльпан, гиацинт</p>	<p>Овощные культуры Лекарственные и декоративные растения</p>

§ 55. ЖИВОТНЫЕ. ПРОСТЕЙШИЕ

На Земле обитает более 2 млн животных, и список этот постоянно пополняется. Наука, изучающая строение, поведение, особенности жизнедеятельности животных, называется *зоологией*.

Размеры животных колеблются от нескольких микрон до 30 м. Одни из них видны только в микроскоп, как, например, амеба и инфузории, а другие относятся к гигантам. Это киты, слоны, жирафы. Среда обитания животных самая разнообразная: это вода, суша, почва и даже живые организмы.

Имея общие черты с другими представителями эукариот, животные имеют и существенные отличия. Клетки животных лишены оболочки и пластид. Питаются они готовыми органическими веществами. Значительная часть животных активно двигается и имеет специальные органы движения.

Царство животных разделено на два подцарства: одноклеточные, или простейшие многоклеточные.

Простейшие — это организмы, состоящие из одной клетки (рис. 73), которой свойственны все функции живого организма. К простейшим относится около 15 000 видов, среди которых морские и пресноводные животные, почвенные и паразитические формы. У самых мелких клеточных паразитов размеры клеток достигают 5 мкм. Самые крупные, свободноживущие, имеют размеры до 699 мкм. Увидеть простейших можно в микроскоп, где при большом увеличении хорошо заметны клеточные органеллы. Для многих простейших характерна стадия *цисты*. Клетка покрывается специальной защитной оболочкой, что позволяет ей переживать неблагоприятные условия. Для простейших характерно бесполое размножение путем деления. Процесс протекает достаточно быстро, за сутки одна клетка простейших может дать несколько поколений. Возможно и половое размножение простейших, но этот процесс в жизненном цикле встречается реже.

Простейших делят на несколько типов, наиболее широко распространенные и значимые из них Саркодовые, Жгутиковые, Споровики и Инфузории.

Саркодовые (Корненожки). Типичным представителем саркодовых является амеба. *Амеба* — это пресноводное свободноживущее животное, не имеющее постоянной формы тела. Клетка амебы при движении образует *псевдоподии*, или *ложноножки*, которые служат также для захвата пищи. В клетке хорошо заметны ядро и пищеварительные вакуоли, которые

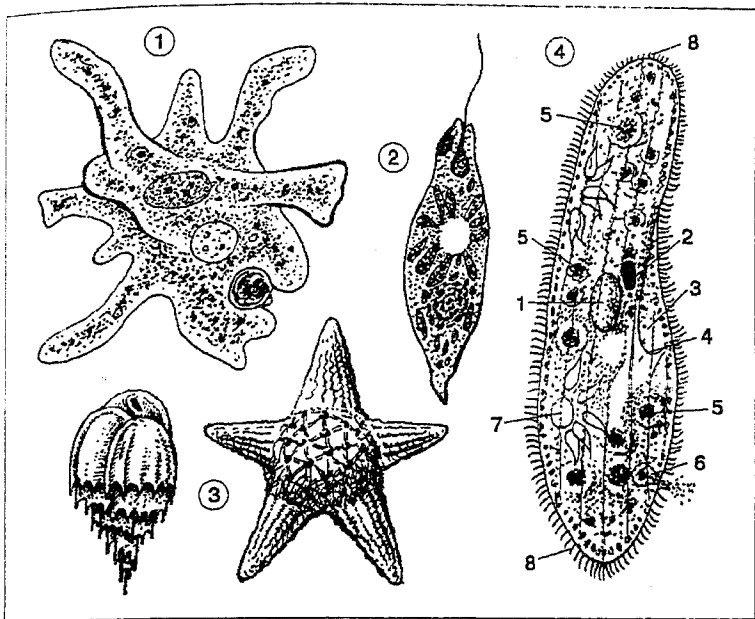


Рис. 73. Простейшие: 1 — амеба, 2 — эвглена зеленая, 3 — фораминиферы (раковины), 4 — инфузория тифелька, 5 — пищеварительная вакуоль, 6 — порошица, 7 — сократительные вакуоли, 8 — реснички

образуются на месте захвата амебой пищи. Кроме того, имеется и *сократительная вакуоль*, через которую удаляются избыток воды и жидкие продукты обмена. Размножается амеба простым делением. Дыхание происходит через всю поверхность клетки. Амеба обладает раздражимостью: положительной реакцией на свет и пищу, отрицательной — на соль.

В кишечнике человека может паразитировать *дизентерийная амеба*. Она разъедает стенки кишечника, вызывая кровавый понос.

Раковинные амебы — *фораминиферы* имеют наружный скелет — раковину. Она состоит из органического слоя, пропитанного известняком. Раковина имеет многочисленные отверстия — дырочки, через которые высовываются псевдоподии. Величина раковин обычно небольшая, однако у некоторых видов она может достигать 2—3 см. Раковины отмерших фораминифер образуют на морском дне отложения — известняки. Там же обитают и другие раковинные амебы — *радиолярии* (лучевики). В отличие от фораминифер они обладают

внутренним скелетом, который располагается в цитоплазме и образует иголочки — лучи, часто ажурной конструкции. Кроме органического вещества в состав скелета входят соли стронция — случай в природе единственный. Эти иголки образуют минерал — целестин.

Жгутиковые. Эти микроскопические животные имеют постоянную форму тела и передвигаются с помощью жгутиков (одного или нескольких). *Эвглена зеленая* — одноклеточный организм, обитающий в воде. Ее клетка имеет веретеновидную форму, на конце ее находится один жгутик. У основания жгутика расположены сократительная вакуоль и светочувствительный глазок (стигма). Кроме того, в клетке имеются хроматофоры, содержащие хлорофилл. Поэтому эвглена на свету фотосинтезирует, в темноте питается готовыми органическими веществами.

К жгутиковым относятся и многие паразитические формы. Это трихомонады и лямблии, обитающие в кишечнике человека и животных. Особенно опасны трипаносомы — паразиты крови, переносчиком которых служат африканская муха цеце. При укусе человека зараженной мухой трипаносомы попадают в кровь, вызывают сонливость, истощение и даже смерть (сонная болезнь).

Споровики. Эти простейшие способны образовывать споры — покоящиеся стадии, покрытые прочной оболочкой. Для споровиков характерен сложный жизненный цикл с чередованием бесполого и полового размножения. Представитель — *малярийный плазмодий* вызывает малярию. Жизненный цикл этого паразита протекает в организме двух хозяев. Бесполое размножение происходит в крови человека, а половое — в кишечнике комара. Заражение человека происходит при укусе малярийного комара, в слюне которого находится возбудитель — малярийный плазмодий в стадии спорозойта. С током крови спорозойты попадают в печень, селезенку, где путем деления образуют первое поколение. Далее возбудитель проникает в эритроциты крови, где усиленно размножается. Выход каждого поколения из эритроцитов в кровь сопровождается подъемом температуры и приступом лихорадки, так как в организм попадают ядовитые вещества. Внедряясь в эритроциты, плазмодии разрушают гемоглобин, в результате развивается тяжелая анемия, истощающая больного.

После нескольких бесполой поколений в эритроцитах появляются клетки, из которых развиваются гаметы. Для дальнейшего развития они должны попасть в кишечник ко-

мара анофелеса. Когда комар кусает больного малярией, гаметы с кровью попадают в пищеварительный тракт, где происходит половое размножение и образование спорозоитов.

Инфузории. Инфузории — самые сложноорганизованные представители простейших, их насчитывается более 7 тыс. видов. Один из наиболее известных представителей — *инфузория-туфелька*. Это довольно крупное одноклеточное животное, обитающее в пресных водоемах. Ее тело по форме напоминает след туфельки и покрыто плотной оболочкой с ресничками, синхронное движение которых обеспечивает передвижение инфузории. У нее имеется клеточный рот, окруженный ресничками. С их помощью инфузория создает ток воды, с которым в “рот” попадают бактерии и другие мелкие организмы, которыми она питается. В теле инфузории образуется пищеварительная вакуоль, которая может перемещаться по всей клетке. Непереваренные остатки пищи выбрасываются наружу через специальное место — порошицу. У инфузории два ядра — большое и малое. Малое ядро принимает участие в половом процессе, а большое управляет синтезом белков и ростом клетки. Размножается туфелька как половым, так и бесполом путем. Бесполое размножение через несколько поколений сменяется половым.

§ 56. ГУБКИ И КИШЕЧНОПОЛОСТНЫЕ

Губки. Губки — самые простые многоклеточные организмы (рис. 74). Примитивность их организации подтверждается отсутствием тканей и органов, хотя тело простейших состоит из различных типов клеток. Это неподвижные животные, часто образующие колонии. Живут они, прикрепившись к субстрату, в морях и океанах, реже — в пресных водоемах. Форма тела губок разнообразна, но чаще всего оно напоминает мешок или бокал, пронизанный многочисленными отверстиями — *порами*. Тело губки образовано двумя слоями клеток, между которыми располагается студенистая масса *мезогля*. В ней образуется известковый или кремниевый скелет губки, поэтому на ощупь тело твердое. Но иногда скелет образуется полностью из эластичного органического вещества. После смерти организма в этом случае остается упругая пористая масса, которую называют туалетной губкой. Через поры и каналы тела идет постоянная фильтрация воды, вместе с которой в полость попадают пищевые частицы. Они

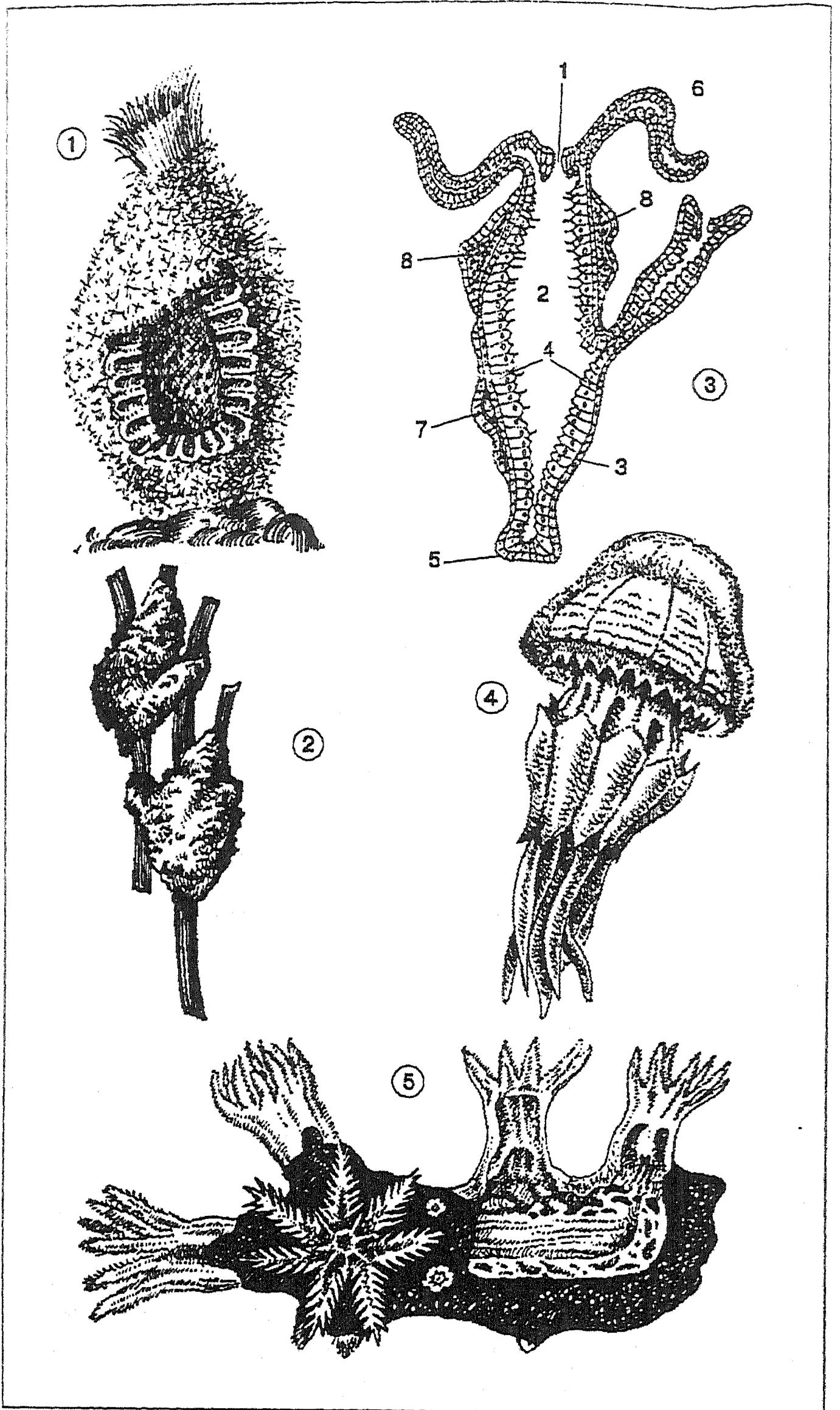


Рис. 74. Губки: 1 — сикон, 2 — пресноводная бадяга.
 Кишечнополостные: 3 — гидра (1 — рот, 2 — пищеварительная
 полость, 3 — клетки эктодермы, 4 — клетки энтодермы,
 5 — подошва, 6 — щупальца, 7 — яичник, 8 — семенники),
 4 — медуза корнерот, 5 — коралловый полип (колония)

захватываются жгутиковыми клетками внутреннего слоя и перевариваются. Непрерывная работа жгутиков обеспечивает ток воды.

Живые губки напоминают сырую печенку и имеют резкий специфический запах. Иногда они содержат токсичные вещества, поэтому другие животные редко используют их в пищу. Губки часто сожительствуют с другими организмами, в их полостях и пустотах обитают мелкие ракообразные, черви, моллюски. В свою очередь, губки сами могут поселяться на панцире крабов, раков-отшельников, раковинах моллюсков.

Губкам свойственно как бесполое, так и половое размножение. При бесполом размножении у них образуются внутренние почки. Губки в большинстве случаев обоеполы. Из оплодотворенной яйцеклетки развивается личинка, из которой развивается новый организм.

Бодяга — это пресноводная губка, обитающая в заросших водоемах, богатых органическими остатками. У бодяг роговой скелет соединен с мельчайшими известковыми иголками. Сухие растертые бодяги употребляют для шлифовки металлов в качестве абразивного материала. Иногда их используют в медицине и как косметическое средство.

В природе губки выполняют роль фильтров, но в загрязненной воде они жить не могут.

Кишечнополостные. Как и губки, кишечнополостные относятся к низшим многоклеточным (рис. 74). Насчитывается около 20 000 видов кишечнополостных. Для большинства из них характерна прикрепленная форма — *полип*. Это гидры, коралловые полипы, морские анемоны (актинии). Но есть и свободно плавающие — *медузы*. Некоторые виды на разных стадиях развития могут иметь как полипоидную, так и медузовидную форму, причем полип представляет собой бесполое поколение, а медуза — половое.

Все кишечнополостные имеют единый план строения. Это двухслойные животные с полостью внутри. Дифференциация клеток более высокая, чем у губок. У кишечнополостных появляются нервные клетки, образующие *нервную систему диффузного типа*. Кишечнополостные имеют лучевую симметрию тела. У сидячих форм — полипов тело имеет цилиндрическую форму, на переднем конце ротовое отверстие, окруженное щупальцами. Количество щупалец различно. У плавающих медуз тело имеет форму зонтика, а ротовое отверстие и щупальца находятся на нижней стороне, под зонтиком. У всех видов на щупальцах расположены *стрека-*

тельные клетки, служащие для защиты и нападения. При раздражении чувствительного волоска клетка выстреливает нить с гарпуном на конце и поражает жертву ядовитой жидкостью. Парализованные мелкие животные становятся пищей полипа или медузы, которые с помощью щупалец отправляют их в рот. Проглоченная добыча переваривается в кишечной полости и клетках энтодермы. Непереваренные остатки выбрасываются через рот. Размножаются полипы почкованием, иногда образуя целые колонии. Но возможен и половой процесс. Половые клетки созревают на одной особи, но оплодотворение перекрестное. Из оплодотворенного яйца образуется личинка — *планула*, которая свободно плавает, покрывается плотной оболочкой и может переносить неблагоприятные условия. Прикрепляясь к субстрату, она образует новый полип. У видов со сменой поколений на полипе образуются медузоидные формы, которые отделяются от полипа и свободно плавают. Гаметы созревают только у медуз, а из личинки образуется вновь стадия полипа. Так происходит чередование поколений.

Гидроидные. Наиболее известное кишечноротовое наших пресных водоемов из этого класса — гидра. Это небольшое, величиной не более 1 см, животное имеет форму стебелька и ведет прикрепленный образ жизни. На переднем конце у ротового отверстия располагается 6—12 щупалец, с помощью которых гидра захватывает пищу. Размножается она почкованием и половым путем. Летом преобладает почкование, оно идет весьма активно. Оформившиеся молодые особи отделяются от материнского организма. Осенью гидра приступает к половому размножению. Взрослые гидры зимой погибают, а образовавшаяся в результате полового процесса личинка перезимовывает на дне водоема и весной дает начало новому полипу. У гидры развита *регенерация* — способность восстанавливать утраченные части тела. Если полип разрезать на несколько частей, то из каждой части может возникнуть новый организм.

У морских полипов почка не отделяется от материнского организма, а остается на нем, образуя колонию в виде кустика. Иногда на колонии образуются особые почки, в которых развиваются медузы — половые особи. Они отпочковываются от полипа, и течение переносит их на большое расстояние. Это способствует лучшему расселению вида. Поскольку медузы плавают и ведут активный образ жизни, их нервная система устроена сложнее, а в основании щупалец имеются примитивные глаза и органы равновесия. Поэтому

медузы различают свет и тьму, верх и низ в воде. У медуз образуются половые клетки. Оплодотворение происходит в воде, а образующаяся планула дает начало полипоидной стадии.

Сцифоидные. Для этих кишечнополостных характерно слабое развитие полипа, но образование сложных и крупных медуз. Размеры видов сцифоидных могут достигать 1—2 м в диаметре, а многочисленные шупальца свисают на 10—12 м. Так, например, у медузы наших морей ушастой аурелии диаметр зонтика составляет 40 см, а у северной цианеи — до 2 м. Многие медузы опасны для человека. Своими стрекательными клетками они могут вызвать ожоги, отравления, а в некоторых, особо тяжелых случаях — даже смерть.

Коралловые полипы наиболее многочисленны и разнообразны. Название класса — *антозоа* переводится с греческого как животные-цветы. Они живут в морях, образуя целые колонии, и действительно похожи на яркие цветы. Пищеварительная полость у колониальных полипов единая, но поделена на камеры, что увеличивает поверхность, на которой происходит пищеварение. Размножаются они как половым, так и бесполовым путем, но чередование поколений у них отсутствует.

Мягкое нежное тело полипа защищено известковым скелетом, который наращивается от основания вверх. Хотя сами полипы невелики (около 1 см в длину и до 2 мм в диаметре), но колонии из миллиардов живых существ создают мощные известковые сооружения в тропических морях — рифы.

Различают береговые рифы, барьерные рифы и коралловые острова — атоллы. *Береговые рифы* — результат деятельности кораллов в непосредственной близости от берега. *Барьерные рифы* расположены в удалении от берега и тянутся на большие расстояния. Большой Барьерный риф вблизи Австралии имеет длину в полторы тысячи километров.

Атоллы — это коралловые острова кольцевидной формы, диаметр которых достигает 10 км. В центре атолла обычно находится озеро с морской водой, а берега образованы коралловым известняком. Такой коралловый риф обычно появлялся вокруг вулканического острова, если потухший вулкан постепенно погружался в воду. Кораллы, требовательные к свету, пище и кислороду, нарастали верхней частью, а на глубине около 30 м части колонии отмирали, оставляя свой известковый скелет.

Постройки кораллов со временем прессуются в сплошной плотный коралловый известняк. Коралловые рифы изобилу-

ют многочисленными рыбами, моллюсками, ракообразными и прочими животными.

Среди представителей этого класса есть и одиночные формы, не образующие скелета. Это актинии, или морские анемоны. Они малоподвижны или неподвижны. Некоторые из них поселяются на панцирях рака-отшельника. Рак перетаскивает актинию по дну моря и обеспечивает пищей, а актиния защищает его от врагов, парализуя стрекательными клетками мелких рыб и других животных.

§ 57. ПЛОСКИЕ, КРУГЛЫЕ И КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ

Плоские черви. Плоские черви — это животные с двусторонней симметрией тела. Тело сплюснуто в спинно-брюшном направлении, поэтому внешне они похожи на лист, пластинку или ленту. Значительная часть плоских червей — это свободноживущие обитатели морских и пресных водоемов, влажных почв, но есть и большое количество паразитических форм.

Все плоские черви — трехслойные животные (рис. 75). У них имеется кожно-мускульный мешок, который образует покров и мускулатуру тела. Появляются выделительная и пищеварительная системы. Нервная система состоит из двух нервных узлов и нервных стволов. У свободноживущих червей есть глаза и осязательные лопасти. Все плоские черви — гермафродиты, откладывают яйца в кокон. Плоских червей подразделяют на ресничных, ленточных и сосальщиков.

Представителем **ресничных червей** является свободноживущая *белая планария*. Это животное длиной 2 см, молочно-белого цвета, обитающее в прудах, медленно текущих реках, в тихих заводях. Тело ее покрыто ресничками, плавное движение которых обеспечивает перемещение планарии по дну водоема. Планария — хищник, питается простейшими, кишечнорастворимыми, дафниями и другими мелкими животными. Глотка планарии способна выворачиваться наружу и за счет присоски плотно присасывается к жертве.

Всем ресничным червям присуща способность к регенерации. При неблагоприятных условиях они могут распадаться на куски, каждый из которых впоследствии восстанавливается в целый организм.

Сосальщики — паразитические черви. Поэтому их тело не имеет ресничек, а покрыто плотным покровом. Для при-

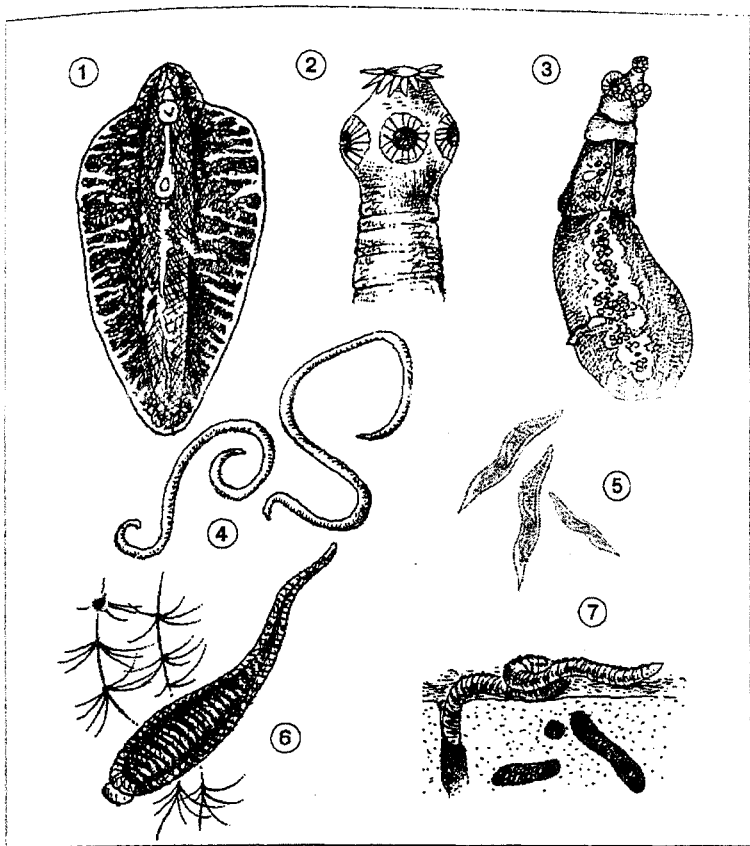


Рис. 75. Черви плоские: 1 — печеночный сосальщик, 2 — свиной цепень, 3 — эхинококк; круглые: 4 — аскарида, 5 — острица; кольчатые: 6 — пиявка, 7 — дождевой червь

крепления к телу хозяина имеется две присоски: ротовая и брюшная.

Печеночный сосальщик паразитирует в печени крупного и мелкого рогатого скота и человека. Животное имеет размеры 4—5 мм. По внешнему и внутреннему строению сосальщик похож на планарию, но у него отсутствуют глаза. Развитие всех сосальщиков идет со сменой хозяев. Взрослая особь откладывает яйца, которые из печени попадают в кишечник, а затем выносятся наружу. Дальнейшее развитие должно обязательно проходить в воде. Из яйца в воде развивается личинка, которая вбравливается в тело моллюска — малого

прудовика. В организме промежуточного хозяина личинка начинает размножаться партеногенезом (без оплодотворения) несколько раз, образуя хвостатую стадию, которая покидает тело прудовика и прикрепляется к водным растениям, а во время разлива рек — к луговым. Съеденная с травой, она попадает в кишечник животного или человека, а оттуда по желчным протокам — в печень, где превращается во взрослую особь и присасывается к печени.

Еще больший вред приносят **ленточные черви** — *свиной и бычий цепень (солитер), большой лентец, эхинококк*. Циклы их развития достаточно сложны. Яйца этих червей может съесть домашнее животное с травой или с отбросами, как это делают свиньи. Яйца могут быть смыты в водоем и попасть в кишечник рыбы. В кишечнике промежуточного хозяина из яйца развивается личинка с тремя парами крючков. Пробуравливая стенки кишечника, она попадает в кровь и с током крови заносится в мышцы. В мышцах личинка превращается в покоящуюся стадию — *финну* и может просуществовать в таком виде сколь угодно долго. Человек заражается, если съедает плохо проваренное или прожаренное финнозное мясо. Пищеварительная система цепня редуцирована, питательные вещества он всасывает всей поверхностью тела. Паразит присасывается к стенкам кишечника. Червь быстро растет и делится, образуя членики, его длина может достигать 2—3 м. Задние членики созревают раньше и заполняются яйцами. Членики отрываются, вынося наружу тысячи яиц. Солитер особенно опасен для человека, когда в его организм попадают яйца цепня. Тогда в мышцах, а иногда и в мозге образуются финны.

Длина эхинококка всего 1—1,5 см. Человек может заразиться им от собак и других животных. Финна эхинококка способна размножаться, образуя дочерние пузыри. Иногда она разрастается до величины грецкого ореха, а в отдельных случаях бывает с голову ребенка. Этот пузырь может разрушить ткани, избавиться от него можно только хирургическим путем.

Круглые черви. Круглые черви широко распространены в природе: в морях, океанах, пресных водоемах, в придонном иле, в различных типах почв. Некоторые из круглых червей являются паразитами человека, животных и даже растений (см. рис. 75).

Наиболее известны круглые черви *нематоды*. Их насчитывают не менее 20 000 видов, широко распространенных по всему земному шару. Размеры нематод колеблются от 80 мкм

до 8 м (паразит в плаценте кашалота). Все они имеют цилиндрическое, веретеновидное тело, заостренное на концах. Тело их покрыто прочной плотной кожицей — кутикулой. Двигаются нематоды, дугообразно извиваясь, за счет сокращения продольных мышц.

Все круглые черви раздельнополые и после внутреннего оплодотворения откладывают яйца. Многие нематоды — паразиты человека и животных, среди них наиболее известными являются аскарида и острица.

Аскарида — это крупная нематода, паразитирующая в тонком кишечнике человека. Длина ее может достигать 30 см у самки, 20—25 см у самца. Для аскарид характерна большая плодовитость. Яйца аскарид с частичками почвы могут попасть в пищу. Когда они оказываются в кишечнике человека, их оболочка растворяется и выходит личинка. Она пробуравливает стенку кишечника и попадает в кровяное русло. С током крови личинка заносится в легкие, где разрывает капилляры и проникает в полость бронха. Там она развивается и с мокротой при кашле вторично попадает в желудок, а далее в тонкий кишечник, где превращается во взрослую форму, питаясь полупереваренной пищей и отравляя продуктами жизнедеятельности хозяина. При массовом заражении это может привести к истощению организма человека. При наличии в кишечнике хозяина самца и самки происходит оплодотворение, и самка откладывает каждые сутки до 200 тыс. яиц. Они выносятся наружу вместе с испражнениями и попадают в почву. В яйцах развивается личинка, достаточно долго сохраняющая жизнеспособность. Изгоняют аскарид лекарствами и кислородом.

Другим паразитом толстого кишечника человека является мелкая *острица*. Самка, выползая наружу, откладывает яйца вокруг заднего прохода, вызывая сильный зуд. Яйца остриц через грязные руки могут попасть в пищу, вызывая повторное самозаражение. Острицы обычно встречаются у детей.

В слепой кишке человека паразитирует *человеческий власоглов*. Заражение происходит при употреблении некипяченой воды из водоемов. Червь длиной 0,5 см прикрепляется тонким, сильно заостренным передним концом к стенке кишечника и питается кровью хозяина. Изгонять этого паразита очень трудно.

Самый опасный из паразитических червей — *трихинелла*, небольшой круглый червь длиной 2—4,5 мм. Заразиться им можно при употреблении в пищу плохо проваренного или недожаренного мяса свиньи, где в мышцах, в капсулах дли-

ной 0,5 мм, находятся свернутые спиралью червячки. Опасность заключается в их многочисленности. Если человек съест даже 40—50 г трихинозного мяса, в его кишечник попадают тысячи таких капсул. Под действием желудочного сока капсулы растворяются и черви поселяются в тонком кишечнике. После оплодотворения самки откладывают до 2000 яиц, из которых развиваются личинки. Они проникают из кишечника в лимфатические и кровеносные сосуды, разносятся по всему телу и внедряются в мышцы, где образуют капсулы. При попадании личинок в кровь и в мышцы температура повышается до 40 °С, возникают отеки и боли в мышцах. Часто это заболевание заканчивается смертью.

Кольчатые черви. Кольчатые черви — это более высокоорганизованные животные, чем рассмотренные ранее. Тело кольчатых червей сегментировано. Хорошо развиты нервная система узлового типа, выделительная система, появляется кровеносная система замкнутого типа. Имеются осязательные и светочувствительные клетки.

Наиболее известен *дождевой червь*. Живет этот червь в почве, его тело сегментировано, на нижней стороне имеются щетинки, которые принимают непосредственное участие в движении. Если положить дождевого червя на бумагу, то можно услышать шорох, производимый щетинками при движении червя. Он относится к классу *малощетинковых*.

Специальных органов дыхания у червей нет. Они дышат через кожу. Часто после дождя дождевые черви выползают на поверхность земли: дождевая вода заливают норки червя, вытесняя из почвы кислород, что затрудняет дыхание.

Дождевые черви — обоеполые животные, но оплодотворение у них перекрестное. При спаривании две особи сближаются, передними концами накладываются друг на друга и обмениваются мужскими половыми продуктами. В специальный поясок — муфту, образованную из слизи, на 13-м сегменте впрыскиваются яйцеклетки, которые, передвигаясь с муфтой, на 9-м сегменте оплодотворяются спермой. Муфта с оплодотворенными яйцами соскальзывает с передней части и образует яйцевой кокон. Яйца в коконе развиваются в почве.

Дождевые черви способны к регенерации. У перерубленно-го пополам червя недостающая часть может восстановиться.

Питаются дождевые черви опавшей листвой, травой, пропуская через себя большое количество почвы, тем самым ее рыхля, аэрируя и обогащая перегноем. Они играют очень важную роль в почвообразовании.

В сточных загрязненных водоемах обитает *трубочник*, служащий пищей для рыб и очищающий воду от органических загрязнений.

Пиявки чаще встречаются в пресных водоемах. Тело их слегка сплюснуто в спинно-брюшном направлении, на переднем конце имеется одна ротовая присоска, а на заднем — другая. С их помощью они передвигаются по грунту, присасываются к телу животных. Большинство пиявок — временные наружные паразиты, сосущие кровь животных — рыб, лягушек, водоплавающих птиц, млекопитающих, а также человека. Есть и пиявки-хищники, нападающие на мелких животных и заглатывающие их целиком. Основное отличие пиявок от малощетинковых червей — это наличие незамкнутой кровеносной системы и внутреннее оплодотворение. В яйцевой кокон они откладывают уже оплодотворенные яйца. Самые крупные пиявки достигают 15 см, многие значительно меньше.

В наших пресных водоемах встречается *ложноконская пиявка* черного цвета и серо-зеленая медицинская пиявка. У *медицинской пиявки* в глубине ротовой полости имеется три валика с заостренными хитиновыми зубчиками. Они расположены в вершинах треугольника, зубцами друг к другу. Присасываясь, пиявка прорезает ими кожу, выделяя *гирудин*, препятствующий свертыванию крови. Гирудин останавливает развитие тромбов, полезен при гипертонии, склерозе, инсультах, рассасывает подкожные кровоизлияния.

Раньше медицинские пиявки широко использовались, но в настоящее время они стали большой редкостью.

Большая ложноконская пиявка нападает на дождевых червей, моллюсков, головастиков. Никакого вреда человеку она не причиняет, хотя и присасывается иногда задней присоской к телу человека, купающегося в водоеме.

§ 58. ЧЛЕНИСТОНОГИЕ

Членистоногие. Это самый многочисленный тип животных. Он объединяет более 1,5 млн видов, причем наибольшее количество составляют насекомые. Членистоногие — вершина эволюционной ветви беспозвоночных. Свое развитие они начали в морях кембрийского периода и стали первыми наземными животными, способными дышать атмосферным кислородом. Предками членистоногих, по всей вероятности, были древние кольчатые черви. Личиночные стадии этих

животных напоминают червей, а сегментированное тело сохраняется и у взрослых форм.

Для членистоногих характерны общие признаки:

1. Тело покрыто хитином — роговым веществом, иногда пропитанным известью. Хитин образует наружный скелет и выполняет защитные функции.

2. Конечности имеют членистое строение, соединены с телом посредством суставов, на каждом членике расположено по одной паре ног.

3. Тело сегментировано и разделено на два или три отдела.

4. Мышцы хорошо развиты и прикреплены в виде мышечных пучков к хитиновому покрову.

5. Кровеносная система незамкнутая, имеется сердце. Кровь — гемолимфа изливается в полость тела и омывает внутренние органы.

6. Имеются органы дыхания — жабры, трахеи, легкие.

7. Нервная система узлового типа более совершенна. Имеются сложные фасеточные глаза, усики — органы обоняния и осязания, органы слуха и равновесия.

8. Выделительная система более совершенна, чем у кольчатых червей.

9. Членистоногие в основном раздельнополые животные.

Членистоногих делят на ракообразных, паукообразных, насекомых. Они широко распространены на нашей планете, освоили все среды жизни: водную, наземно-воздушную, почву.

Ракообразные. Класс насчитывает около 20 000 видов. В него входят раки, крабы, лангусты, дафнии, циклопы, моксики, креветки и многие другие (рис. 76). В основном это обитатели вод, и органами дыхания их являются жабры.

Тело ракообразных разделено на три отдела: голова, грудь и брюшко. Голова и грудь часто сливаются, образуя *головогрудь*, покрытую общим панцирем. Для них характерно наличие двух пар усиков. Первая пара *антеннулы* располагается на голове, а вторая пара *антенны* — на первом членике туловища. Следующие за ними конечности хорошо приспособлены для удерживания и измельчения пищи и образуют *ротовой аппарат*.

Ракообразные, за редким исключением, раздельнополые животные. После внутреннего оплодотворения самка откладывает яйца. Развитие происходит с *метаморфозом* — сложным превращением. Личинка несколько раз линяет в процессе роста, с каждым разом становясь все более похожей на взрослую форму.

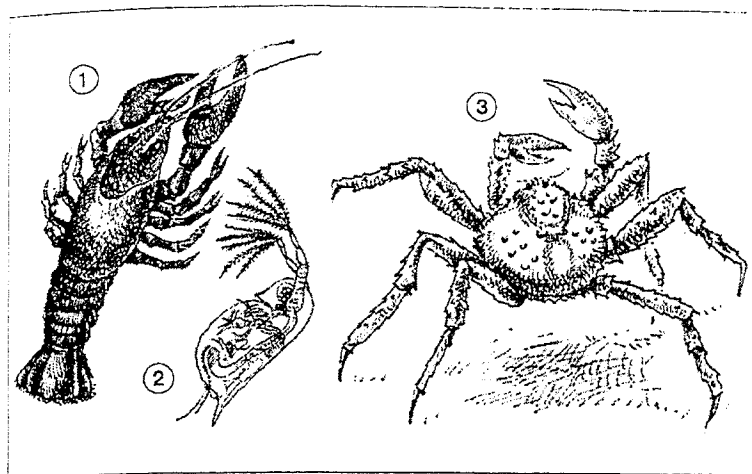


Рис. 76. Ракообразные: 1 — речной рак, 2 — дафния,
3 — камчатский краб

Наиболее примитивные ракообразные — дафнии и циклопы. Это довольно мелкие животные. Их можно рассмотреть при слабом увеличении микроскопа. У *дафнии* имеются двухветвистые антенны, которые кроме органов чувств являются и органами передвижения. Дафниями питаются многие рыбы. Их количество очень велико во всех пресноводных водоемах. Дафний питаются бактериями, водорослями и другими мелкими организмами.

У *циклопа* голова сливается с первым грудным сегментом, образуя головогрудь. Основным органом передвижения служат мощные антеннулы (первая пара усиков). Эти мелкие рачки также являются хорошим кормом для рыб, но они могут быть промежуточными хозяевами многих паразитов, в частности широкого лентеца (ленточного червя) — паразита рыб.

К высшим ракообразным относится хорошо известный *речной рак*. Он встречается главным образом в реках. У рака тело разделено на головогрудь и брюшко. На голове располагаются две пары усиков и три пары челюстей. На груди имеются три пары ногочелюстей и пять ходильных ног, причем у первой пары ходильных ног есть мощные клешни. Жабры у рака расположены под боковыми краями головогрудного щита.

У *крабов* хорошо заметны пять пар ног, отходящих от мощного панциря головогруды. Перевернув краба нижней

стороной сверху, можно заметить под головогрудь укороченное плоское брюшко. Многие крабы имеют промысловое значение.

В отличие от крабов у омаров и лангустов длинное, хорошо развитое брюшко. Эти ракообразные обитают в морях и океанах и также имеют промысловое значение.

У *рака-отшельника* мясистое брюшко покрыто лишь тонкой мягкой пленкой. Поэтому он прячет его в пустые раковины морских моллюсков, отчего тело приобретает форму закрученной полости раковины. Когда рак после линьки вырастает, он меняет раковину на более просторную.

Практически все ракообразные съедобны и имеют почти одинаковый вкус. Но наиболее ценными считаются крупные представители десятиногих раков: омары, лангусты, крабы, креветки, раки.

Паукообразные. Паукообразных известно около 60 000 видов (рис. 77). Обладая всеми признаками членистоногих, эти животные характеризуются наличием четырех пар ног, отходящих от головогруды, и двух пар челюстей. Вторая пара челюстей несет членистые щупальца. В связи с наземным образом жизни жабры заменились легкими, а у некоторых — трахеями.

Все паукообразные пауки, клещи, скорпионы, — хищники, с наружным пищеварением, некоторые стали паразитами.

Тело паука разделено на головогрудь и нечленистое шарообразное брюшко. Верхние челюсти имеют острые изогнутые концы, где открываются протоки *ядовитых желез*. На конце брюшка имеются паутинные бородавки, к которым открываются протоки *паутиных желез*. Они вырабатывают густую жидкость, которая при выходе из тела застывает в тонкую прозрачную нить — паутину.

Паутина является ловчей сетью и служит для захвата добычи. Паук по паутине приближается к запутавшейся жертве и верхними челюстями прокалывает ее, впрыскивая яд и пищеварительные соки. Яд убивает жертву, а пищеварительные ферменты начинают переваривать жертву. Через некоторое время паук засасывает переваренную пищу. Такой тип пищеварения называется наружным.

Наиболее известны *паук-крестовик* с крестообразным светлым пятном на спине, *домовой паук*, *паук-серебрянка*, обитающий в воде. Паук-серебрянка из паутины строит «колокол», который заполняется воздухом, необходимым животному для дыхания под водой. Многие пауки плетут из паутины кокон, куда откладывают яйца.

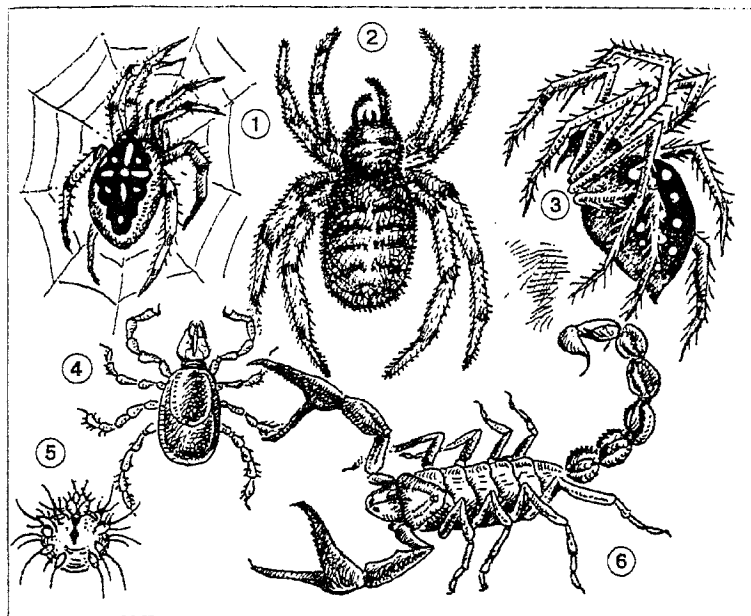


Рис. 77. Паукообразные: 1 — паук-крестовик, 2 — тарантул, 3 — каракурт, 4 — таежный клещ, 5 — чесоточный зудень, 6 — скорпион

Пауки — очень полезные животные, уничтожающие много вредных насекомых. Яд большинства пауков не опасен для человека.

В южных районах, на Украине и Кавказе, водится крупный паук *тарантул*. Он живет в норке, которую вырывает в земле, а вход в нее оплетает паутиной. Укус его очень болезнен. В пустынях и степях на юге обитает маленький черный паук *каракурт* (в переводе с тюркского означает «черная смерть»). Укус этого паука крайне опасен. Яд каракурта вызывает боль, судороги, рвоту, а иногда и смерть. Укус каракурта для верблюдов и лошадей смертелен, а вот овцы спокойно едят его вместе с травой.

Клещи обычно являются паразитами животных, растений, человека и даже грибов. Головогрудь и брюшко клещей сливаются в единое мешковидное тело, а ногочелюсти преобразуются в колюще-сосущий хоботок.

Клещи — широко распространенные животные. Хорошо известен *собачий клещ*, паразитирующий на животных и человеке. Это наиболее крупный из наших клещей длиной около

2 мм. Ротовой аппарат собачьего клеща имеет вид хоботка. Верхние челюсти похожи на две пилки с заостренными концами, которыми клещ разрезает кожу, погружая в надрез сосущий хоботок. Зубья пилок так зажимают кожу, что оторвать клеща невозможно.

Немалый вред причиняют *мучные* (амбарные), *сырные*, *зерновые* и *луковичные клещи*. *Чесоточный клещ* (до 0,3 мм) прогрызает под кожей человека многочисленные ходы, вызывая острый зуд (чесотку). Заболевание заразно — передается при рукопожатии.

Тяжелый клещ переносит тяжелое вирусное заболевание — энцефалит. При укусе вирус попадает в кровь, достигает головного мозга, вызывая его воспаление, в тяжелых случаях может наступить смерть.

Клещи являются переносчиками и таких опасных заболеваний, как сыпной и возвратный тиф, туляремия и др.

Скорпионы — это древнейшие паукообразные, на первый взгляд, больше похожие на ракообразных. Они являются потомками древней группы ракоскорпионов, вымерших около 190 млн лет назад. У них членистое брюшко, тело покрыто толстым хитиновым покровом, а на головогруды имеются клешни, очень похожие на клешни рака. Но при внимательном рассмотрении можно заметить, что от головогруды отходят четыре пары ног, а клешни — это видоизмененная вторая пара челюстей. На заднем брюшке имеется пара ядовитых желез с жалом. Скорпион, хватая добычу клешнями, перегибает свое брюшко через голову и жалит жертву. Скорпионы ядовиты, особую опасность для человека представляют тропические виды. Укусы скорпионов, обитающих у нас в Поволжье и на Кавказе, болезненны, но не смертельны.

Насекомые. Насекомые — самая многочисленная группа не только среди беспозвоночных, но и среди позвоночных животных. Полагают, что их количество колеблется примерно от 1,5 до 2 млн, каждый год описывают десятки новых видов (рис. 78).

Насекомые освоили все среды жизни: воздух, воду, сушу, почву. Эволюция их шла по пути приспособления к наземному существованию. Небольшая часть перешла вторично к жизни в воде, преимущественно в прибрежной части.

Строение тела. При всем разнообразии внешнего вида строение насекомых единообразно, что дало возможность объединить их в один класс. Второе название класса, *шестиногие*, отражает их характерную особенность — наличие трех пар членистых конечностей.

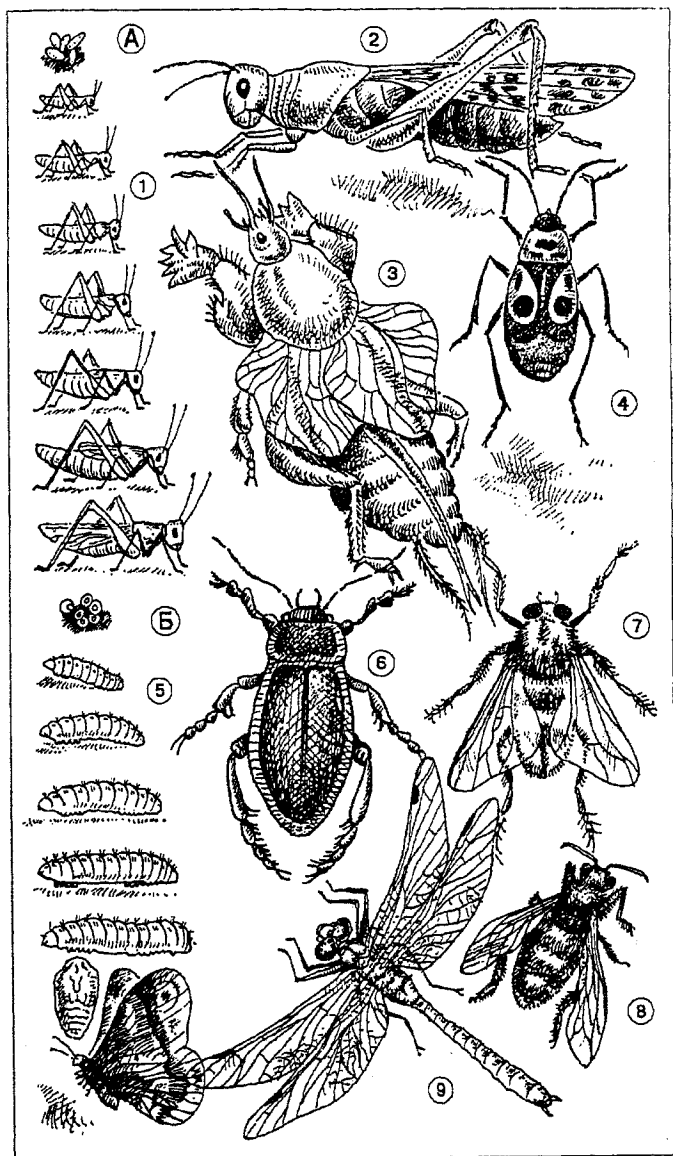


Рис. 78. Насекомые: с неполным превращением (А): 1 — развитие кузнечика, 2 — саранча, 3 — медведка, 4 — клоп-солдатик; с полным превращением (Б): 5 — развитие бабочки, 6 — жук-плавунец, 7 — овод, 8 — пчела, 9 — стрекоза

Насекомым свойственны общие для типа членистоногих черты: членистое тело покрыто хитиновым покровом, имеются членистые конечности. Тело разделено на три отдела: голову, грудь и брюшко, три пары ног отходят от трех сегментов груди. У большинства взрослых особей есть крылья. Голова не сегментирована, грудь состоит из трех сегментов, брюшко — из 7—8. На голове имеется одна пара усиков (антенн) и три пары ногочелюстей, образующих различные типы рогового аппарата. Ротовой аппарат имеет четыре основных плана строения: грызущий (жующий), лижущий, сосущий и колющий. Он состоит из одной пары нижних и верхних челюстей, нижней и верхней губ.

Грызущий ротовой аппарат — это наиболее примитивный орган. Такие органы были у древних насекомых. В настоящее время он характерен для личинок почти всех отрядов, а также для тараканов, некоторых жуков, кузнечиков.

Лижущие, или *лакающие*, органы имеют шмели, пчелы, осы, питающиеся жидкой пищей, нектаром цветков.

Сосущие органы характерны для бабочек.

Колюще-сосущий ротовой аппарат имеют комары, клопы, тли.

В связи с различным образом жизни конечности насекомых видоизменяются в *бегательные* (таракан), *роющие* (медведка), *плавательные* (жук-плавунец), *прыгательные* (кузнечик).

На двух последних члениках груди располагаются крылья. У одних насекомых две пары крыльев (бабочки, стрекозы), у других — одна пара преобразуется в жесткие *надкрылья* (жуки) или образует *жуужальца* (мухи). У паразитических и полупаразитических насекомых крылья отсутствуют. Крылья являются выростами хитинового покрова.

Нервная система насекомых развита хорошо. Высокой организации достигли органы чувств: осязания, обоняния, вкуса, зрения, слуха. Особенно хорошо развиты сложные фасеточные глаза (до 28 тыс. фасеток в каждом). Насекомые видят зелено-желтые, синие и ультрафиолетовые лучи. Многие из них хорошо слышат, в том числе и ультразвук.

Дыхательная система насекомых представлена трахеями. Трахейные стволы, многократно разветвляясь в теле насекомого, открываются отверстиями-*дыхальцами* по бокам заднегрудого и брюшных сегментов.

Органом выделения кроме специальных трубочек-выростов кишечника является и *жировое тело*, где откладываются продукты обмена веществ.

Развитие насекомых. Все насекомые — раздельнополые животные. После внутреннего оплодотворения самка откладывает несколько десятков яиц. Места отложения яиц самые разнообразные: листья растений, почва, водная поверхность, нечистоты, мясо и т. д. Самка всегда откладывает яйца вблизи той пищи, которой будет питаться личинка. Из яйца через некоторое время вылупляется личинка, которая активно питается и растет. В зависимости от вида личинки и ее развития во взрослое насекомое может иметь полное и неполное превращение.

При полном превращении — метаморфозе развитие идет в четыре стадии: яйцо, личинка, куколка, взрослое насекомое (имаго). Личинка совершенно непохожа на взрослую форму, а больше напоминает кольчатого червя. Ее тип питания и местообитание могут совершенно не совпадать с таковым у взрослого насекомого. Личинки имеют грызущий ротовой аппарат, активно питаются и растут, несколько раз линяя. Когда личинка достигает предельной величины, она замирает, покрывается новой хитиновой оболочкой или паутиным коконом и превращается в *куколку*. На этой стадии насекомые не питаются (иногда целую зиму). Из куколки через некоторое время появляется взрослая форма, имаго, со всеми признаками, характерными для взрослого насекомого (крылья, конечности, ротовой аппарат).

Развитие с полным превращением характерно для эволюционно более молодых отрядов. Для эволюционно более древних насекомых характерно неполное превращение.

При неполном превращении развитие идет в три стадии: яйцо, личинка, имаго. Стадия куколки отсутствует. Личинка по форме тела напоминает взрослое насекомое, отличаясь лишь величиной и отсутствием крыльев. В процессе роста личинка несколько раз линяет, прежде чем достигнет размера взрослой особи. У насекомых с неполным превращением зимуют обычно яйца.

Класс насекомых весьма разнообразен. Он насчитывает более 30 отрядов, отличающихся друг от друга главным образом строением крыльев, ротового аппарата и развитием.

Наиболее широко распространенные низшие насекомые с неполным превращением — это *тараканы, стрекозы, прямокрылые (кузнечики, саранча, сверчки), полужесткокрылые (клопы)*.

К высшим насекомым с полным превращением относятся *жесткокрылые (бабочки), перепончатокрылые (шмели, осы, пчелы, муравьи, наездники), двукрылые (мухи, слепни, комары)*.

Заселив разнообразные биоценозы, насекомые расположились в них по вертикали и горизонтали. Они обитают на всех континентах и во всех природных зонах от Арктики до Антарктиды. Насекомые тропических стран более разнообразны и крупнее по размеру, чем насекомые умеренных и северных широт. Приспосабливаясь к различным условиям, они приобрели разный внешний вид. Это касается размеров тела, окраски, строения конечностей и ротового аппарата.

Большинство насекомых имеет небольшие размеры (до 1—3 см). Это позволяет им обитать в местах, недоступных другим животным. Благодаря различным приспособлениям, они успешно выживают в борьбе за существование. Их окраска может быть *покровительственной*, маскирующей под цвет окружающей среды (кузнечики), *предупреждающей*, при наличии ядовитых желез или неприятного запаха и вкуса (осы, божьи коровки), *отпугивающей* («глазчатые» пятна на крыльях бабочек). Для незащищенных особей характерна *мимикрия* — подражание защищенным особям (осовидные мухи). Насекомые могут иметь химическое «оружие» защиты, как у жуков-бомбардиров, способных выстреливать концом брюшка с образованием дымного облачка. Муравьи выделяют большое количество муравьиной кислоты, обладающей обжигающим действием.

Для насекомых характерны сезонная и суточная активность, миграции в пространстве. Так, например, бабочки могут быть дневными и ночными. Саранча способна передвигаться на огромные расстояния. Кроме того, существуют общественные насекомые — пчелы, муравьи, термиты, образующие большие семьи — колонии, в которых обязанности четко распределены, а особи дифференцированы: матка (крупная самка), трутни (самцы), рабочие особи, или солдаты.

Поведение насекомых складывается из непосредственных реакций на факторы внешней среды, а также обусловлено инстинктами — наследственно безусловно-рефлекторной деятельностью. Инстинкты отличаются большой сложностью и обеспечивают целесообразность поведения насекомого. Например, пчела, исполняя определенный «танец» (полет), показывает дорогу к цветкам с нектаром. Муравьи к вечеру закрывают ходы в муравейник, изгоняют чужих особей. Некоторые муравьи выращивают в муравейниках мицелий грибов, культивируют тлей, «доят» их, заставляя выделять особые сахаристые вещества.

Многие насекомые приносят вред, уничтожая культурные растения, являясь вредителями сельского хозяйства. На-

пример саранча, уничтожающая в период массового размножения огромные площади с посевами. Некоторые насекомые перешли к паразитическому образу жизни — являются паразитами животных и человека. Это кровососущие насекомые: вши, постельный клоп, пухоеды, грызущие волосы и перья млекопитающих и птиц. Часто паразитирующие насекомые являются переносчиками опасных заболеваний у человека и животных. Однако многие из них приносят большую пользу, уничтожая вредителей растений, способствуя их опылению. Так, например, наездники откладывают яйца в личинки или имаго других насекомых, тем самым истребляя многих вредителей сельского хозяйства.

Человек много веков назад приручил тутового шелкопряда, из кокона которого получает шелковое волокно. В природе это животное жить уже не может. Служат людям и пчелы. Почвенные насекомые рыхлят почву, способствуют ее аэрации, накоплению органических веществ. В целом, насекомые являются важным звеном в сложных цепях питания и являются неотъемлемой частью различных биоценозов.

§ 59. МОЛЛЮСКИ И ИГЛОКОЖИЕ

Моллюски. Это достаточно большой тип животных, насчитывающий около 100 тыс. видов. Обитают они как в воде, так и на суше (рис. 79). Тело их не сегментировано и делится на три отдела: голову, туловище и ногу. Голова у сидячих форм может редуцироваться. Нога представляет собой мускулистое образование, с помощью которого моллюск передвигается.

Тело моллюска снаружи окружено кожной складкой — *мантией*. На брюшной стороне она неплотно прилегает к телу, образуя *мантийную полость*. В мантии находится много желез, выделяющих слизь и образующих раковину моллюсков. *Раковина*, защищающая тело моллюска, состоит из трех слоев. Наружный слой построен из эластичного органического вещества, похожего на рог. Средний слой известковый, состоит из карбоната кальция. Внутренний слой, тоже известковый, может быть перламутровым или фарфоровидным. Моллюск растет, вместе с ним растет и раковина. У некоторых массивных морских раковин известковый слой очень толстый и мощный. Органический слой предохраняет известковый от воздействия кислот.

Моллюски дышат *жабрами*, которые расположены в мантийной полости. У наземных форм жабры редуцировались, та-

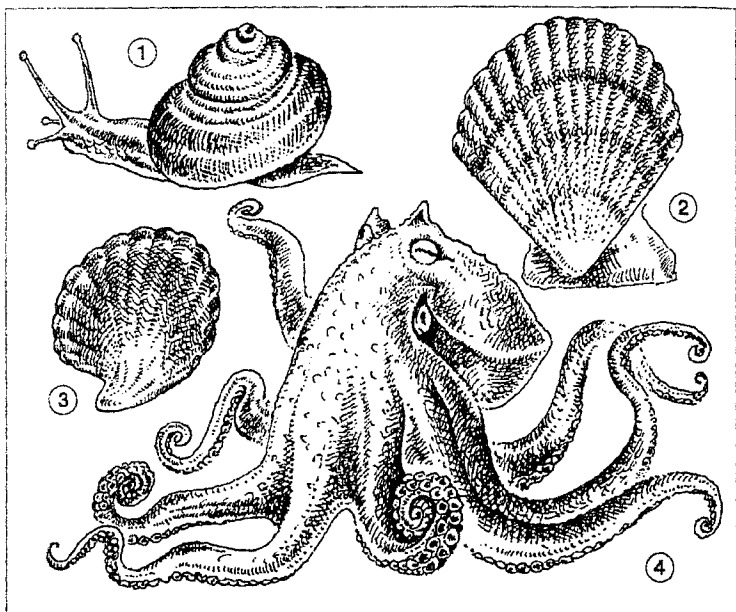


Рис. 79. Моллюски: 1 — лесная улитка, 2 — морской гребешок, 3 — устрица, 4 — осьминог

кие моллюски дышат через стенки мантийной полости, которые превратились в легкие. Интересно, что у прудовика и катушки дыхание легочное. Они вторично вернулись в воду, сохранив дыхание атмосферным кислородом. В мантийную полость открываются выводные протоки почек, половых органов и анальное отверстие. Нервная система моллюсков значительно проще, чем у членистоногих, и напоминает таковую у плоских червей. Кровеносная система незамкнута. Моллюски бывают раздельнополые и обоеполые. Оплодотворение внутреннее.

В типе выделяют несколько классов.

Брюхоногие моллюски имеют спирально закрученную раковину, куда в случае опасности они втягивают тело. Устье раковины закрывается слизью. У некоторых брюхоногих моллюсков раковина утрачена.

Представителями являются *виноградная улитка, рапана, большой и малый прудовики, катушки, слизни* (безраковинные). Растительоядные наземные моллюски — улитки и слизни являются вредителями сельского хозяйства.

Двустворчатые моллюски населяют соленые и пресные водоемы. Их раковина имеет две створки, которые смыкаются

специальными мышцами-замыкателями. Часто створки имеют выступы — зубы, способствующие более плотному смыканию. У обитателя нашего пресного водоема *беззубки* такого замка на створке нет. У двустворчатых моллюсков голова редуцирована. Гигантским представителем этого класса является тридакна. Она обитает в Тихом и Индийском океанах. Размер ее раковин достигает 1,35 м, вес — 250 кг. К этому классу относятся мидии, гребешки, устрицы.

Головоногие моллюски — кальмары, каракатицы, осьминоги, самые высокоорганизованные из моллюсков. Все головоногие — хищники. Для захвата добычи у них имеются хорошо развитые щупальца с присосками — это видоизмененная нога. Раковина сильно редуцирована, частично сохраняется в виде пластинки под мантией. У головоногих хорошо развиты глаза. Перемещаются они за счет реактивных толчков при выбрасывании воды из мантийной полости.

Иглокожие. Тип иглокожих насчитывает около 5000 видов. Его представители обитают исключительно в морях. Это достаточно высокоорганизованные животные, по внешнему виду напоминающие шары, звезды и даже цветки растений. В зависимости от формы тела их разделяют на морские звезды, змеехвостки, морские ежи, морские кубышки, морские лилии (рис. 80).

Характерный признак иглокожих — наличие подкожного известкового скелета, состоящего из пластинок с шипами-иглами (отсюда и название типа). Известковые пластинки часто образуют сплошной панцирь с большим количеством выростов — игл, которые выступают наружу. У морских звезд и ежей некоторые иглы сидят на подвижных ножках. Иногда они снабжены ядовитыми железами и выполняют защитную функцию.

Все иглокожие радиально-симметричные животные, как правило, они имеют по пять лучей. Лучевая симметрия приобретена вторично в результате перехода к малоподвижному или сидячему образу жизни. В центре тела находится ротовое отверстие. Характерной особенностью иглокожих является наличие водно-сосудистой системы, которая представляет собой кольцевой канал с разветвленными радиальными лучами-каналами. Она выполняет функции дыхания, газообмена, выделения.

Иглокожие — раздельнополые животные. После наружного оплодотворения из яйца развивается личинка, которая свободно плавает и претерпевает изменения. Для иглокожих характерна регенерация частей тела. Отрезанный луч морской

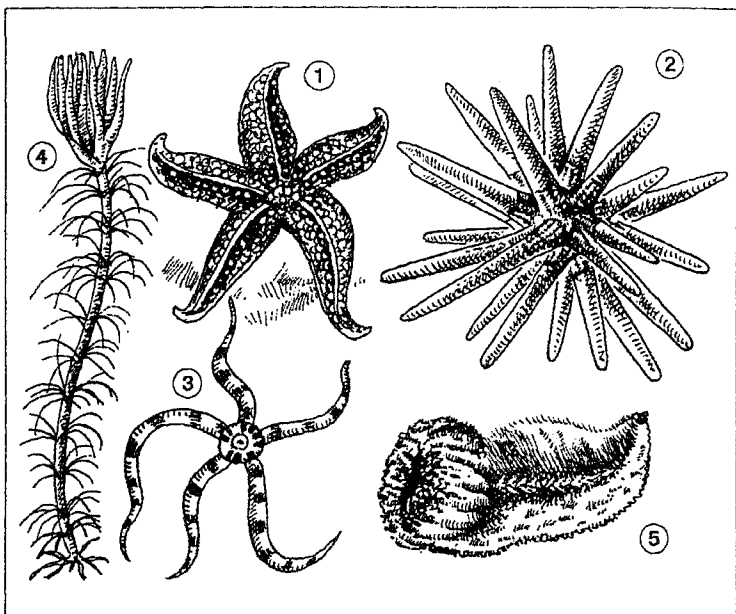


Рис. 80. Иголкожие: 1 — морская звезда, 2 — морской еж, 3 — офиура, 4 — лилия стебельчатая, 5 — морской огурец (кукумария)

звезды способен восстановить на поврежденном конце новую звезду. У некоторых видов при неблагоприятных условиях происходит самопроизвольный распад тела на отдельные части с последующей регенерацией. Иголкожие в изобилии встречаются в соленых водоемах на всех широтах и на самых больших глубинах. Пресной воды они не переносят.

Морские звезды распространены в морях от Северного Ледовитого океана до побережья Антарктиды, но преимущественно в тропических и экваториальных зонах.

Тело их имеет от 5 до 17 лучей и по форме напоминает звезду. Звезды могут достигать больших размеров: до 70 см в диаметре. Эти животные часто имеют яркую пеструю окраску. Морские звезды — хищники, а их самих другие животные поедают редко из-за острых шипов и ядовитости.

Морские лилии — это наиболее древняя группа иголкожих. Они похожи на изящные цветы, сидящие иногда на стебельке, а иногда — прямо на грунте, ярко, великолепно окрашенные в нежные цвета от белоснежного до красного.

Тело морской лилии состоит из чашечки с отходящими пятью «руками», которые могут раздваиваться, а иногда и

ветвиться. Ротовое отверстие у морских лилий располагается на верхней стороне тела в отличие от морских звезд, у которых оно расположено на нижней стороне. Морские лилии ведут в основном сидячий образ жизни, хотя некоторые бесстебельчатые могут плавать, но на очень короткие расстояния — до 3—5 м.

Морские ежи чаще имеют шаровидную, но иногда округлую сплюснутую или сердцевидную форму тела. Их панцирь весь усажен иглами, причем нередко величина игл в 2—3 раза превышает размеры тела. Тропические виды достигают размеров детской головы. Ротовое отверстие находится внизу. В отличие от морских звезд они всеядны, но чаще питаются растительной пищей. Во многих странах морских ежей употребляют в пищу, они являются объектом промысла.

Змеехвостки, или *офиуры*, похожи на морских звезд, но их лучи значительно длиннее, постоянно изгибаются и напоминают хвост змеи. Кроме того, они четко отделены от центральной части. У офиуры *Голова Горгоны* лучи многократно ветвятся, действительно напоминая голову древнегреческого мифического чудовища. Окраска их тела яркая и разнообразная. Многие из них способны испускать яркий зеленовато-желтый свет.

Голотурии, или *морские кубышки*, имеют сильно редуцированный скелет с двусторонней симметрией. Тело вытянутое, червеобразной формы. Потревоженная голотурия сжимается, принимая форму огурца. Ротовое отверстие, окруженное щупальцами, находится сбоку, т. е. они лежат на боку. Это донные ползающие животные, иногда они зарываются в илистый грунт. Некоторые виды можно употреблять в пищу — это трепанги и кукумарии.

§ 60. ХОРДОВЫЕ. РЫБЫ

Численность типа хордовых невелика — 45 000 видов, и составляет всего 3 % общего числа видов животных. Это наиболее высокоорганизованная группа, и ее представителей можно встретить во всех средах, где есть жизнь.

Все хордовые животные обладают тремя отличительными признаками. Они имеют внутренний осевой скелет — хорду, которая у высших форм заменяется позвоночником. Центральная нервная система в виде нервной трубки располагается над осевым скелетом и подразделяется на головной и спинной мозг. У всех хордовых во взрослом, эмбриональном или

личиночном состоянии имеются глоточные жаберные щели, находящиеся с обеих сторон глотки. Через эти щели вода, поступающая в глотку, проходит в жабры и выводится наружу. Все хордовые — двусторонне-симметричные животные.

Кроме перечисленных признаков для них характерны замкнутая кровеносная система и сердце — мышечный орган, обеспечивающий движение крови по сосудам в теле. Эволюция кровеносной системы шла по пути образования двух кругов кровообращения и увеличения сердечных камер с 2 до 4 (рис. 81). Совершенствование нервной системы шло по пути увеличения головного мозга, в частности его переднего отдела, развития органов чувств. При переходе от водного к наземному образу жизни значительно изменились кожные покровы, дыхательная система, органы передвижения. Все позвоночные животные раздельнополые.

Наибольшее значение и распространение получил подтип *Позвоночных*, который включает в себя несколько основных классов: Хрящевые рыбы, Костистые рыбы, Земноводные, Пресмыкающиеся, Птицы, Млекопитающие.

Рыбы. Рыбы подразделяются на два класса: хрящевые и костные (рис. 82).

Средой обитания рыб является вода, поэтому они имеют обтекаемую форму тела. Органами передвижения им служат плавники. Для всех рыб характерны двухкамерное сердце и один круг кровообращения. Дыхание осуществляется с помощью жабр (рис. 81).

Хрящевые — наиболее примитивные из современных рыб. Они имеют хрящевой, неокостеневающий скелет. Парные плавники расположены горизонтально. Плавательный пузырь отсутствует. Для них характерно внутреннее оплодотворение. Самки откладывают оплодотворенные яйца в роговой оболочке или рожают живых детенышей. К этому классу рыб относятся акулы, скаты, химеры.

Типичные представители хрящевых рыб — *акулы* имеют веретеновидную форму тела. Парные грудные и брюшные плавники и асимметричный хвостовой плавник позволяют им быстро плавать. Акулы имеют хорошо развитый зубной аппарат, многие являются хищниками. Среди них есть крупные виды. Это гигантская акула (до 15 м), китовая акула (до 20 м), голубая акула (до 4 м). В Черном море водится акула катран (до 1 м). Распространены акулы по всему земному шару. Многие из акул, обитающих в тропических морях, опасны для человека. Крупные акулы, гигантская и китовая, питаются планктоном и опасности не представляют.


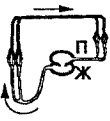

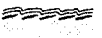

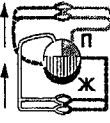

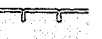

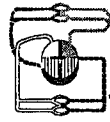

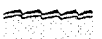

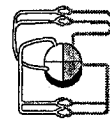



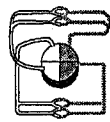


	Головной мозг	Кровеносная система	Органы дыхания	Кожный покров
Рыбы				
Земноводные				
Пресмыкающиеся				
Птицы				
Млекопитающие				

Рис. 81. Эволюция систем органов позвоночных животных:
 1 — кровеносная система (рыбы, земноводные), 2 — дыхательная система (пресмыкающиеся, млекопитающие), 3 — нервная система — головной мозг

Скаты — это придонные рыбы. Их тело сплюснуто в спинно-брюшном направлении. Они малоподвижны, питаются донными животными. У скатов-хвостоколов, обитающих в Черном море, на хвосте имеется длинная игла с зубриной, выделяющая яд. Особенно ядовиты уколы тропических скатов. Электрические скаты имеют с боков электрические органы — видоизмененные мышцы, создающие электрические разряды до 200 в. Электрическим током они поражают рыб и других животных, которыми питаются. Обитают такие скаты в теплых водах, например в Средиземном море.

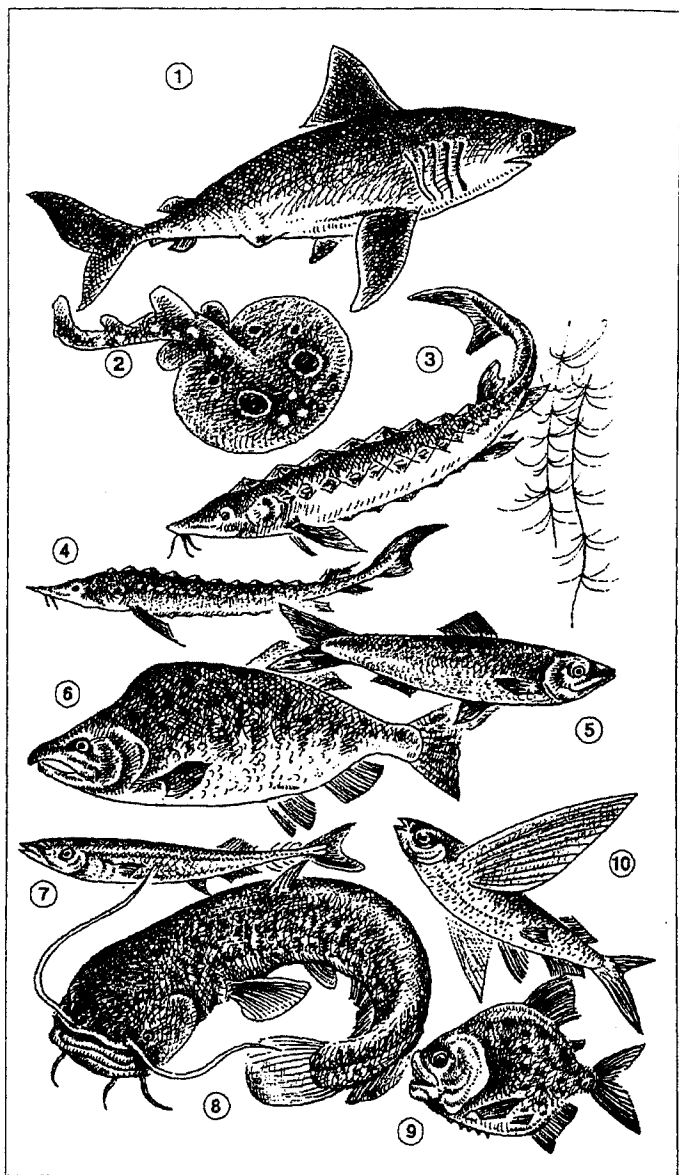


Рис. 82. Рыбы. Хрящевые: 1 — акула сельдевая, 2 — электрический скат; костно-хрящевые: 3 — осетр, 4 — стерлядь; костистые: 5 — сельдь атлантическая, 6 — горбуша, 7 — сайра, 8 — сом, 9 — пиранья, 10 — летучая рыба

Группа *Химер* — самая немногочисленная. Они имеют некоторые черты сходства с костистыми рыбами. В основном это глубоководные рыбы, питающиеся моллюсками.

Костные рыбы — это самая многочисленная группа. Их скелет построен из костной ткани, жабры прикрыты жаберными крышками. Появляется плавательный пузырь, который снижает плотность тела и помогает держаться на воде.

У переходной группы *костно-хрящевых рыб* сохраняются хрящи, тела позвонков не развиты. К ним относятся осетровые рыбы: белуга, осетр, калуга, севрюга, стерлядь и др.

К костистым рыбам относится большая часть современных рыб. Их скелет состоит из настоящих костей, тело покрыто чешуей. Среди костистых рыб есть растительноядные, хищники и всеядные.

Для костных рыб характерно наружное оплодотворение. Самка откладывает икру, а самец поливает ее семенной жидкостью. Однако имеются виды с внутренним оплодотворением и живородящие.

Среди костных рыб есть представители древних групп — *двоякодышащие* и *кистеперые*. Эти рыбы способны дышать атмосферным воздухом, а их плавники превратились в лопасти, служащие для переползания по грунту. Именно из подобных плавников развились конечности наземных позвоночных. Двоякодышащие и кистеперые рыбы немногочисленны, они процветали более 380 млн лет назад. Их предки дали начало земноводным животным. В настоящее время наиболее известна латимерия — крупная рыба, в длину до 180 см, вместо плавников развиты лопасти, позволяющие передвигаться по грунту.

К глубоководным рыбам относятся удильщики, к придонным — камбала, имеющая сплюснутое тело и деформированный, асимметричный череп.

Многие из костных рыб имеют большое промысловое значение. Это *лососеобразные* (лосось, семга, горбуша, нерка), *сельдеобразные* (сельдь атлантическая, салака, килька, сардина, анчоусы), *карпообразные* — обитатели пресных водоемов (сазаны, карпы, язи), *трескообразные* и многие другие.

§ 61. ЗЕМНОВОДНЫЕ И ПРЕСМЫКАЮЩИЕСЯ

Земноводные, или **амфибии**, — это немногочисленная группа наиболее примитивных наземных позвоночных (рис. 83). В зависимости от стадии развития часть жизни большинство

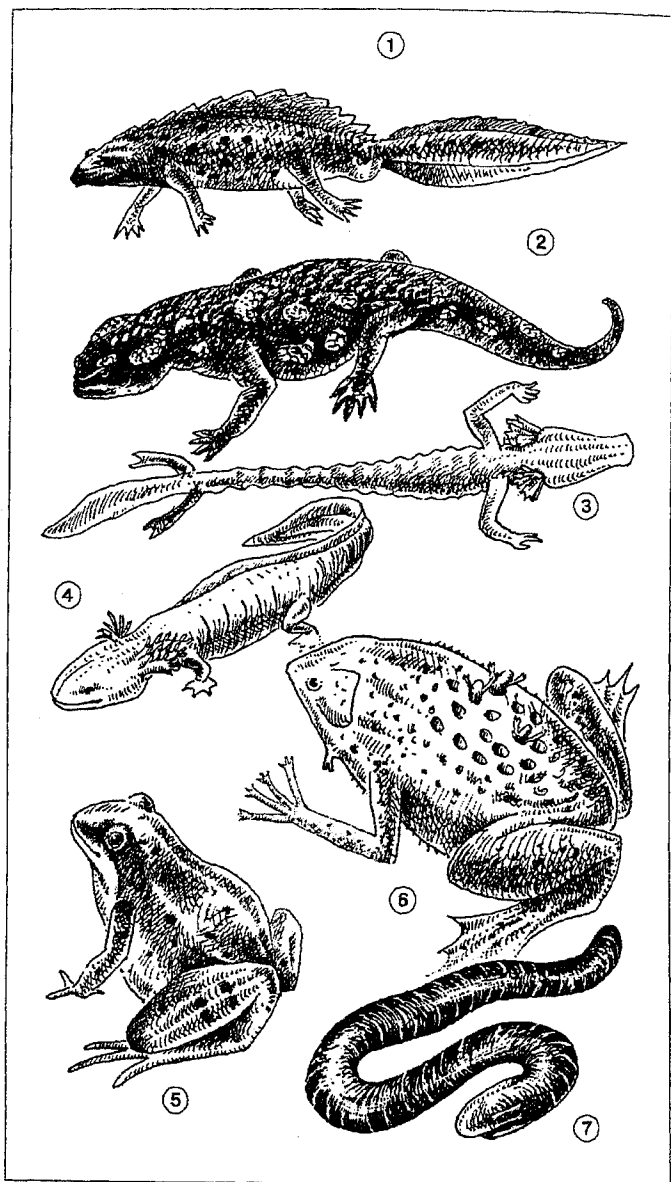


Рис. 83. Земноводные: 1 — тритон, 2 — пятнистая саламандра, 3 — протей, 4 — аксолотль (личинка амбистомы), 5 — прудовая лягушка, 6 — пипа, 7 — червяга

из них проводит в воде. Предками земноводных были кистеперые рыбы, жившие в пресных пересыхающих водоемах.

В личиночной стадии (головастики) земноводные имеют большое сходство с рыбами: у них сохраняется жаберное дыхание, имеются плавники, двухкамерное сердце и один круг кровообращения. Для взрослых форм характерны трехкамерное сердце, два круга кровообращения, две пары конечностей. Появляются легкие, но развиты они слабо, поэтому дополнительный газообмен происходит через кожу (рис. 81). Земноводные обитают в теплых, влажных местах, особенно распространены в тропиках, где они наиболее многочисленны.

Это раздельнополые животные. Для них характерны наружное оплодотворение и развитие в воде. Из икринки бесхвостой амфибии лягушки, например, выходит хвостатая личинка — головастик с длинными плавниками и ветвистыми жабрами. По мере развития появляются передние конечности, затем задние, начинает укорачиваться хвост. Ветвистые жабры исчезают, появляются жаберные щели (внутренние жабры). Из переднего отдела пищеварительной трубки формируются легкие, по мере развития которых исчезают жабры. Происходят соответствующие изменения в кровеносной, пищеварительной и выделительной системах. Хвост рассасывается, и молодая лягушка выходит на сушу. У хвостатых амфибий жабры сохраняются значительно дольше (порой всю жизнь), хвост не рассасывается.

Питаются земноводные животной пищей (червями, моллюсками, насекомыми), но личинки, обитающие в воде, могут быть растительноядными.

Существует три группы земноводных: хвостатые (тритон, саламандра, амбистома), бесхвостые (жабы, лягушки), безногие, или червяги (рыбозмей, червяг).

Хвостатые амфибии наиболее примитивны. Они обитают в воде и около воды, конечности у них, как правило, развиты слабо. У некоторых перистые жабры сохраняются всю жизнь. Личинка *амбистомы* — *аксолотль* даже приступает к размножению, не достигая взрослой стадии. Наиболее многочисленны *саламандры*.

Червяги — очень немногочисленное семейство. У них отсутствуют конечности, тело вытянуто, напоминает червя или змею.

Наиболее процветающая группа — **бесхвостые амфибии**. У них короткое туловище, хорошо развиты конечности. В сезон размножения они «поют» — издают различные звуки (квакают).

Пресмыкающиеся, или рептилии. Пресмыкающиеся относятся к наземным позвоночным. Они хорошо приспособились к жизни на суше и вытеснили многих своих предков земноводных. Сердце у рептилий трехкамерное. У них начинается разделение артериальной и венозной крови за счет появления неполной перегородки в желудочке сердца; лучше, чем у земноводных, развита нервная система: полушария головного мозга значительно больше (рис. 81). Поведение пресмыкающихся значительно сложнее, чем у амфибий. Кроме врожденных безусловных у них формируются и условные рефлексы. Пищеварительная, выделительная и кровеносная системы открываются в *клоаку* — часть кишечника.

Тело пресмыкающихся покрыто чешуей. Она образуется в толще кожи — эпидермиса и предохраняет тело от высыхания. Некоторые виды в процессе линьки сбрасывают чешую (змеи, ящерицы). Легкие у пресмыкающихся значительно больше и объемнее, чем у земноводных, за счет ячеистости.

Рептилии — раздельнополые животные. Оплодотворение у них внутреннее. Самка откладывает в песок или в почву, в небольшие углубления яйца, покрытые кожистой оболочкой. Даже у водных обитателей развитие яйца идет на суше. Для некоторых видов характерно живорождение.

Наибольшего расцвета пресмыкающиеся достигли в мезозойскую эру около 100 — 200 млн. лет назад, поэтому эту эру называют эрой рептилий. Их существовало огромное количество и разнообразие: динозавры — на суше, ихтиозавры — в воде, птерозавры — в воздухе. Среди них были виды громадных размеров, а также довольно небольшие формы, размером с кошку. Почти все они вымерли около 70 млн. лет назад. Причина вымирания до сих пор до конца не выяснена. Существует несколько гипотез: внезапное резкое изменение климата, падение гигантского метеорита и другие. Но все они не объясняют до конца эту загадку.

В настоящее время существует четыре основные группы: черепахи, змеи, ящерицы и крокодилы (рис. 84). Характерной особенностью черепах является наличие панциря, состоящего из костных пластинок и покрытого роговым веществом. Представители этой группы могут жить как на суше, так и в воде. Гигантские и слоновые черепахи (дли-

ной до 110 см) — самые крупные из обитающих на суше. Они распространены на Галопогосских островах Тихого океана, на Мадагаскаре, островах Индийского океана.

Морские черепахи значительно крупнее (до 5 м), имеют ластообразные ноги. Они всю жизнь обитают в воде, но яйца откладывают на суше.

Очень разнообразны **ящерицы**. Это наиболее процветающая группа. К ним относятся хамелеоны, гекконы, игуаны, агамы, круглоголовки, вараны и настоящие ящерицы. Для большинства ящериц характерны вытянутое тело, длинный хвост, хорошо развитые конечности. У некоторых (желтопузика) конечности утеряны, они напоминают змей.

Основным признаком **змеи** является длинное, лишённое конечностей тело. Это ползающие животные. Все змеи — хищники, они заглатывают добычу целиком или душат, сжимая в кольцах своего тела. Ядовитые железы (видоизменённые слюнные) открываются протоком в основании ядовитого зуба. К змеям относятся: гадюка, гюрза, кобра, питон, удав, а также ужи — неядовитые представители этой группы.

Из всех пресмыкающихся **крокодилы** ближе всего стоят к млекопитающим. Их сердце можно назвать четырехкамерным, имеется костное нёбо, воздух поступает через ноздри в заднюю часть рта. По структуре ротовой полости и расположению языка они ближе к млекопитающим, чем к остальным рептилиями. Это довольно крупные хвостатые животные, обитающие в воде, по берегам рек. На суше они передвигаются медленно, но зато прекрасно плавают. Самки откладывают покрытые известковой скорлупой яйца на суше в небольшие ямки. Для них характерна забота о потомстве: самка охраняет кладку и заботится о детенышах.

Пресмыкающиеся обитают в основном в теплом климате: тропиках, субтропиках, во влажных и сухих местах: пустынях, болотах, лесах. Питание их также разнообразно: растения, насекомые, черви, моллюски, а крупные особи поедают птиц и млекопитающих. Все пресмыкающиеся заглатывают пищу целиком. Многие виды, питаясь вредителями сельского хозяйства (насекомыми, грызунами), приносят большую пользу человеку. Яд змей используется для приготовления многих лекарственных препаратов. Из кожи змей и крокодилов изготавливают обувь, дамские сумочки, что приводило раньше к массовому истреблению животных. В настоящее время многие виды находятся под охраной, их выращивают на фермах и в питомниках.

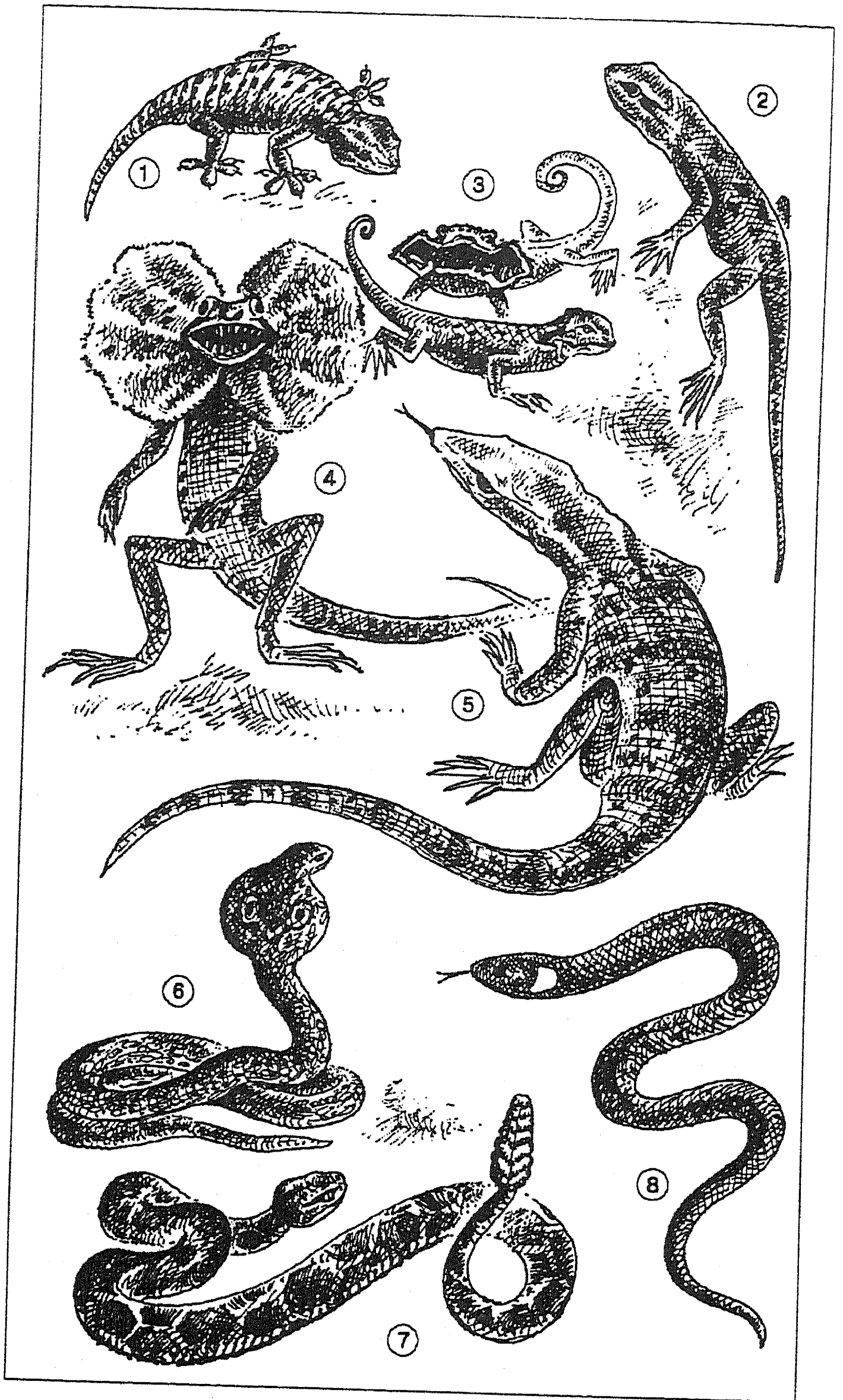


Рис. 84. Пресмыкающиеся: 1 — степной геккон, 2 — агама, 3 — ушастая круглоголовка, 4 — плащеносная ящерица, 5 — серый варан, 6 — очковая змея, 7 — гремучая змея, 8 — уж

§ 62. ПТИЦЫ

Птицы — это высшие позвоночные животные, приспособившиеся к полету. Распространены они по всему земному шару и насчитывают до 9000 видов. Тело птиц покрыто перьями, передние конечности превращены в крылья.

В связи с тем что они проводят значительную часть жизни в воздухе, у птиц появились некоторые особенности. Их полые кости заполнены воздухом, что позволяет облегчить вес тела. У летающих видов хорошо развита грудина — киль, к которому прикрепляются мощные мышцы. Это теплокровные животные с интенсивным обменом веществ. Температура тела доходит до 42 °С. Дыхательная система кроме хорошо развитых ячеистых легких представлена еще воздушными мешками, позволяющими вентилировать легкие на вдохе и выдохе (двойное дыхание) (рис. 81). При вдохе воздух поступает в легкие и легочные мешки. При выдохе крылья опускаются, сдавливая мешки, и воздух вторично проходит через легкие. Это способствует лучшему усвоению кислорода и высокому обмену веществ. Сердце у птиц четырехкамерное. Артериальная и венозная кровь полностью разделены. Пищеварительная, выделительная и половая системы у птиц и рептилий сходны. Однако в отличие от последних у птиц отсутствуют зубы, мочевой пузырь, а у самок — второй яичник и яйцевод, что связано с приспособлением к полету.

Пища птицами заглатывается целиком и поступает по длинному пищеводу в зоб, где предварительно подвергается воздействию пищеварительных соков. Желудок состоит из двух отделов: железистого и мускулистого. За счет большого количества мелких камней, заглоченных с пищей, в мускулистом отделе идет перетирание пищи. Нервная система птиц развита значительно лучше, чем у рептилий, особенно передний мозг и мозжечок. Поэтому поведение птиц сложнее, у них вырабатывается много условных рефлексов.

Оплодотворение у птиц внутреннее. Самка откладывает яйца в построенные гнезда. Для них характерны насиживание яиц и забота о потомстве.

Птицы делятся на **выводковых** и **гнездовых** (птенцовых). У **выводковых** птиц птенцы вылупляются более приспособленными к жизни: они зрячие, покрыты пухом, способны передвигаться и питаться самостоятельно. Это куры, утки, гуси, тетерева. Гнезда они, как правило, строят на земле.



Рис. 85. Птицы бескилевые: 1 — киви, 2 — африканский страус, 3 — казуар, 4 — пингвин; килегрудые: 5 — зяблик, 6 — сокол, 7 — тетерев, 8 — дятел, 9 — аист, 10 — сова, 11 — дрофа

У **гнездовых** птиц птенцы вылупляются беспомощными и слепыми, их тело не опушено, они выкармливаются родителями. Это вороны, голуби, скворцы, дятлы, орлы, ястребы и многие другие. Гнездятся они высоко на деревьях, в дуплах, в норках по берегам рек (ласточки), на скалах, в труднодоступных местах.

По способу питания птиц делят на *растительных* (щеглы, чижи, клесты, дрозды), *насекомоядных* (дятлы, поползни, синицы), *хищных* (соколы, ястребы, орлы, совы). Кроме того, многие водные птицы питаются рыбой (утки, пингвины, цапли, пеликаны). Есть среди птиц и *падальщики*, которые питаются трупами животных, например грифы.

Всех птиц объединяют в три крупные группы: бескилевые, плавающие — пингвины и килегрудые (рис. 85).

Бескилевые, или бегающие, птицы обитают в Африке, Австралии, Южной Америке. Это наиболее примитивная группа: грудина у них плоская, киль отсутствует, крылья развиты слабо. К ним относятся африканские и американские страусы, эму и казуары, населяющие Австралию. Это довольно крупные птицы, хорошие бегуны, достигающие в высоту 2,5 м. У эму и казуаров крылья еще более недоразвиты, чем у страусов, но имеются хорошо развитые сильные ноги. Наиболее мелкие бескилевые птицы — киви, населяющие леса Новой Зеландии (высота до 55 см). Крылья у них сильно редуцированы, практически исчезли, ноги широко расставлены, поэтому передвигаются они медленно. У бескилевых птиц яйца обычно насиживает самец.

Пингвины — также нелетающие птицы, но у них на груди есть киль. Самый крупный вид — императорский пингвин достигает в высоту 1 м. Все пингвины прекрасные пловцы, крылья их превратились в ласты, под водой они «летят», взмахивая крыльями и руля ногами, как другие птицы в воздухе, а на суше передвигаются неуклюже, переваливаясь. Перья у них плотно прилегают друг к другу, хорошо смазаны жиром копчиковой железы, что предотвращает намокание. Живут пингвины по побережью Антарктиды, питаются рыбой, моллюсками, ракообразными. Гнездятся на земле. Яйца насиживают самцы, зажимая их между лапами и нижней частью живота. Самки в это время кормятся в море. К концу срока развития перед вылупливанием они возвращаются, выхаживают и кормят птенцов.

Килегрудые — наиболее распространенная группа птиц. Они разделяются на 34 отряда. Большинство из них летающие. В зависимости от среды обитания и питания их можно

разделить на следующие экологические группы: лесные, степно-пустынные, болотно-луговые, водные, садово-парковые, хищные.

Лесные птицы гнездятся и питаются в лесу, как на деревьях, так и в нижнем ярусе, на земле. Это дятлы, щеглы, чижи, зяблики, вьюрки, райские птицы, обитающие в Австралии. А также тетерева, глухари, куропатки, фазаны, обитающие на лесных полянах, опушках.

К *болотно-луговым* птицам относятся журавли, аисты, кулики, коростели, цапли. У птиц этой группы длинные ноги, питаются они мелкими животными. К птицам открытых пространств относятся жаворонки, высоко парящие в небе. Но гнездятся и питаются насекомыми на земле.

Степно-пустынные птицы обычно хорошие бегуны. Наряду со страусами это дрофы, бегунки.

В группу *водных* объединяют тех птиц, большая часть жизни которых проходит на воде. Это чайки, утки, гуси, пеликаны, лебеди и др. Питаются они в основном рыбой.

Хищные птицы обитают повсюду, делятся на дневных и ночных хищников. Дневные хищники — это ястребы, соколы, орлы, канюки, орланы, кречеты, пустельги, а также грифы. К ночным хищникам относятся совы и филины.

Птицы, имеющие большое хозяйственное значение, — это куры, утки, гуси, индейки. Многие из них служат объектом промысла и охоты. Птицы приносят огромную пользу, уничтожая вредителей насекомых, особенно в период выкармливания птенцов. Многие птицы приручены человеком, украшают его жилище.

§ 63. МЛЕКОПИТАЮЩИЕ, ИЛИ ЗВЕРИ

Млекопитающие — это наиболее высокоорганизованный класс позвоночных животных. Для них характерны высоко развитая нервная система (за счет увеличения объема больших полушарий и образования коры); относительно постоянная температура тела; четырехкамерное сердце; наличие диафрагмы — мышечной перегородки, разделяющей брюшную и грудную полости; развитие детенышей в теле матери и вскармливание молоком (рис. 81). Тело млекопитающих часто покрыто шерстью. Появляются молочные железы как видоизмененные потовые. Своеобразны зубы млекопитающих. Они дифференцированы, их число, форма и функция существенно различаются у разных групп и служат систематическим признаком.

Тело разделяется на голову, шею и туловище. У многих имеется хвост. У зверей наиболее совершенный скелет, основой которого является позвоночный столб. Он подразделяется на 7 шейных, 12 грудных, 6 поясничных, 3—4 крестцовых сросшихся и хвостовых позвонков, число последних различно. У млекопитающих хорошо развиты органы чувств: обоняния, осязания, зрения, слуха. Имеется ушная раковина. Глаза защищены двумя веками с ресницами.

За исключением яйцекладущих все млекопитающие вынашивают детенышей в *матке* — специальном мышечном органе. Детеныши рождаются живыми и вскармливаются молоком. Потомство млекопитающих в большей степени нуждается в дальнейшей заботе, чем у остальных животных.

Все перечисленные признаки позволили млекопитающим завоевать господствующее положение в животном мире. Они встречаются по всему земному шару от Арктики до Антарктиды, обитают во всех средах: на суше, в почве, в воде, в воздухе, на деревьях, во всех природных зонах.

Внешний облик млекопитающих очень разнообразен и определяется средой обитания: водные животные имеют обтекаемую форму тела, ласты или плавники. Обитатели суши имеют хорошо развитые конечности, плотное тело. У обитателей воздушной среды передняя пара конечностей преобразована в крылья. Высокоразвитая нервная система позволяет млекопитающим лучше приспособиться к условиям окружающей среды, способствует развитию многочисленных условных рефлексов.

Класс млекопитающих делится на три подкласса: яйцекладущие, сумчатые и плацентарные.

Яйцекладущие, или **первозвери**, являются наиболее примитивными млекопитающими. В отличие от других представителей этого класса они откладывают яйца, но детенышей вскармливают молоком (рис. 86). У них сохранилась *клоака* — часть кишечника, куда открываются три системы — пищеварительная, выделительная и половая. Поэтому их также называют однопроходными. У остальных зверей эти системы разделены. Яйцекладущие встречаются только в Австралии. К ним относятся всего четыре вида: ехидны (три вида) и утконос.

Сумчатые млекопитающие более высокоорганизованные, но и для них характерны примитивные признаки (см. рис. 86). Они рожают живых, но недоразвитых детенышей, практически эмбрионов. Эти крохотные детеныши заползают в сумку на брюхе матери, где, питаясь ее молоком, завершают свое развитие.

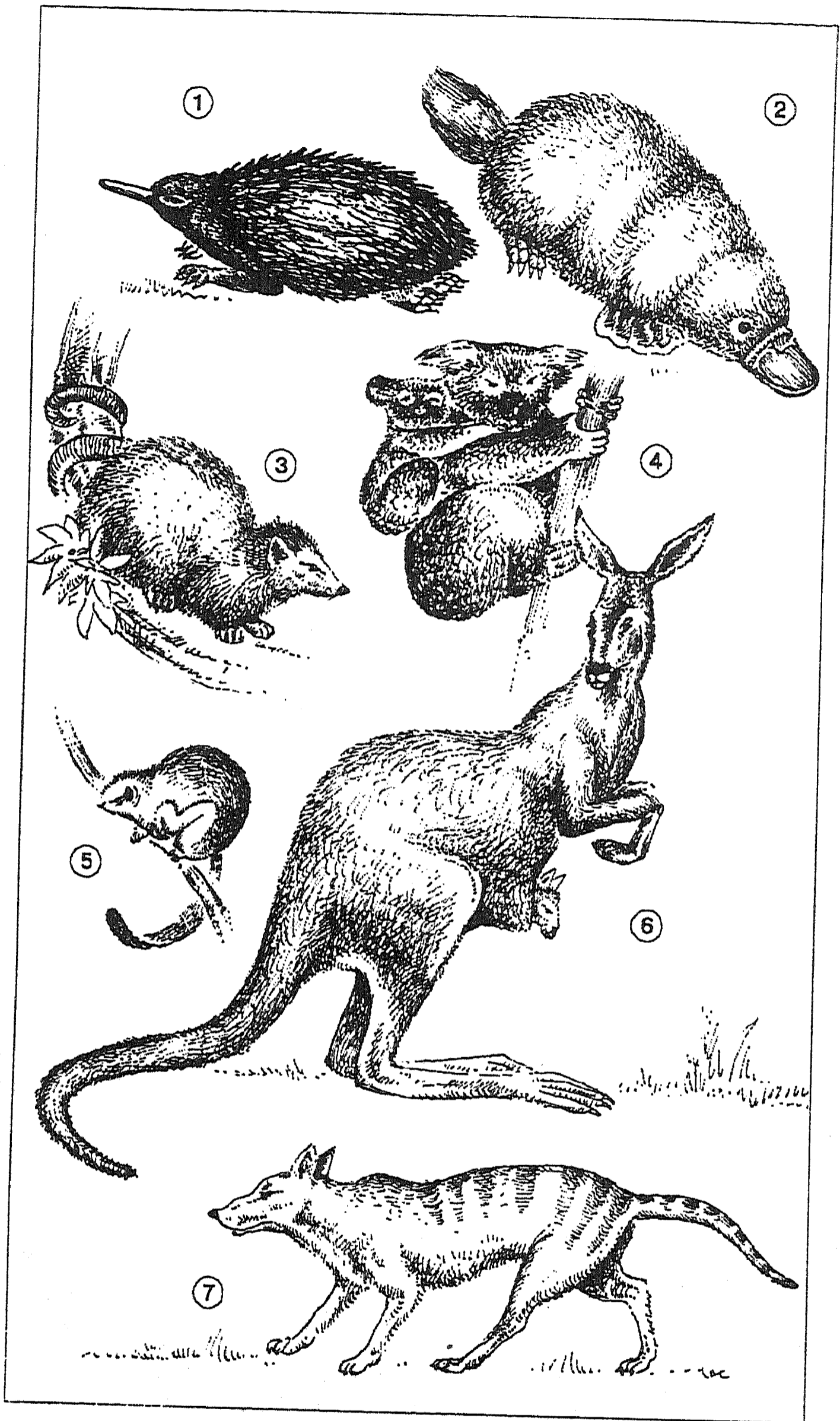


Рис. 86. Млекопитающие. Яйцекладущие: 1 — ехидна, 2 — утконос; сумчатые: 3 — опосум, 4 — коала, 5 — карликовая сумчатая белка, 6 — кенгуру, 7 — сумчатый волк

В Австралии обитают кенгуру, сумчатые мыши, белки, муравьеды (намбаты), сумчатые медведи (коала), барсуки (вомбаты). Наиболее примитивные сумчатые обитают в Центральной и Южной Америке. Это опоссум, сумчатый волк.

Плацентарные звери имеют хорошо развитую *плаценту* — орган, прикрепляющийся к стенке матки и выполняющий функцию обмена питательными веществами и кислородом между организмом матери и эмбрионом.

Плацентарные млекопитающие делятся на 16 отрядов. К ним относятся Насекомоядные, Рукокрылые, Грызуны, Зайцеобразные, Хищные, Ластоногие, Китообразные, Копытные, Хоботные, Приматы.

Насекомоядные млекопитающие, в число которых входят кроты, землеройки, ежи и др., считаются наиболее примитивными среди плацентарных (рис. 87). Это достаточно мелкие животные. Количество зубов у них от 26 до 44, зубы недифференцированы.

Рукокрылые — единственные летающие животные среди зверей. Это в основном сумеречные и ночные животные, питающиеся насекомыми. К ним относятся крыланы, летучие мыши, вечерницы, вампиры. Вампиры — это кровососы, они питаются кровью других животных. Летучие мыши обладают эхолокацией. Хотя зрение у них плохое, за счет хорошо развитого слуха они улавливают эхо от собственного писка, отражающееся от предметов на их пути.

Грызуны — наиболее многочисленный отряд среди млекопитающих (около 40 % всех видов зверей). Это крысы, мыши, белки, суслики, сурки, бобры, хомяки, и многие другие (см. рис. 87). Характерной особенностью грызунов являются хорошо развитые резцы. Они не имеют корней, растут всю жизнь, стачиваются, клыки отсутствуют. Все грызуны растительноядные.

Близок к грызунам отряд *зайцеобразных* (см. рис. 86). Они имеют сходное строение зубов, также питаются растительной пищей. К ним относятся зайцы и кролики. Они имеют промысловое значение.

К отряду *хищных* принадлежит более 240 видов животных (рис. 88). Резцы у них развиты слабо, зато имеются мощные клыки и хищные зубы, служащие для раздиранья мяса животных. Хищники питаются животной и смешанной пищей. Отряд делится на несколько семейств: собачьи (собака, волк, лисица), медвежьи (белый медведь, бурый медведь), кошачьи (кошка, тигр, рысь, лев, гепард, пантера), куны (куница, норка, соболь, хорек) и др. Для некоторых хищников характерна зимняя

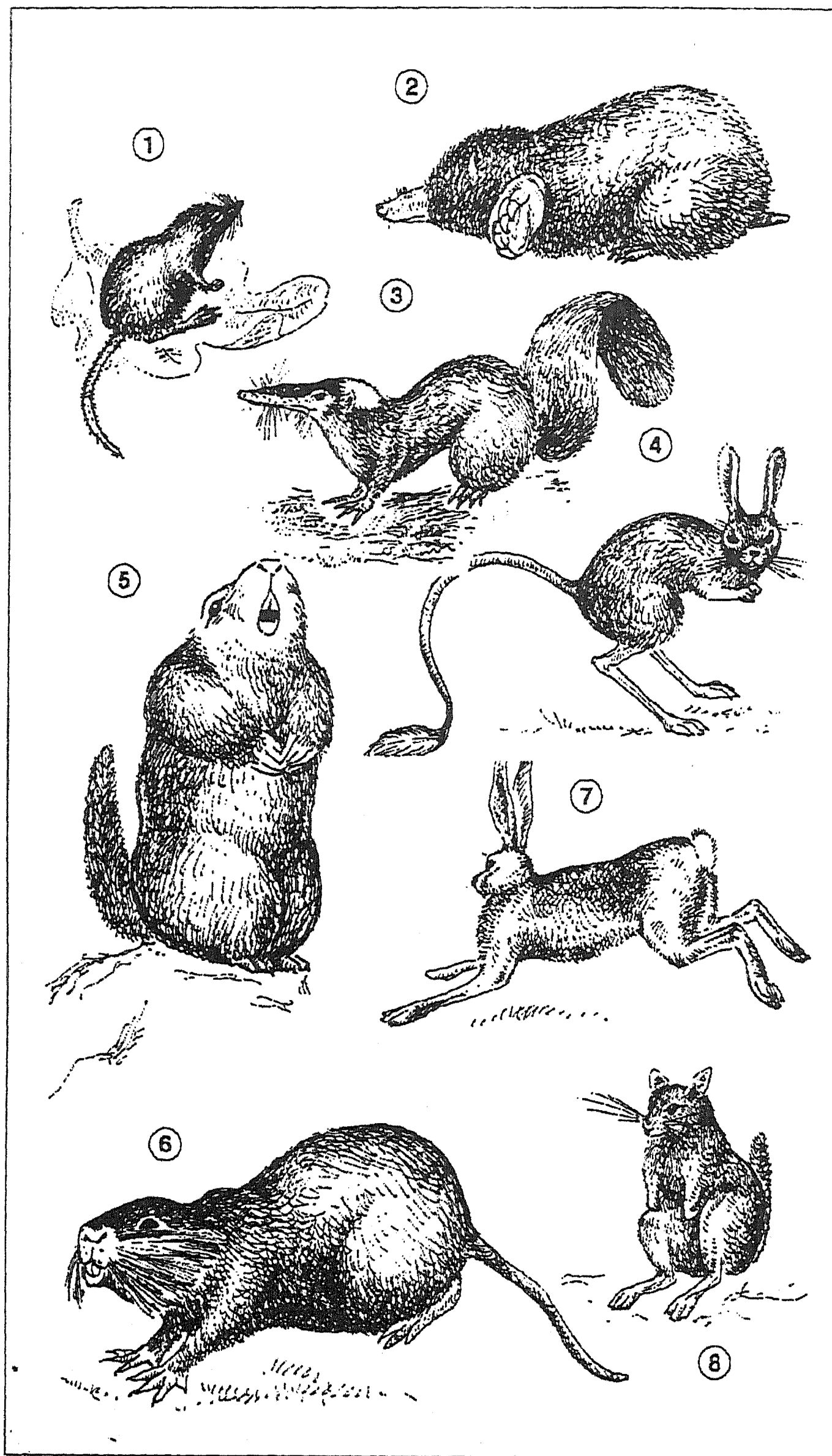


Рис. 87. Млекопитающие. Насекомоядные: 1 — землеройка, 2 — крот, 3 — тупайя; грызуны: 4 — тушканчик, 5 — сурок, 6 — нутрия; зайцеобразные: 7 — заяц-русак, 8 — шиншилла

спячка (медведи). При этом процесс обмена веществ замедляется, снижаются частота сердечных сокращений и потребность в пище. Высоко ценится мех почти всех хищных. Поэтому некоторых из них разводят в специальных питомниках или на фермах (норка, соболь, куница, горностай, хорек).

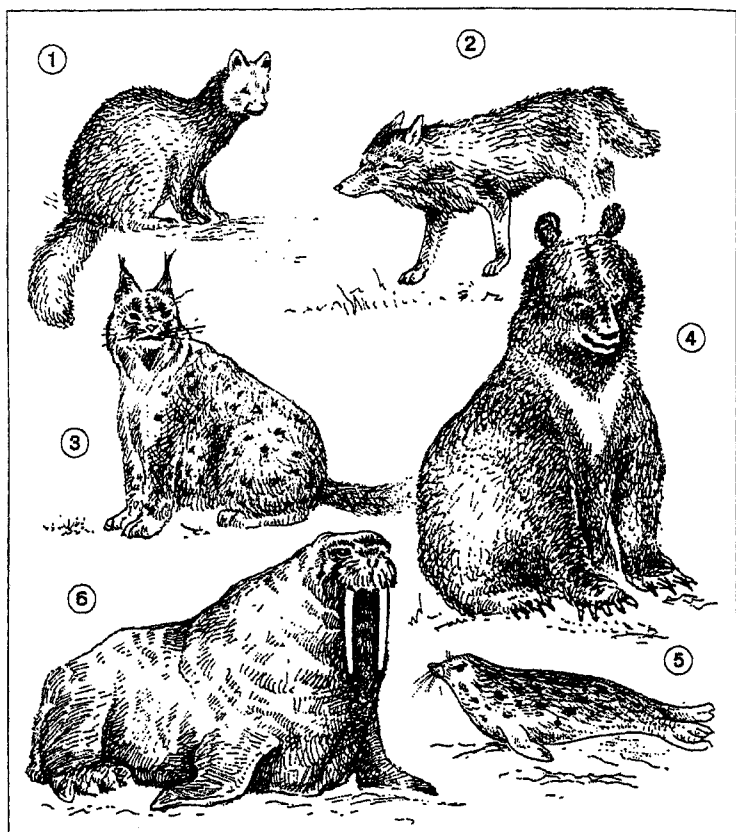
Ластоногие также являются хищными животными. Они приспособились к жизни в воде и имеют специфические особенности: тело обтекаемой формы, конечности превращены в лапы. Зубы слабо развиты, за исключением клыков, поэтому пищу они только схватывают и, не пережевывая, заглатывают. Они прекрасные пловцы и ныряльщики. Питаются в основном рыбой. Размножаются на суше, по берегам морей или на льдинах. К этому отряду относятся тюлени, моржи, морские котики, морские львы и др. (см. рис. 88).

К отряду *китообразных* также относятся обитатели вод, но в отличие от ластоногих они никогда не выходят на сушу и детенышей рожают в воде. Конечности их превратились в плавники, а по форме тела они напоминают рыб. Эти звери вторично освоили воду, и в связи с этим у них появились многие особенности, характерные для водных обитателей. Однако основные черты класса у них сохранились. Дышат они атмосферным кислородом через легкие. К китообразным относятся киты и дельфины. Голубой кит — самое крупное из всех современных животных (длина 30 м, масса до 150 т).

Копытные подразделяются на два отряда. К *непарнокопытным* относятся лошади, тапиры, носороги, зебры, ослы. Их копыта представляют собой видоизмененные средние пальцы, остальные пальцы редуцированы в разной степени у различных видов. У копытных хорошо развиты коренные зубы, так как они питаются растительной пищей, пережевывая и перетирая ее.

У *парнокопытных* хорошо развиты третий и четвертый пальцы, превращенные в копыта, на которые приходится вся масса тела. Это жирафы, олени, коровы, козы, овцы. Многие из них являются жвачными и имеют сложноустроенный желудок.

К отряду *хоботных* принадлежат самые крупные из наземных животных — слоны. Обитают они только в Африке и Азии. Хобот представляет собой удлинённый нос, сросшийся с верхней губой. У слонов нет клыков, зато мощные резцы превратились в бивни. Кроме того, у них хорошо развиты коренные зубы, перетирающие растительную пищу. Эти зубы меняются у слонов 6 раз в течение жизни.



Слоны весьма прожорливы. Один слон может съесть до 200 кг сена.

Приматы объединяют до 190 видов (см. рис. 88). Для всех представителей характерны пятипалая конечность, кисти хватательного типа, ногти вместо когтей. Глаза направлены вперед (у приматов развито бинокулярное зрение). Это обитатели тропических и субтропических лесов, ведущие как древесный, так и наземный образ жизни. Питаются они растительной и животной пищей. Зубной аппарат более полный и дифференцирован на резцы, клыки, коренные зубы.

Различают две группы: полуобезьян и обезьян. К полуобезьянам относятся лемуры, лори, долгопяты. Обезьяны подразделяются на широконосых (игрунки, ревуны, коата)

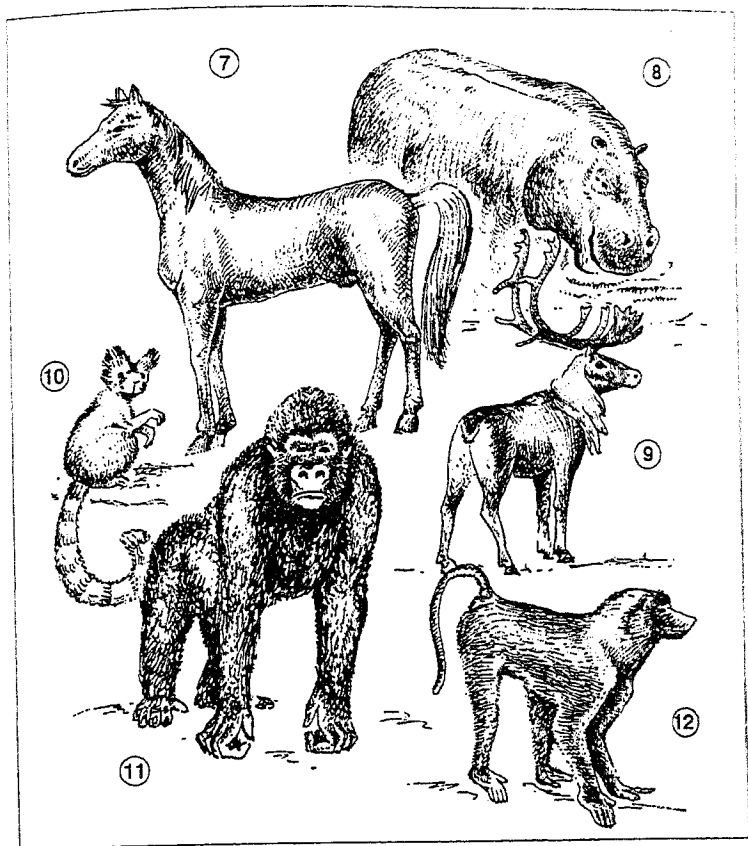


Рис. 88. Млекопитающие. Хищные: 1 — соболь, 2 — шакал, 3 — рысь, 4 — черный медведь; ластоногие: 5 — гренландский тюлень, 6 — морж; копытные: 7 — лошадь, 8 — бегемот, 9 — северный олень; приматы: 10 — игрунка, 11 — горилла, 12 — бабуин

и узконосых (макаки, мартышки, павианы, гамадрилы). В группу высших узконосых человекообразных обезьян входят гibbon, шимпанзе, горилла, орангутан. К приматам принадлежит и человек.

IX. ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

§ 64. ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Экология — это область биологии, изучающая взаимодействие организмов между собой и с окружающей средой.

Понятие «экология» произошло от древнегреческих слов «*oikos*» — жилище, семья, домашнее хозяйство и «*logos*» — наука, учение. В дословном переводе оно означает «наука о доме». Термин «экология» был впервые введен немецким ученым Э. Геккелем в 1866 г. В настоящее время экология рассматривает также и вопросы рационального природопользования, загрязнения окружающей среды, сохранения ресурсов биосферы. Современная экология изучает проявления жизни на уровне отдельных особей, популяций и сообществ. Она исследует факторы неживой природы, воздействующие на организмы, а также влияние живых организмов на природу в целом.

В процессе эволюции живые организмы расселились по всему земному шару и освоили самые различные среды жизни. В результате взаимодействия живых организмов и среды обитания сформировался разнообразный органический мир Земли. Жизнедеятельность организмов, в свою очередь, оказала влияние на неживую природу, которая развивалась и изменялась вместе с живой. В результате сложных взаимоотношений живой и неживой природы сформировались различные сообщества, *экосистемы*, которые составляют современную биосферу.

Экология как наука изучает закономерности развития экосистем, взаимоотношения организмов в них, эволюцию сообществ и биосферы. Она является основой охраны природы, прогнозирования и управления экосистемами в условиях научно-технического прогресса.

На живые организмы прямо или косвенно влияют различные компоненты окружающей среды, называемые *экологическими факторами*. Условно их можно разделить на две группы: абиотические и биотические факторы.

Абиотические факторы — это воздействующие на организм компоненты неживой природы: климат, почва, рельеф и т. п. Наиболее важным из абиотических факторов является климат. Климат определяет тип растительности в данной местности, которая, в свою очередь, определяет животный мир и облик сообщества.

Биотические факторы — это совокупность взаимодействия живых организмов и влияние друг на друга. Особое место среди них занимает *антропогенный* фактор как совокупность воздействия на живые организмы и природу в целом человека и его хозяйственной деятельности.

§ 65. ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОРГАНИЗМЫ НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Свет. Солнечная энергия — практически единственный источник света и тепла на нашей планете. Количество солнечного света закономерно изменяется в течение года и суток. Его биологическое действие обусловлено интенсивностью, спектральным составом, сезонной и суточной периодичностью. В связи с этим у живых организмов приспособления также носят сезонный и зональный характер.

Ультрафиолетовые лучи губительны для всего живого. Основная часть этого излучения задерживается озоновым экраном атмосферы. Поэтому живые организмы распространены до озонового слоя. Но небольшое количество ультрафиолетовых лучей полезно животным и человеку, так как они способствуют выработке витамина D.

Свет *видимого спектра* необходим для растений и животных. Зеленые растения на свету, в основном в красном спектре, фотосинтезируют органические вещества. Многие одноклеточные организмы реагируют на свет. Высокоорганизованные животные имеют светочувствительные клетки или специальные органы — глаза. Они способны воспринимать предметы, находить пищу, вести активный образ жизни днем.

Глаз человека и большинства животных не воспринимает *инфракрасные лучи*, являющиеся источником тепловой энергии. Особенно важны эти лучи для холоднокровных животных (насекомых, пресмыкающихся), которые используют их для повышения температуры тела.

Световой режим меняется в зависимости от географической широты, рельефа, времени года и суток. В связи с вра-

щением Земли световой режим имеет отчетливую суточную и сезонную периодичность.

Реакция организма на суточную смену режима освещения (день и ночь) называется *фотопериодизмом*. В связи с фотопериодизмом в организме изменяются процессы обмена веществ, роста и развития. Фотопериодичность — это один из главных факторов, влияющих на биологические часы организма, определяющие его физиологические ритмы в соответствии с изменениями в окружающей среде.

У растений суточный фотопериодизм влияет на процессы фотосинтеза, бутонизации, цветения, листопада. Некоторые растения раскрывают свои цветки ночью, их опыляют насекомые-опылители, активные в это время суток.

У животных также существуют приспособления к дневному и ночному образу жизни. Так, например, большинство копытных, медведи, волки, орлы, жаворонки активны днем, тогда как тигры, мыши, суслики, ежи, совы наибольшую активность проявляют ночью. Продолжительность светового дня влияет на наступление брачного периода, миграций и перелетов (у птиц), спячки и т. д.

Большое значение имеет и *степень освещенности*. В зависимости от способности расти в условиях затенения или освещения различают теневыносливые и светолюбивые растения. Степные и луговые травы, большинство древесных растений (береза, дуб, сосна) относятся к светолюбивым. Теневыносливые растения часто обитают в лесу, в его нижнем ярусе. Это кислица, мхи, папоротники, ландыши и др. Из древесных растений — это ель, поэтому ее крона наиболее пышная в нижней части. Еловые леса всегда более мрачные и темные, чем сосновые и широколиственные. Способность к существованию в различном световом режиме определяет *ярусность* растительных сообществ.

Степень освещенности в разное время года зависит от географической широты. Продолжительность дня на экваторе всегда одинакова и составляет 12 часов. По мере приближения к полюсам продолжительность дня увеличивается летом и уменьшается зимой. И только в дни весеннего (23 марта) и осеннего (23 сентября) равноденствия продолжительность дня везде равна 12 часам. Зимой за северным полярным кругом господствует полярная ночь, когда солнце не поднимается над горизонтом, а летом — полярный день, когда оно не заходит круглые сутки. В южном полушарии — наоборот. В связи с сезонными изменениями освещенности меняется и активность живых организмов.

Сезонные ритмы — это реакция организма на изменение времени года. Так, при наступлении осеннего короткого дня растения сбрасывают листву и готовятся к зимнему покою.

Зимний покой — это приспособительное свойство многолетних растений: прекращение роста, отмирание надземных побегов (у трав) или листопад (у деревьев и кустарников), замедление или остановка многих процессов жизнедеятельности.

У животных зимой также наблюдается существенное снижение активности. Сигналом к массовому отлету птиц служит изменение длины светового дня. Многие животные впадают в *зимнюю спячку* — приспособление для перенесения неблагоприятного зимнего времени года.

В связи с постоянными суточными и сезонными изменениями в природе у живых организмов вырабатывались определенные механизмы приспособительного характера.

Тепло. Все процессы жизнедеятельности протекают при определенной температуре в основном от 10 до +40 °С. Лишь немногие организмы приспособлены к жизни при более высоких температурах. Например, некоторые моллюски живут в термальных источниках при температуре до +53°, сине-зеленые (цианобактерии) и бактерии могут обитать при +70° — +85 °С. Оптимальная температура для жизни большинства организмов колеблется в узких пределах от 10 до +30 °С. Однако диапазон колебания температур на суше значительно шире (от -50 до +40 °С), чем в воде (от 0 до +40 °С), поэтому предел устойчивости к температуре у водных организмов уже, чем у наземных.

В зависимости от механизмов поддержания постоянной температуры тела организмы делятся на пойкилотермных и гомойотермных.

Пойкилотермные, или холоднокровные, организмы имеют непостоянную температуру тела. Повышение температуры окружающей среды вызывает у них сильное ускорение всех физиологических процессов, изменяет активность поведения. Так, ящерицы предпочитают температурную зону около +37 °С. С повышением температуры ускоряется развитие некоторых животных. Так, например, при +26 °С у гусеницы бабочки-капустницы период от выхода из яйца до окукливания продолжается 10—11 дней, а при +10 °С он увеличивается до 100 дней, т. е. в 10 раз.

Для многих холоднокровных животных характерен *анабиоз* — временное состояние организма, при котором жизненные процессы существенно замедляются, а видимые при-

знаки жизни отсутствуют. Анабиоз может наступать у животных как при понижении температуры среды, так и при ее повышении. Например, у змей, ящериц при повышении температуры воздуха выше $+45^{\circ}\text{C}$ наступает оцепенение, у земноводных при понижении температуры воды ниже $+4^{\circ}\text{C}$ жизненная активность практически отсутствует.

У насекомых (шмелей, саранчи, бабочек) во время полета температура тела достигает $+35$ — $+40^{\circ}\text{C}$, но с прекращением полета быстро снижается до температуры воздуха.

Гомойотермные, или теплокровные, животные с постоянной температурой тела обладают более совершенной терморегуляцией и в меньшей степени зависят от температуры среды. Способность поддерживать постоянную температуру тела — это важная особенность таких животных, как птицы и млекопитающие. У большинства птиц температура тела составляет $+41$ — $+43^{\circ}\text{C}$, а у млекопитающих — $+35$ — $+38^{\circ}\text{C}$. Она сохраняется на постоянном уровне вне зависимости от колебаний температуры воздуха. Например, при морозе в -40°C температура тела песца $+38^{\circ}\text{C}$, а белой куропатки — $+43^{\circ}\text{C}$. У более примитивных групп млекопитающих (яйцекладущих, мелких грызунов) терморегуляция несовершенна (рис. 89).

Температурный режим имеет большое значение и для растений. Наиболее интенсивно процесс фотосинтеза идет в диапазоне $+15$ — $+25^{\circ}\text{C}$. При высоких температурах происходит сильное обезвоживание растений и начинается их угнетение. Процессы дыхания и испарения воды (*транспирация*) начинают преобладать над фотосинтезом. При более низких температурах (менее $+10^{\circ}\text{C}$) могут возникать холодовые повреждения клеточных структур, угнетение фотосинтеза.

Основные приспособления растений к холодным местам обитания — это уменьшение размеров и появление специфических форм роста. На Севере, за Полярным кругом, произрастают карликовые березы, ивы, стелющиеся формы можжевельника, рябины. Даже во время долгого полярного лета, когда освещенность очень большая, отсутствие тепла сказывается на процессах фотосинтеза.

У растений существуют специальные механизмы, позволяющие предотвратить замерзание воды в клетках при низких температурах (ниже 0°C). Так, зимой в тканях растений находятся концентрированные растворы сахаров, глицерина и других веществ, препятствующих замерзанию воды.

Температура, как и световой режим, от которого она зависит, также закономерно изменяется в течение суток, года и на разных широтах. На экваторе она относительно посто-

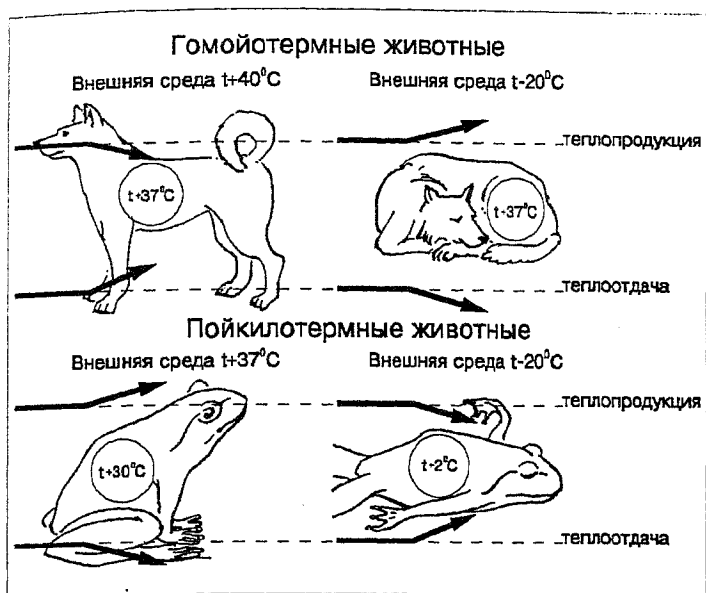


Рис. 89. Зависимость температуры тела различных животных от температуры воздуха

янна (около $+25 - +30^{\circ}\text{C}$). По мере приближения к полюсам амплитуда возрастает, причем летом существенно меньше, чем зимой. Поэтому особенно большое значение приобретает наличие у животных и растений приспособлений к перенесению низких температур.

Вода. Наличие воды — это необходимое условие существования всех организмов на земле. Все живые организмы не менее чем на 30 % состоят из воды. Поддержание водного баланса является основной физиологической функцией организма. Вода по земному шару распределяется неравномерно. Так как большинство наземных растений и животных влаголюбивы, то ее недостаток часто оказывается причиной, ограничивающей распространение организмов.

Наличие воды — это один из основных экологических факторов, лимитирующих рост и развитие растений. В отсутствие воды растение увядает и может погибнуть, поэтому у многих растений существуют специальные приспособления, позволяющие им переносить недостаток влаги.

Так, в пустынях и полупустынях широко распространены *ксерофиты*, растения засушливых мест обитания. Они могут

переносить временное увядание с потерей воды до 50 %. У них хорошо развита корневая система, в десятки раз превышающая по массе надземную часть. Корни могут уходить в глубину на 15—20 м (у черного саксаула — до 30 м), что позволяет им добывать воду на больших глубинах. Экономное расходование воды обеспечивается и развитием особых приспособлений надземных органов. Для уменьшения испарения воды листья у растений степей и пустынь обычно мелкие, узкие, часто они превращены в колючки или чешуйки (кактусы, верблюжья колючка, ковыль). Кутикула листа утолщена, покрыта восковым налетом или густо опушена. Иногда наблюдается полная потеря листьев (саксаулы, джужгун). Фотосинтез у таких растений осуществляется зелеными стеблями. У некоторых обитателей пустынь (агава, молочай, кактус) в тканях сильно утолщенных, мясистых стеблей запасается большое количество влаги.

Мезофиты — это растения, развивающиеся в условиях, когда воды достаточно. К ним относятся листопадные деревья, кустарники, многие травы лесной и лесостепной зон.

Гигрофиты — растения влажных мест обитания имеют крупные сочные листья и стебли и значительно хуже развитую корневую систему. Межклетники в листьях и зеленых стеблях хорошо развиты. К числу таких растений относятся рис, калужница болотная, стрелолист, мхи и др. У водных обитателей — *гидрофитов* часто плохо развита или отсутствует механическая ткань, корневая система (ряска, элодея).

Вода также необходима и животным. Большинство обитателей пустынь верблюды, антилопы, куланы, сайгаки достаточно долго способны обходиться без воды. Большая подвижность и выносливость позволяют им совершать миграции на значительные расстояния в поисках воды. Способы регуляции водного баланса у них более разнообразны. Так, например, жировые отложения у верблюда (в горбах), грызунов (под кожей), насекомых (жировая ткань) служат источником метаболической воды, которая освобождается в результате окисления жира. Большинство обитателей засушливых мест ведет ночной образ жизни, тем самым избегая перегрева и избыточного испарения воды.

Для организмов, обитающих в условиях периодической сухости, характерны снижение жизненной активности, состояние физиологического покоя в период отсутствия влаги. В жаркое сухое лето растения могут сбросить листву, иногда полностью отмирают надземные побеги. Особенно это ха-

рактарно для луковичных и корневищных растений (тюльпанов, осок), которые бурно растут и цветут весной, а оставшуюся часть года проводят в виде покоящихся подземных побегов.

Животные с наступлением жаркого и сухого периода могут впадать в летнюю спячку (сурки), меньше двигаться и кормиться. Некоторые виды впадают в состояние анабиоза.

Почва. Почва служит средой обитания для многих микроорганизмов, животных, а также в ней закрепляются корни растений и гифы грибов. Первостепенными факторами для почвенных обитателей являются ее структура, химический состав, влажность, наличие питательных веществ.

§ 66. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ. ОГРАНИЧИВАЮЩИЙ ФАКТОР

Факторы окружающей среды всегда действуют на организмы в комплексе. Причем результат не является суммой воздействия нескольких факторов, а есть сложный процесс их взаимодействия. При этом изменяется жизнеспособность организма, возникают специфические адаптивные свойства, которые позволяют ему выжить в тех или иных условиях, переносить колебания значений различных факторов.

Влияние экологических факторов на организм можно представить в виде схемы (рис. 90). Наиболее благоприятная для организма интенсивность экологического фактора называется *оптимальной* или *оптимумом*. Отклонение от оптимального действия фактора приводит к угнетению жизнедеятельности организма. Граница, за пределами которой невозможно существование организма, называется *пределом выносливости*. Эти границы различны для разных видов и даже для разных особей одного вида. Например, вне пределов выносливости для многих организмов находятся верхние слои атмосферы, термальные источники, ледяная пустыня Антарктиды.

Фактор среды, выходящий за пределы выносливости организма, называется *ограничивающим*. Он имеет верхний и нижний пределы. Так, для рыб ограничивающим фактором является вода. Вне водной среды их жизнь невозможна. Понижение температуры воды ниже 0°C является нижним пределом, а повышением выше $+45^{\circ}\text{C}$ — верхним пределом выносливости.

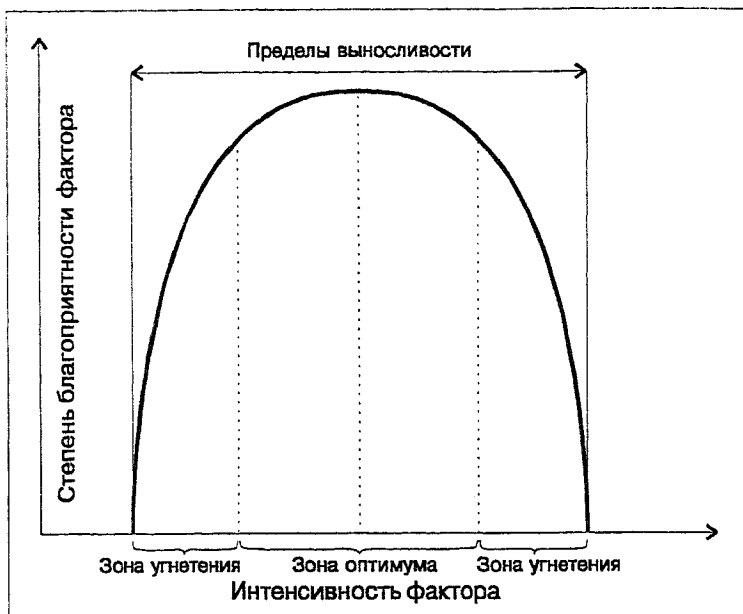


Рис. 90. Схема действия экологического фактора на организм

Таким образом, оптимум отражает особенности условий обитания различных видов. В соответствии с уровнем наиболее благоприятных факторов организмы подразделяются на тепло- и холодолюбивых, влаголюбивых и засухоустойчивых, светолюбивых и теневыносливых, приспособленных к жизни в соленой и пресной воде и т. д. Чем шире предел выносливости, тем пластичнее организм. Причем предел выносливости по отношению к различным экологическим факторам у организмов неодинаков. Например, влаголюбивые растения могут переносить большие перепады температур, тогда как отсутствие влаги для них губительно. Узкоприспособленные виды менее пластичны и имеют небольшой предел выносливости, широко приспособленные виды более пластичны и имеют большой диапазон колебания факторов среды.

Для рыб, обитающих в холодных морях Антарктиды и Северного Ледовитого океана, диапазон переносимых температур составляет $+4 - +8^{\circ}\text{C}$. С повышением температуры (выше $+10^{\circ}\text{C}$) они перестают двигаться и впадают в теплое оцепенение. С другой стороны, рыбы экваториальных и

умеренных широт переносят колебания температуры от +10 до +40 °С. Более широким диапазоном выносливости обладают теплокровные животные. Так, песцы в тундре могут переносить перепады температуры от -50 до +30 °С.

Растения умеренных широт выдерживают колебания температуры в пределах 60—80 °С, тогда как у тропических растений температурный диапазон гораздо уже: 30—40 °С.

Взаимодействие различных экологических факторов заключается в том, что изменение интенсивности одного из них может сузить предел выносливости к другому фактору или, наоборот, увеличить его. Например, оптимальная температура повышает выносливость к недостатку влаги и пищи. Повышенная влажность значительно снижает устойчивость организма к перенесению высоких температур. Интенсивность воздействия факторов среды находится в прямой зависимости от продолжительности этого воздействия. Длительное действие высоких или низких температур губительно для многих растений, тогда как кратковременные перепады растения переносят нормально. Ограничивающим фактором для растений является и состав почвы, наличие в ней азота и других элементов питания. Так, клевер лучше растет на почвах, бедных азотом, а крапива — наоборот. Уменьшение содержания азота в почве приводит к снижению засухоустойчивости злаков. На соленых почвах растения растут хуже, многие виды вообще не приживаются. Таким образом, приспособленность организма к отдельным факторам среды индивидуальна и может иметь как широкий, так и узкий диапазон выносливости. Но если количественное изменение хотя бы одного из факторов выходит за границы предела выносливости, то, несмотря на то что прочие условия благоприятны, организм гибнет.

Совокупность факторов среды (абиотических и биотических), которые необходимы для существования вида, называются *экологической нишей*. Экологическая ниша характеризует образ жизни организма, условия его обитания и питания. В отличие от ниши понятие *местообитание* обозначает территорию, где живет организм, т. е. его «адрес». Например, травоядные обитатели степей корова и кенгуру занимают одну экологическую нишу, но имеют различные места обитания. Наоборот, обитатели леса — белка и лось, относящиеся также к травоядным животным, занимают разные экологические ниши. Экологическая ниша всегда определяет распространение организма и его роль в сообществе.

§ 67. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ПОПУЛЯЦИЙ

В природе организмы одного вида существуют в виде множества популяций. *Популяция* — это совокупность особей одного вида, свободно скрещивающихся между собой, населяющих определенную территорию с относительно однородными условиями обитания. Популяции одного вида представляют собой сравнительно обособленные группы, имеющие определенные границы распространения. Степень изоляции популяций зависит от способности вида к расселению, миграции, географических условий. Один вид речного окуня может обитать в различных пресных водоемах и образовывать разные популяции. Все ели в лесу образуют единую популяцию и изолированы от представителей своего вида в другом лесу. Популяция — это структурная единица вида. В ней происходят основные эволюционные процессы, закрепляются адаптивные признаки, позволяющие организмам приспособиться к конкретным условиям обитания.

В экологии популяцию рассматривают как основной элемент любого сообщества живых организмов и характеризуют такими признаками, как плотность и численность, возрастная и половая структура, рождаемость и смертность, пространственное размещение.

Численность популяции — это общее число особей, обитающих на какой-либо территории или в сообществе. С численностью связана и *плотность* популяции — число особей (или биомасса), приходящихся на единицу площади. Например, 300 кустарников лещины на 1 га леса, 5 млн особей хлореллы в 1 м³ воды. Плотность популяции неустойчива и колеблется в различные годы и сезоны. Она зависит от миграции особей, климатических условий, смертности, наличия ресурсов. В отдельные годы может наблюдаться вспышка численности какой-либо популяции.

Пространственная структура популяции определяется особенностями расселения популяции на территории. Часто отдельные особи образуют скопления, группы, стаи, «семьи». С помощью специальных сигналов они отмечают занимаемый участок, изгоняя вторгшихся конкурентов. У птиц для этого служит пение, у млекопитающих — выделение пахучих веществ или экскрементов. У кочующих животных имеются определенные маршруты миграции.

При резком возрастании численности иногда происходит массовая миграция особей, влекущая за собой изменение

пространственной структуры популяции или вытеснение конкурирующей популяции другого вида.

Рождаемость характеризует способность популяции к воспроизведению, частоту появления новых особей за единицу времени (число детенышей, отложенных яиц, икринок у животных, семян и спор у растений). У микроорганизмов рождаемость зависит от скорости деления клеток. Рождаемость определяется скоростью возрастания численности популяции в реальных условиях.

Смертность характеризуется числом особей, умерших за определенный период, т. е. скоростью уменьшения численности популяции. Гибель особей на разных стадиях развития неодинакова. Смертность рыб на стадии икринок и мальков значительно выше, чем среди взрослых особей. Чем сильнее у животных развит инстинкт заботы о потомстве, тем ниже смертность молоди.

Отсутствие заботы о потомстве может компенсироваться за счет большой плодовитости особей (рыбы, земноводные, некоторые насекомые).

Рождаемость и смертность регулируют численность популяции и ее возрастной состав.

Возрастная структура популяции определяется соотношением особей разного возраста, которое также колеблется. В стабильной популяции рождаемость равна смертности, численность популяции почти не меняется, разновозрастные группы находятся примерно в одинаковом соотношении. В растущих популяциях рождаемость превышает смертность, и численность увеличивается.

Половая структура определяется соотношением полов, количеством самцов и самок в популяции. Популяции разных видов неоднородны по своему половому составу. Например, у морских котиков, тюленей в гареме каждого самца находится большое количество самок. У животных, образующих пары, соотношение полов приблизительно равное.

Динамика популяции. Гомеостаз. Численность популяций зависит от многих факторов. Благоприятные климатические условия, наличие достаточного количества пищи, ослабление хищничества приводят к росту плодовитости и рождаемости, увеличению численности. И наоборот, нехватка корма, увеличение конкуренции, неблагоприятные условия уменьшают численность. Изменение численности организмов во времени называют *динамикой популяции*. Периодические колебания связаны с регулярными изменениями факторов среды, сезонными ритмами. В отдельные годы могут про-

исходить вспышки численности, при этом величина популяции увеличивается в 20—40 раз без определенной периодичности. Так возникают популяционные волны (рис. 91).

Важной особенностью популяции является способность к естественному регулированию плотности. Это обеспечивается особыми механизмами, поддерживающими численность популяций на определенном уровне. Способность популяции к саморегулированию для поддержания численности на определенном уровне называется *гомеостазом популяции*. Обычно популяция находится в состоянии динамического равновесия, которое достигается за счет чередования положительных и отрицательных обратных связей. При возрастании численности уменьшаются запасы пищи, организмы находятся в неблагоприятных условиях, что приводит к их массовой гибели и падению плодовитости, т. е. к сокращению популяции. Рост ее численности прекращается, пищевые ресурсы восстанавливаются, что влечет за собой повторный рост популяции. Кроме того, при повышении плотности возрастает вероятность распространения инфекционных заболеваний, приводящих к гибели части особей. При высокой плотности

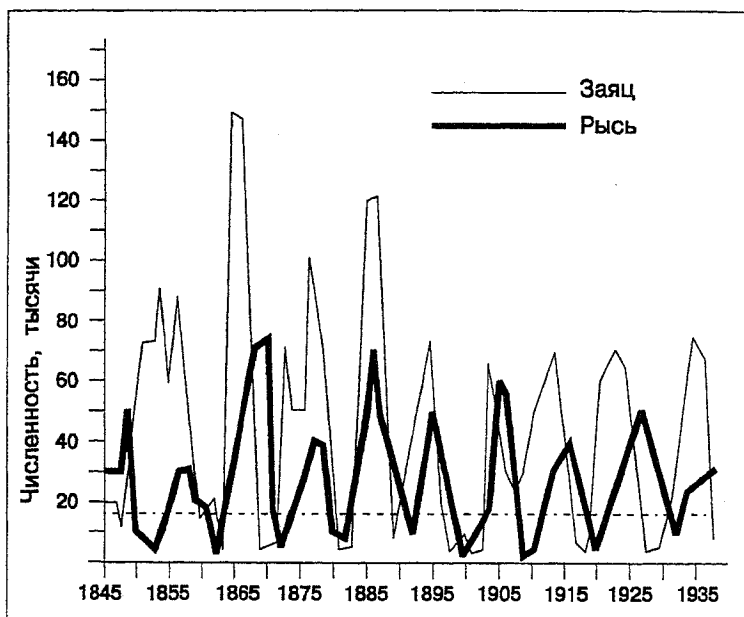


Рис. 91. Колебания численности рыси и зайца-беляка

растений они испытывают давление со стороны соседей (нехватка воды, света). В результате происходит гибель части организмов, т. е. процесс «самоизреживания».

Важную роль в регуляции численности популяций играют не только абиотические факторы среды, но и взаимоотношения между живыми организмами в сообществе, т. е. биотические факторы.

Один из самых мощных факторов антропогенный, человек может искусственно регулировать численность популяций, уменьшая или увеличивая ее.

§ 68. ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ. БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ

Биотические факторы проявляются во взаимоотношениях организмов при совместном обитании и имеют самый разнообразный характер. В природе между организмами существуют различные типы взаимодействий (рис.92).

Нейтральные, или независимые, отношения нередко устанавливаются между совместно обитающими на одной территории разными видами. При этом организмы не влияют друг на друга, непосредственно не связаны, хотя и имеют общие потребности в пище, так как занимают различные экологические ниши и не вступают во взаимоотношения друг с другом. Например, белки и лоси, которые обитают в разных экологических нишах в одном лесу, не конкурируют и не мешают друг другу, хотя кормятся растительной пищей. Разные виды антилоп в саваннах Африки питаются растениями из разных ярусов.

Конкуренция — это тип взаимоотношений, возникающий у двух близких видов со сходными потребностями, обитающими на одной территории. Присутствие одного вида или организма уменьшает пищевые ресурсы, сокращает территорию расселения другого. Например, угнетение растений нижнего яруса в лесу, конкуренция различных видов грызунов, обитающих на одном поле, луге, хищников одного леса и т. д. В результате более слабый конкурент погибает или вытесняется более сильным. Конкуренция возникает и внутри одного вида тем более остро, что они одинаково используют одни и те же ресурсы, занимают одну нишу. Это борьба за территорию, ценность которой определяется не столько ее пространством, сколько наличием пищи, мест для построения гнезда или норы, для растений — степенью освещенно-

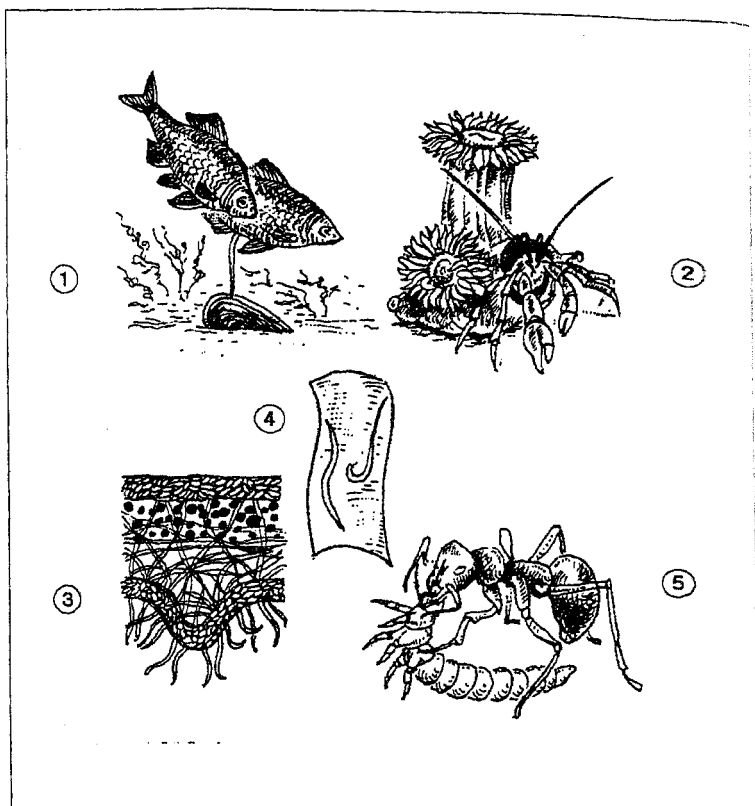


Рис. 92. Основные типы взаимоотношений организмов:
 I — квартиранство, II, III, V — симбиоз, IV — паразитизм

сти и наличием воды. Это борьба за самку, а следовательно, за возможность оставить потомство. У некоторых видов конкуренция привела к адаптациям ее уменьшающим. Например, у некоторых животных (бабочек, рыб, амфибий) личинки и взрослые особи потребляют разную пищу, т. е. занимают разные экологические ниши. Это снижает давление конкуренции и позволяет выжить молоди.

Хищничество. Хищники питаются другими организмами, уничтожая свою жертву. Отношение хищника и жертвы складывалось в процессе эволюции. Хищники выступают как естественные регуляторы численности популяции жертвы. Увеличение численности хищника приводит к уменьшению популяции жертвы. В свою очередь, падение численности

жертвы приводит к сокращению числа хищников, которым не хватает пищи. В результате через некоторое время численность жертвы возрастает. Таким образом, в биоценозе постоянно происходит колебание численности популяции хищника и жертвы. В процессе отбора у жертвы совершенствуются средства защиты, меняется характер поведения. Например, при нападении хищников копытные животные сбиваются вместе в стадо, становясь в круг. Олени выставляют свои рога в качестве средства защиты. Хищнику, как правило, легче овладеть одиноким животным, более ослабленным, больным, отбившимся от стада. В этом случае хищники выполняют роль санитаров. Если поедают друг друга особи одного вида, то такие отношения называются **канибализмом**.

У растений также известно явление хищничества. Например, у росянки листья густо усажены железистыми волосками, выделяющими клейкую слизь. Насекомые, садясь на лист, прилипают к нему. Края листа заворачиваются внутрь, удерживая добычу, которая с помощью слизи, содержащей ферменты, переваривается и усваивается растением.

Паразитизм — это межвидовые отношения, при которых один вид живет за счет другого, используя его не только как источник питания, но и как место обитания. К паразитам принадлежат многие бактерии, грибы, простейшие, черви. В отличие от хищника паразит не убивает свою жертву, а длительное время питается за счет хозяина. Паразитизм может быть временным и постоянным. Иногда в процессе развития паразит меняет своих хозяев. Например, малярийный плазмодий часть жизни проводит в теле комара, другую часть — в крови человека. У паразитов выработались приспособления к паразитизму — упрощение организации, редукция органов. Например, у паразитических червей редуцированы органы пищеварения. У растений-паразитов сокращается количество хлорофиллоносной ткани, исчезают некоторые органы. Так, у повилики нет корней и зеленых листьев, она питается только за счет растения-хозяина. Некоторые организмы используют хозяина для откладки яиц и выкармливания потомства. Например, самка насекомого афелинуса откладывает яйца в тело тли, в котором развивающаяся личинка питается внутренним содержимым, уничтожая хозяина. Гнездовой паразитизм наблюдается у кукушки, подкладывающей свои яйца в гнезда воробьиных птиц, перекладывая на них обязанность вскармливания птенцов. Многие паразиты вызывают тяжелые заболевания человека и животных, отравляя организм продуктами жизнедеятельности или истощая его.

Симбиоз — это совместное существование видов, извлекающих взаимную выгоду от такого сожительства. Примером симбиоза является *микориза* — соединение корней растения и гифов гриба, сожительство азотфиксирующих бактерий и бобовых растений. Бактерии и грибы обеспечивают минеральное питание растений, а последние снабжают их органическими веществами. Примером симбиоза среди животных являются отношения актинии и рака-отшельника. Рак переносит актинию с места на место, что расширяет ее охотничьи угодья. Часть добычи, которую актиния поражает стрекательными клетками, достается раку. Птицы-чистильщики кормятся, выбирая из шерсти копытных животных клещей-паразитов. Примером симбиоза, где присутствие партнеров является обязательным условием для жизни организмов, служат лишайники. Сосуществование гриба и водорослей в процессе эволюции привело к образованию нового организма.

Нахлебничество — это такие взаимоотношения организмов, когда один вид извлекает пользу от присутствия другого, которому такое присутствие безразлично. Например, гиены подбирают остатки добычи, недоеденной крупными хищниками, рыбы-лоцманы следуют за акулами, дельфинами, питаясь остатками пищи, экскрементами последних.

В некоторых случаях тело или постройки одного вида могут служить местом обитания или средством защиты другого. Такое сожительство называется *квартирантством*. Например, в коралловых рифах обитает большое количество морских организмов. В полости тела иглокожего голотурии поселяются мелкие обитатели моря. Растения-эпифиты (мхи, лишайники, некоторые цветковые растения) поселяются на деревьях, используя их только как место прикрепления, а питаются путем фотосинтеза.

Таким образом, в биоценозе между организмами наблюдаются самые разнообразные формы взаимоотношений, построенные на пищевых, пространственных и других типах взаимодействия, благодаря которым регулируется численность популяций и повышается устойчивость сообщества.

§ 69. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

В природе все живые организмы образуют более или менее постоянные сообщества. Состав сообществ обусловлен сочетанием определенных абиотических факторов, а также взаимозависимостью различных организмов, входящих в него,

сходством их потребностей. Связь между ними обеспечивает питание, защиту, размножение всех обитателей сообщества.

Так, растения в процессе фотосинтеза создают питательные вещества, которые используют животные. В свою очередь, насекомые-опылители способствуют размножению растений, а животные, питающиеся плодами, обеспечивают расселение растений. Одни животные питаются растительной пищей, являясь, в свою очередь, пищей для других животных. Таким образом устанавливаются связи в любом сообществе. В результате взаимодействия живых организмов образуется **экологическая система**, составляющая единое целое на основе пищевых связей и способов получения энергии.

Термин «экологическая система, или экосистема» ввел английский геоботаник А.Тенсли в 1953 г. для обозначения «основных природных единиц на поверхности земли». **Экосистема** представляет собой единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания. Все компоненты экосистемы находятся в определенной взаимосвязи, взаимодействуют между собой и влияют друг на друга. Их сосуществование обусловлено абиотическими и биотическими факторами, обменом веществ и энергии. Экосистема достаточно изолирована и имеет определенные границы. Но ее размеры могут быть различными: от капли воды до биосферы Земли. Экосистемой можно считать озеро в целом и только прибрежную его часть, лесной массив и отдельно взятый пень. Кроме природных человек создает искусственные экосистемы: парк, сад, огород, сельскохозяйственные угодья и т. д.

Вне зависимости от величины и степени сложности экосистемы являются открытыми системами и в большей или меньшей степени требуют постоянного притока энергии и различных веществ.

Часто термин «экосистема» заменяют термином «биогеоценоз», введенным крупным ученым-биогеографом В. Н. Сукачевым в 1940 г.

Биогеоценоз — это однородный участок земной поверхности с исторически сложившимся определенным составом живых организмов и компонентами неживой природы (почвой, атмосферой, климатом, солнечной энергией), характеризующийся относительной устойчивостью и саморегуляцией (рис. 93). Биогеоценоз представляет собой как бы элементарную структуру, «клеточку» биосферы. Между отдельными биогеоценозами имеются тесные связи, в результате которых образуется единый биогеоценозический покров Земли.

Каждый биогеоценоз характеризуется определенным почвенным составом (почвогрунтом) и климатом (количеством осадков и величиной солнечной радиации). Сочетание климатических условий и типа почв — *экотон* — и определяет характер сообщества.

Целостная саморегулирующаяся биологическая система, образованная живыми организмами, обитающими на данной территории, называется **биоценозом**. Основу взаимодействия живых организмов в биоценозе составляют пищевые цепи. Они образованы комплексом видов, характерных для данного сообщества и экотопа.

Все биоценозы имеют сходную структуру. Основу их составляют растительные сообщества — **фитоценоз**. В процессе фотосинтеза они производят органические вещества и определяют характер биоценоза. Другую часть биоценоза составляют животные, травоядные и плотоядные — **зооценоз**, а также микроорганизмы, минерализующие органические остатки.

Самые крупные сообщества суши, занимающие большие пространства и характеризующиеся определенным типом растительности и климатом, называются **биомами**. Тип биома определяют по климату. В различных областях земного шара с одинаковым климатом встречаются сходные типы биомов: пустыни, степи, тропические и хвойные леса, тундра и т. д. Биомы имеют ярко выраженную географическую зональность (рис. 45, стр. 142).

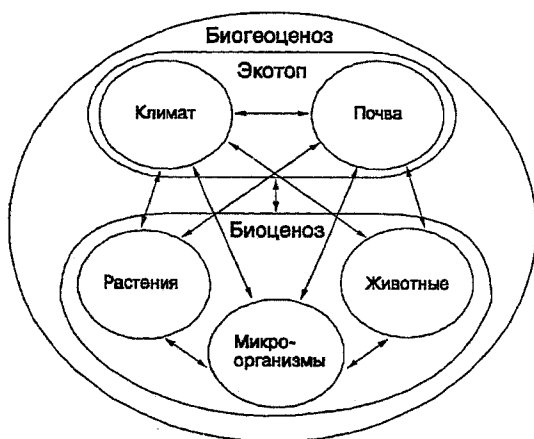


Рис. 93. Структура биогеоценоза

В горах наблюдается вертикальная зональность биоценозов, где растительные зоны изменяются в том же порядке, что и в географической зональности.

§ 70. ПОТОК ЭНЕРГИИ В ЭКОСИСТЕМАХ И ПИЩЕВЫЕ ЦЕПИ

Для существования живых организмов необходимы энергия и питательные вещества. *Автотрофы* трансформируют лучистую энергию Солнца в процессе фотосинтеза, синтезируя из углекислого газа и воды органические вещества.

Гетеротрофы используют эти органические вещества в процессе питания, разлагая их в конечном счете вновь до углекислого газа и воды, а накопленная в них энергия расходуется на различные процессы жизнедеятельности организмов. Таким образом, световая энергия Солнца переходит в химическую энергию органических веществ, а далее в механическую и тепловую.

Все живые организмы в экологической системе по типу питания можно разделить на три функциональные группы — продуценты, консументы, редуценты.

Продуценты — это зеленые растения-автотрофы, производящие органические вещества из неорганических и способные аккумулировать солнечную энергию.

Консументы — это животные-гетеротрофы, потребляющие готовые органические вещества. Консументы I порядка могут использовать органические вещества растений (травоядные животные). Гетеротрофы, использующие животную пищу, подразделяются на консументов II, III и т. д. порядков (плотоядные животные). Все они используют энергию химических связей, запасенную в органических веществах продуцентами.

Редуценты — это гетеротрофные микроорганизмы, грибы, разрушающие и минерализующие органические остатки. Таким образом, редуценты как бы заканчивают круговорот веществ, образуя неорганические вещества для вступления в новый цикл.

Солнце обеспечивает постоянный приток энергии, а живые организмы в конечном счете рассеивают ее в виде тепла. В процессе жизнедеятельности организмов происходит постоянный круговорот энергии и веществ, причем каждый вид использует лишь часть содержащейся в органических веществах энергии. В результате возникают **цепи питания** —

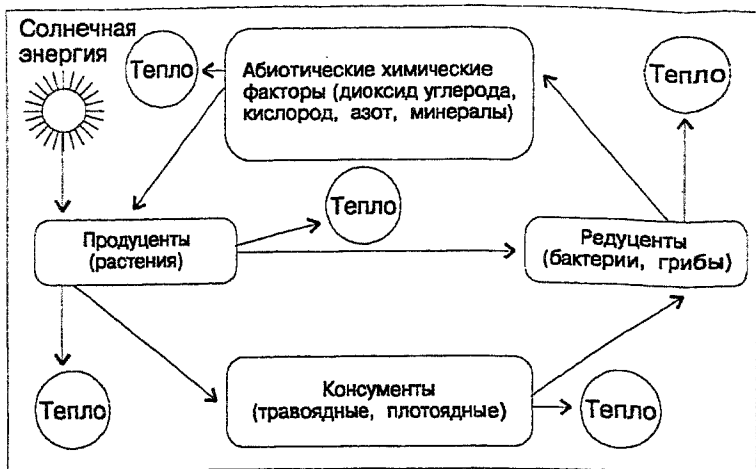


Рис. 94. Общая схема пищевой цепи

трофический цепи, представляющие собой последовательность видов, извлекающих органические вещества и энергию из исходного пищевого вещества, при этом каждое предыдущее звено становится пищей для следующего (рис. 94).

В каждом звене большая часть энергии расходуется в виде тепла, теряется, что ограничивает число звеньев в цепи. Но большинство цепей начинается растением, а заканчивается хищником, причем наиболее крупным. Редуценты разрушают органические вещества на каждом уровне и являются конечным звеном в **пищевой цепи**.

В связи с уменьшением энергии на каждом уровне идет уменьшение и биомассы. Трофическая цепь обычно имеет не более пяти уровней и представляет собой экологическую пирамиду, с широким основанием внизу и сужающуюся кверху (рис. 95).

Правило экологической пирамиды отражает закономерность, согласно которой в любой экосистеме биомасса каждого следующего звена в 10 раз меньше предыдущего.

Различают три типа экологических пирамид:

- пирамиду, отражающую число особей на каждом уровне пищевой цепи, — *пирамида чисел*;
- пирамиду биомассы органического вещества, синтезированного на каждом уровне, — *пирамида массы*;
- *пирамиду энергии*, показывающей величину потока энергии.

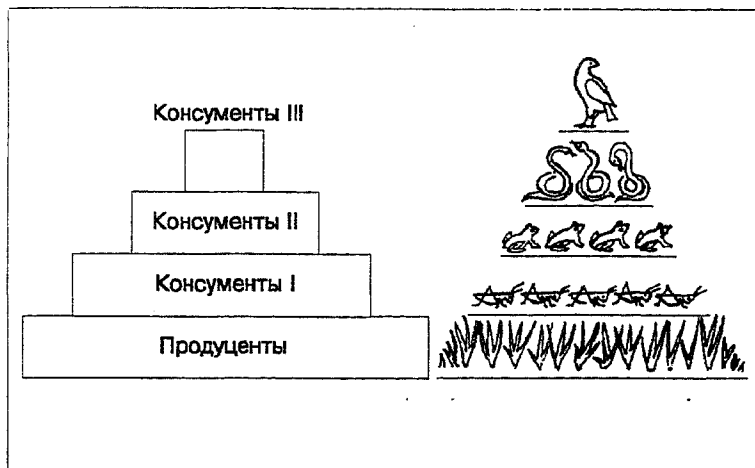


Рис. 95. Упрощенная схема экологической пирамиды (1) и пирамиды чисел (2)

Обычно цепь питания состоит из трех-четырёх звеньев:

растение → заяц → волк
 растение → полевка → лисица → орел
 растение → гусеница → синица → ястреб
 растение → суслик → гадюка → орел.

Однако в реальных условиях в экосистемах различные цепи питания перекрещиваются между собой, образуя разветвленные сети. Почти все животные, за исключением редких специализированных видов, используют разнообразные источники пищи. Поэтому при выпадении одного звена в цепи не происходит нарушения в системе. Чем больше видовое разнообразие и богаче пищевые сети, тем устойчивее биоценоз.

В биоценозах различают два типа трофических сетей: **пастбищную** и **детритную**.

В первом типе пищевой сети поток энергии идет от растений к растительноядным животным, а далее к консументам более высокого порядка. Это **сеть выедания**, или **пастбищная сеть**. Вне зависимости от величины биоценоза и места обитания растительноядные животные (наземные, водные, почвенные) пасутся, выедают зеленые растения и передают энергию на следующие уровни (рис. 96).

Если поток энергии начинается с мертвых растительных и животных остатков, экскрементов и идет к первичным

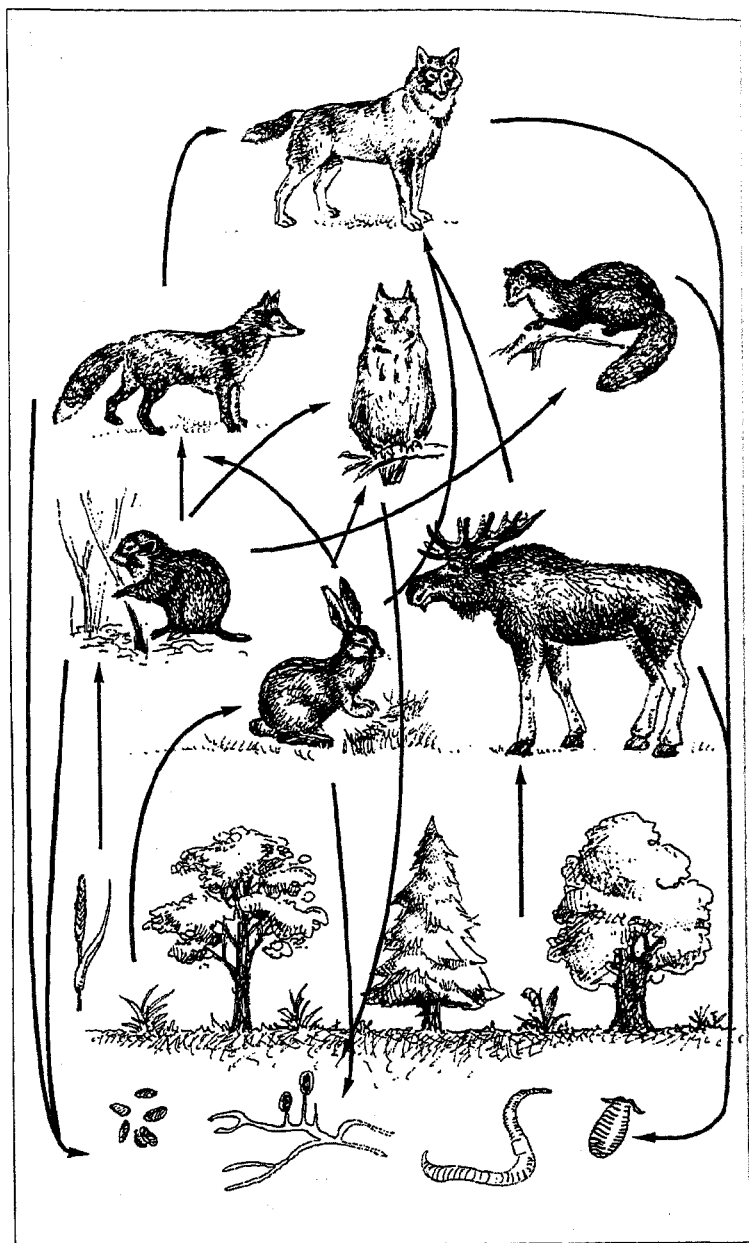


Рис. 96. Пастбищная сеть питания в наземном биоценозе

детритофагам — редуцентам, частично разлагающим органические вещества, то такая трофическая сеть называется **детритной** или **сетью разложения** (рис. 97). К первичным детритофагам относятся микроорганизмы (бактерии, грибы), мелкие животные (черви, личинки насекомых).

В наземных биогеоценозах присутствуют оба типа трофической сети. В водных сообществах преобладает цепь выедания. И в том и в другом случае энергия используется полностью.

Трофические цепи составляют основу взаимосвязей в живой природе, но пищевые связи — это не единственный вид взаимоотношений между организмами. Одни виды могут

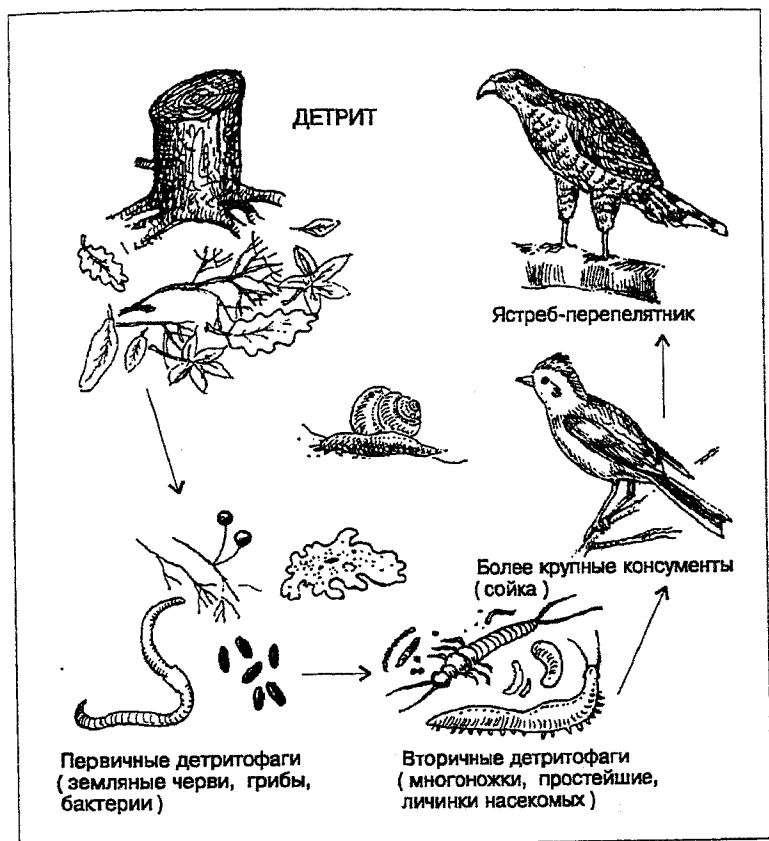


Рис. 97. Детритная пищевая сеть

участвовать в распространении, размножении, расселении других видов, создавать соответствующие условия для их существования. Все многочисленные и разнообразные связи между живыми организмами и окружающей средой обеспечивают существование видов в устойчивой, саморегулирующейся экосистеме.

§ 71. СВОЙСТВА И СТРУКТУРА БИОЦЕНОЗОВ

Природные биоценозы очень сложны. В них всегда имеются многочисленные сложно переплетенные сети питания, разнообразные виды живых организмов, взаимодействующие между собой определенным образом.

Биоценозы характеризуются прежде всего видовым разнообразием и плотностью популяций.

Видовое разнообразие — это число видов живых организмов, образующих биоценоз и определяющих различные пищевые уровни в нем. Число видов, обитающих в данном сообществе, характеризует его видовое богатство и качественный состав.

Численность видовых популяций (плотность) определяется количеством особей данного вида на единице площади. Некоторые виды являются *доминантными* в сообществе, превосходя по численности остальные виды.

Если в сообществе доминирует несколько видов, а плотность остальных очень мала, то разнообразие низкое. Если при том же видовом составе численность каждого вида значительна, то видовое разнообразие высокое. Кроме видового разнообразия биоценоз характеризуется соотношением видов, имеющих различные типы питания, их приспособленностью к данной экологической нише.

Экологическая структура сообщества определяется соотношением групп организмов, занимающих определенные экологические ниши и выполняющих одинаковые функции в сообществе. Сходство структуры экосистем позволяет выделять одинаковые типы биомов на разных континентах: тропический лес, пустыня, степь, саванна, широколиственный лес и т. д. Они определяются не видовым сходством растений и животных, а присутствием организмов, имеющих сходный образ жизни, занимающих одинаковые экологические ниши и выполняющих сходные функции. Например, в степях наиболее распространены засухоустойчивые злаки, растительноядные животные. В саваннах Африки доминируют

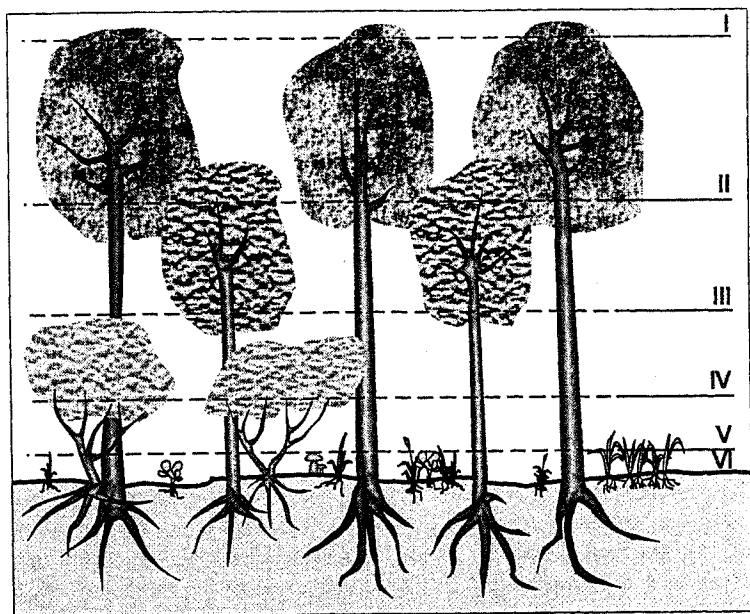


Рис. 98. Ярусность в биоценозе: I—VI ярусы

разнообразные копытные, а в Австралии их заменяют кенгуру. Виды, занимающие сходные экологические ниши в однотипных сообществах, называются *экологическими двойниками* или *эквивалентами*.

Тип биоценоза определяется характером растительности — особенностями фитоценозов, которые, в свою очередь, определяют животный мир биоценоза.

В зависимости от доминирующих жизненных форм растений различают биоценозы лесов, лугов, болот, степей и т. д.

Совместное существование в биоценозе различных видов и жизненных форм приводит к пространственному разграничению, которое выражается в ярусности фитоценоза (рис. 98).

Ярусы — это горизонтальные слои — «этажи», в которых располагаются растения. В биоценозах обычно бывает от двух до шести ярусов. Луг, степь, болото относятся к малоярусным сообществам (два-три яруса), лес — к многоярусному (пять-шесть). В верхнем ярусе смешанного леса располагаются высокие светолюбивые деревья. Второй ярус образуют низкорослые, менее светолюбивые деревья и высокие кустарники. В третьем ярусе располагаются кустарники и полу-

кустарники, четвертый и пятый ярусы занимают травянистые растения. Ярусность растений обеспечивает лучшее использование ресурсов среды — света, влаги, питательных веществ почвы. Подземная ярусность определяется расположением корневых систем. Глубже всего обычно проникают корни деревьев. В верхних слоях почвы размещаются корни травянистых растений; мхи, лишайники располагаются прямо в подстилке. Ярусность уменьшает конкуренцию растений, способствует увеличению видового разнообразия, равномерному расселению в биоценозе животных.

Кроме видового состава биоценоз характеризуется биомассой и биологической продуктивностью.

Биомасса — это общее количество органического вещества и заключенной в ней энергии всех особей данной популяции или всего биоценоза на единицу площади. Биомасса определяется количеством сухого вещества на 1 га. Величина биомассы зависит от особенностей вида, его биологии. Например, биомасса быстроотмирающих видов (микроорганизмов) невелика по сравнению с биомассой долгоживущих организмов, накапливающих в своих тканях большое количество органических веществ (деревья, кустарники, крупные животные).

Биологическая продуктивность — это скорость образования биомассы в единицу времени. Это наиболее важный показатель жизнедеятельности организма, популяции и экосистемы в целом. Различают *первичную продуктивность* — образование органического вещества автотрофами (растениями в процессе фотосинтеза) и *вторичную продуктивность* — скорость образования биомассы гетеротрофами (консументами и редуцентами).

Соотношение продуктивности и биомассы различно у разных организмов. Неодинакова и продуктивность различных экосистем, она зависит от величины солнечной радиации, почвы, климата.

Самой низкой биомассой и продуктивностью обладают пустыни и тундры, самой высокой — дождевые тропические леса. Биомасса Мирового океана значительно меньше, чем у суши, хотя он занимает 71 % поверхности планеты.

§ 72. РАЗНООБРАЗИЕ БИОЦЕНОЗОВ

В зависимости от состава живых организмов и среды обитания все экосистемы можно разделить на два основных типа: водные и наземные. Облик наземного биоценоза определяется прежде всего его растительностью, которая зависит от

климатических факторов. Это тундра, хвойные и лиственные леса, луга, степи, саванны, пустыни и т. д. В качестве примера рассмотрим биоценозы леса и водоема.

Биоценоз широколиственного леса. Среди наземных биоценозов наиболее сложным по структуре и разнообразным по видовому составу является *лес*. Леса занимают огромные пространства суши (около 26—30 %), это основной тип растительного покрова Земли. Они распространены на всех континентах, кроме Антарктиды. Это тропические леса Южной Америки, Африки и Азии, листопадные леса Европы и Северной Америки, тайга Сибири и Канады.

Леса — это природные комплексы, в составе которых преобладают деревья, образующие более или менее плотный древостой. В зависимости от преобладающих видов растений различают леса хвойные (сосновые, еловые), лиственные (широколиственные — дубравы, узколиственные — березняки), смешанные леса (из хвойных и лиственных пород).

Рассмотрим биоценоз широколиственного леса — дубравы. Широколиственный лес характеризуется прежде всего большим разнообразием видов растений, что объясняется благоприятными природными условиями. Почвы обычно дерново-подзолистые, богатые питательными веществами и достаточно увлажненные. В дубравах ярко выражена ярусность. Верхний ярус образуют высокие светлюбивые растения: дуб, ясень, липа. Более низкие — клен, вяз, груша, ясень, яблоня образуют второй древесный ярус. Еще ниже располагается подлесок, образованный кустарниками: лещиной, бересклетом, калиной, крушиной, жимолостью. Разные виды кустарников различаются по высоте. Например, кусты орешника — лещины достигают высоты 5 м, а бересклета — чуть выше человеческого роста.

В дубраве хорошо развит травянистый покров. Многие растения имеют широкие листовые пластинки и крупные яркие соцветия, поэтому их называют дубравным широколиственным. Некоторые лесные виды настолько приспособились к затенению, что не могут расти на открытых местах. Здесь господствуют среди трав сныть обыкновенная, осока, зеленчук, пролеска.

Особую группу среди травянистых растений составляют раннецветущие весенние *эфемеры* — медуница, пролеска, ветреница, хохлатка и др., которые расцветают еще до распускания листвы на деревьях. Обычно это низкорослые травы, они появляются сразу после схода снега и через 2—3 недели зацветают. Цветки эфемеров образуют пестрый ковер, привлекая

яркими красками насекомых-опылителей: шмелей, ос, пчел. Еще через 2—3 недели у них уже развиваются плоды с семенами, а сами растения полегают, желтеют и засыхают. К концу весны надземная часть у большинства отмирает, а подземные части сохраняются до следующей весны.

В дубравах встречаются мхи, но в отличие от хвойных лесов здесь они не образуют сплошного ковра. Летние травы теневыносливы, а в окраске цветов преобладает белый цвет, наиболее заметный для опылителей.

Богатство и разнообразие растительного покрова, ярусность, большое количество пищи определяют обитание многочисленных видов животных. Это растительноядные насекомые, пауки, другие членистоногие, птицы, мышевидные грызуны, копытные (лоси, косули, олени). Вторую группу животных составляют плотоядные, хищники, и паразиты: клещи, наездники, мухи-тахины, насекомоядные птицы (кукушки, дятлы, синицы, славки), лисицы, волки, куницы, ласки.

Вследствие многоярусности животные распределяются по различным «этажам» и занимают разные экологические ниши. Пищевые цепи обычно состоят здесь из 4—5 звеньев.

В лесу число видов животных значительно больше, чем растений. Однако высокая продуктивность (до 10 т на 1 га ежегодно) продуцентов значительно перекрывает биомассу всех животных (около 10 кг на 1 га). Поэтому используется лишь 10—20 % ежегодного прироста растений. Это соотношение поддерживается автоматически. Саморегуляция позволяет сохранять видовой состав и численность. Однако иногда насекомые-вредители леса размножаются в огромных количествах, уничтожая всю листву (непарный шелкопряд, листовертки). Немалая часть биомассы ежегодно минерализуется. Это растительный опад и остатки животных, которыми питаются редуценты. К ним относятся личинки мух-падальщиков, черви, жуки, бактерии, грибы.

Таким образом, в биоценозе леса прослеживается круговорот веществ и энергии.

Водный биоценоз. Структура водных и наземных сообществ аналогичны. Распространение организмов здесь также зависит от температуры и солнечного света. Недостатка в воде нет, однако недостаток некоторых минеральных веществ ограничивает обилие живых организмов.

В открытой части водоема различают две зоны жизни. В верхних слоях воды обитают мелкие организмы, составляющие *планктон*, преимущественно бактерии, простейшие,

одноклеточные водоросли, мелкие ракообразные — дафнии, циклопы и т. д. Все они взвешены в воде, как бы «парят».

Растительный планктон служит пищей для мелких планктонных животных, которыми, в свою очередь, питаются крупные активно плавающие животные.

На дне водоемов обитают организмы, образующие *бентос*: моллюски (устрицы, гребешки), ракообразные (омары,

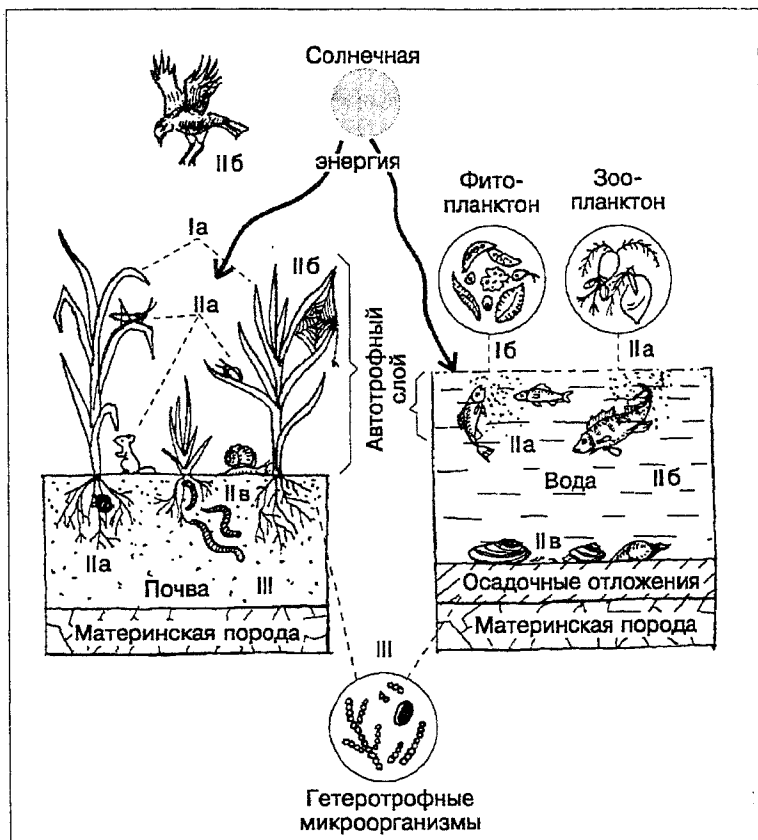


Рис. 99. Сравнение общей структуры наземного и водного биоценозов:

I — растения, производящие органическое вещество: а — высшие растения, б — водоросли; II — животные — потребители органического вещества: а — растительноядные, б — плотоядные, в — питающиеся смешанной пищей; III — микроорганизмы — разрушители органического вещества

раки, крабы), кишечнополостные и т. д. В бентосе преобладают животные и бактерии-редуценты, лишь на малых глубинах можно встретить растения, в основном это бурые и красные водоросли. Недостаток кислорода, высокое давление воды, отсутствие света затрудняют существование высших растений.

Главным источником энергии являются мертвые растения и животные, опускающиеся на дно. Организмы-редуценты, беспозвоночные и глубоководные рыбы питаются этими остатками.

Наиболее благоприятные условия существуют в прибрежной зоне, где вода теплее, достаточно насыщена кислородом, лучше освещена. Здесь обитают многочисленные животные: членистоногие, моллюски, черви, одноклеточные, рыбы. В пресных водоемах, например, обитают перловицы, беззубки, раки, личинки стрекоз, ручейников, жук-плавунец, водяные клопы, пиявки, многочисленные рыбы. Особенно богаты жизнью коралловые рифы тропических морей. Здесь достаточно высоки температура и освещенность, которые способствуют быстрому росту растений. Изобилие растений создает условия для существования животных.

Цепи питания в водных экосистемах аналогичны наземным биоценозам (рис. 99).

Но здесь большую часть первичной продукции, органического вещества, производят не высшие растения, а низшие — водоросли. Кроме того, недостаток минеральных веществ сказывается на росте растений и величине первичной продукции. В водных биоценозах она значительно ниже по сравнению с наземными.

Продуктивность океана в три раза ниже, чем суши, а биомасса водорослей в 10 000 раз меньше, чем биомасса наземных растений. Низкая продуктивность естественных водоемов связана не только с недостатком минеральных веществ, но и с повышенной кислотностью, соленостью воды.

§ 73. ИСКУССТВЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ. АГРОЦЕНОЗ

Агроценоз — это искусственно созданные и поддерживаемые человеком экосистемы (поля, сенокосы, парки, сады, огороды, лесные посадки). Агроценозы создают для получения сельскохозяйственной продукции. Они обладают плохими динамическими качествами, малой экологической на-

дежностью, но характеризуются высокой урожайностью. Занимая около 10 % площади суши, агроценозы производят 2,5 млрд т сельскохозяйственной продукции.

Как правило, в агроценозе культивируют один-два вида растений, поэтому взаимосвязи организмов не могут обеспечить устойчивости такого сообщества. Действие естественного отбора ослаблено человеком. Искусственный отбор действует в направлении сохранения организмов с максимальной продуктивностью. Численность популяции в агроценозе поддерживается и контролируется человеком через борьбу с сорняками и вредителями, орошение, смену культур, повышение плодородия почвы. Кроме солнечной энергии в агроценоз поступают вода и удобрения (минеральные и органические), вносимые человеком. Основная часть питательных веществ постоянно выносится из круговорота с урожаем. Таким образом, круговорот веществ прерывается.

В агроценозе, как и в любом биоценозе, складываются пищевые цепи. Обязательным звеном в этих цепях является человек, причем здесь он выступает как консумент I порядка, и на нем пищевая цепь прерывается. Агроценозы очень неустойчивы и без участия человека существуют от 1 года (зерновые, овощные) до 20—25 лет (плодово-ягодные).

Человек постоянно заботится о повышении продуктивности агроценозов, сохранении плодородия земель, охране культур от неблагоприятных воздействий.

Один из путей повышения продуктивности агроценозов — мелиорация почв. Она оказывает долговременное воздействие на почву, создает благоприятные условия для роста растений, улучшает водный режим и т. д. Мелиорация включает в себя очистку земель от камней, мусора, вспашку, известкование кислых почв, внесение удобрений, борьбу с эрозией, осушение переувлажненных почв, постройку оросительных систем, природоохранные мероприятия.

§ 74. ЭВОЛЮЦИЯ ЭКОСИСТЕМ

Биогеоценозы формируются в течение длительного времени. При этом происходит приспособление организмов к среде обитания и друг к другу. Живые организмы в процессе жизнедеятельности изменяют среду обитания, одни виды вытесняют постепенно другие. Все экосистемы эволюционируют во времени. Последовательная смена экосистем под влиянием

янием процессов, протекающих внутри сообщества при взаимодействии с окружающей средой, называется **экологическими сукцессиями**.

Первичная сукцессия начинается с освоения бесплодной среды, которая до этого не была обитаема. Это может быть разрушенная горная порода, скала, песчаный пляж. Здесь велика роль первых поселенцев: бактерий, лишайников, водорослей. Выделяя продукты своей жизнедеятельности, они изменяют материнскую породу, разрушают ее и способствуют почвообразованию. Отмирая, первичные живые организмы обогащают поверхностный слой органическими веществами, что позволяет поселиться мхам. Мхи по мере роста и развития продолжают процесс образования почвы. Формируется примитивное сообщество, способное существовать в неблагоприятных условиях. Оно постепенно создает условия, обеспечивающие все большее разнообразие организмов. Сообщество растений и животных усложняется, пока не достигает определенного равновесия со средой. Такое сообщество называют *климаксовым*. Оно поддерживает свою стабильность до тех пор, пока не нарушается равновесие.

Примером первичной сукцессии может служить морской пляж. Прибрежная часть представляет собой песок с сильно разреженным травянистым покровом и некоторыми беспозвоночными. По мере удаления от берега появляются кустарники, далее одинокие деревья и, наконец, лес. Лес — это уже, как правило, устойчивый биоценоз — климаксовое сообщество (рис. 100).

Вторичная сукцессия развивается на месте имевшегося ранее сформированного сообщества. Например, на месте сгоревшего леса или заброшенного поля. На пожарище поселяются светолюбивые растения. Под их пологом начинают развиваться теневыносливые виды. Появление растительности улучшает состояние почвы, на которой поселяются уже другие виды, вытесняя первых поселенцев. В зависимости от почвы вторичная сукцессия может идти быстро или медленно, пока, наконец, не образуется климаксовое сообщество.

Озеро, при нарушении в нем экологического равновесия, может превратиться в луг, а затем и в лес, характерный для данной климатической зоны. Климаксовое сообщество зависит от климатических условий и типа почвы. С изменениями климата на Земле сообщества эволюционировали, прогрессировали, развивались, разрушались, исчезали и вновь появлялись. На протяжении тысячелетий растительный покров Земли менялся.

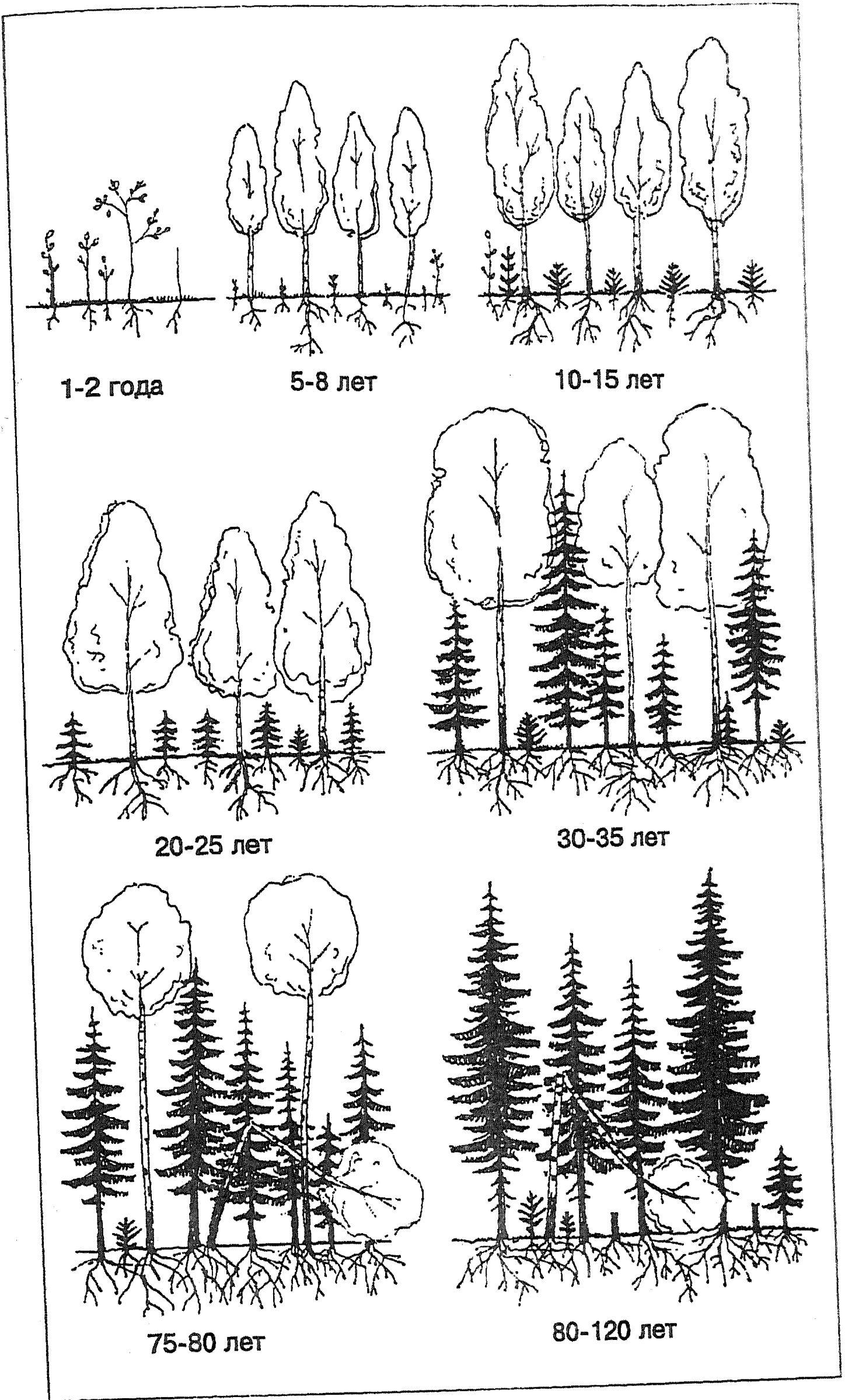


Рис. 100. Первичная сукцессия

Сукцессия приводит к последовательному усложнению сообщества. Оголенная почва может обеспечить лишь сравнительно малое число мест обитания. В лесу их значительно больше. Каждое дерево служит местом обитания для живых организмов. Они расселяются, занимая каждый различные этажи: на верхушках деревьев, под корой, под корнями и т. д. В процессе экологической сукцессии возрастает возможность специализации живых организмов, а следовательно, и видовое многообразие. Кроме того, по мере развития увеличивается продуктивность экосистемы, усиливаются стабилизирующие механизмы, возрастают устойчивость и саморегуляция. Сообщество усложняется, его пищевые сети становятся все более разветвленными, все полнее используются ресурсы среды. Зрелое сообщество наилучшим образом приспособлено к условиям среды, популяции большинства видов в нем стабильны и хорошо воспроизводятся.

§ 75. АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРИРОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

По мере развития сообщества становятся все более чувствительными к катастрофам: лесной пожар, разрушение кораллового рифа во время шторма, сход снежных лавин. Но особенно мощным фактором, приводящим к смене экосистем, является деятельность человека. Используя природные ресурсы и осваивая территории, он уничтожает леса. Рост городов приводит к вытаптыванию природных «зеленых зон». Исчезают многие виды трав, а за ними и животных. Уплотняется почва, снижается ее влагоемкость, а затем и плодородие.

Выпас сельскохозяйственных животных приводит к вытаптыванию лугов, выветриванию и эрозии почвы, уменьшению числа видов растений. Разнотравные луга и степи превращаются в пустыни. Под воздействием человека ускоряется смена биоценозов. Осушение болот приводит к потере уровня грунтовых вод, изменению микроклимата, исчезновению ряда видов растений и животных. Вторгаясь в природу, человек нарушает ее естественное равновесие.

В сельскохозяйственных угодьях, на приусадебных участках человек борется с сорными растениями, постоянно прерывая сукцессию. Высевая ежегодно одни и те же культуры, человек создает идеальные условия для существования сельскохозяйственных вредителей, которые перестают

мигрировать в поисках пищи и начинают активно размножаться. В результате использования различных химических средств борьбы загрязняются почвы и подземные воды, растения, накапливая вредные вещества, отравляют животных и гибнут сами. Применение инсектицидов — веществ для борьбы с насекомыми-вредителями приводит к мало заметным поначалу, но серьезным отдаленным последствиям. Например, в 40-х годах начали массово использовать сильный инсектицид ДДТ, что привело со временем к увеличению числа насекомых, устойчивых к этому препарату. Само вещество не разлагалось, а накапливалось в окружающей среде и поглощалось различными организмами. В частности, у многих крупных животных пестициды накапливались в тканях, вызывая гибель. Начали исчезать естественные враги насекомых, что привело к их массовому размножению. Ошибки, к сожалению, повторяются. Ежегодно создаются все новые, на первый взгляд, более эффективные инсектициды, а положение в природе не улучшается. Ядовитые вещества смываются в реки и моря, отравляя таким образом не только наземную, но и водную фауну. В тканях рыб накапливаются вредные вещества, не только вызывая их массовую гибель, но и делая их несъедобными, опасными для человека.

Непродуманная хозяйственная деятельность человека приводит не только к изменению растительного покрова Земли, к уничтожению животных, но и к изменению климата, загрязнению вод, атмосферы, почвы, что, в свою очередь, пагубно влияет и на самого человека.

§ 76. РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ПРИРОДЫ

В процессе эволюции экологические системы достигают состояния экологического равновесия. Они способны к саморегуляции, устранению различных нарушений. Однако из-за интенсивной деятельности человека равновесие во многих экологических системах нарушается быстрее, чем успевает восстановиться. Уничтожая леса и распахивая землю под сельскохозяйственные угодья, он лишает места обитания наземных животных. Строя различные сооружения на реках, он ограничивает места нерестилищ многих рыб. Расширяя свою зону обитания и экологическую нишу, человек неизбежно ограничивает таковые у других организмов.

С тех пор как человек появился на Земле, он стал причиной исчезновения многих видов растений и животных. Вычислено, что за каждое тысячелетие существования человека в результате его хозяйственной деятельности на Земле исчезал один вид организмов.

Приведем несколько примеров. Многие степные птицы и млекопитающие, например стрепет, байбак, исчезли из черноморско-азовских степей в связи с распашкой целины. В лесах Новой Зеландии еще в XVIII веке жили огромные нелетающие птицы моа, похожие на страусов. Некоторые из них достигали 3 м в высоту. Местные жители из-за мяса и перьев их полностью истребили.

Российские первооткрыватели Дальнего Востока встречали крупных млекопитающих — «морских коров», длиной до 9 м и весом до 3 т. Они стали объектом промысла: человек использовал их мясо, жир, кожу. В результате уже ко второй половине XVIII века они были полностью истреблены.

В конце прошлого века полностью исчезла и дикая лошадь тарпан, а еще раньше, в начале XVII века, были уничтожены последние дикие быки туры. В настоящее время процесс исчезновения организмов значительно ускорился. Сегодня уже можно говорить о вымирании одного вида каждые 10—15 лет. Немало ценных растений и животных стали редкими, находятся на грани вымирания. Из растений, нуждающихся в охране, можно назвать тисс, мамонтово дерево, лотос. Из животных редкими стали птицы — гага, дрофа, стрепет, фламинго, белая цапля; млекопитающие — зубр, калан, морж, выхухоль, снежный барс, пятнистый олень.

В густонаселенных районах земного шара редкими стали многие растения, что привело к исчезновению насекомых, питающихся этими растениями. Если не принять мер по охране всех этих организмов, они могут исчезнуть навсегда.

Равновесие природных сообществ нарушено во многих местах на Земле. С чем же связаны такие нарушения в природе? Экосистемы функционируют безотходно, разрушители, потребители и производители находятся рядом и функционируют в сообществе как единое целое. Человек же добывает сырье и перевозит его на большие расстояния, создает продукцию в одном месте, утилизирует и разрушает ее в другом, не думая о последствиях. Создание новых синтетических материалов приводит к загрязнению биосферы неперегнивающими отходами. Организмы-редуценты не усваивают эти вещества. Следовательно, человек должен подумать об утилизации промышленных остатков, найти рациональные

замкнутые циклы. Он должен стремиться к достижению равновесия, учиться этому у природы.

В природе редко образуются токсичные соединения, не подверженные биологическому распаду. Даже когда растения или животные вырабатывают ядовитые вещества, они быстро разрушаются. Люди производят такие токсические вещества, которые не распадаются, а накапливаются в почве, воде, отравляя растения и животных. Выбросы побочных продуктов целого ряда производств загрязняют атмосферу, вызывая заболевания и гибель живых организмов.

Уже сейчас содержание ДДТ в почве таково, что в некоторых местах может привести к печальным последствиям. Для дальнейшего существования цивилизации необходимо разрабатывать безотходные технологии, ограничивать выпуск ядохимикатов или совсем от них отказаться.

Злоупотребление природными ресурсами, эрозия почв, разрушение лесов, загрязнение водоемов и атмосферы — это только некоторые результаты хозяйственной деятельности человека, нарушающие природные механизмы стабилизации.

Первым шагом в попытке остановить этот процесс является осознание человеком своей связи с природой и полной зависимости от нее. Он должен понять, что не стоит над природой и не является ее хозяином, а так же, как все живые организмы, является ее частью. Мы должны осознать свою ответственность за нарушение экологического равновесия в природе.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
I. Земля — планета Солнечной системы	7
§ 1. Строение и состав Солнечной системы. Две группы планет ..	7
§ 2. Планеты земной группы. Система Земля — Луна	10
§ 3. Наши соседи — Меркурий, Венера и Марс	12
§ 4. Малые тела Солнечной системы	16
§ 5. Происхождение Солнечной системы	20
§ 6. Солнце	21
§ 7. Звезды	26
§ 8. Наша Галактика	29
§ 9. Строение и эволюция Вселенной	33
II. Форма и движение Земли. План и карта	37
§ 10. Шарообразность и вращение Земли	37
§ 11. Измерение времени	40
§ 12. Ориентирование и измерение расстояний на местности .	44
§ 13. Глобус и градусная сеть	47
§ 14. Географические карты	50
III. Внутреннее строение и рельеф Земли	54
§ 15. Методы изучения внутреннего строения Земли	54
§ 16. Внутреннее строение Земли	56
§ 17. Физические свойства и химический состав Земли	59
§ 18. Движения земной коры	61
§ 19. Вулканы и землетрясения	65
§ 20. Внешние процессы, преобразующие поверхность Земли .	69
§ 21. Минералы и горные породы	73
§ 22. Развитие земной коры	76
§ 23. Рельеф земного шара	79
§ 24. Почва	83
IV. Водная оболочка Земли	87
§ 25. Общие сведения о воде	87
§ 26. Мировой океан	88
§ 27. Подземные воды	93
§ 28. Реки	95
§ 29. Озера и болота	100
V. Воздушная оболочка Земли	105
§ 30. Состав и строение атмосферы	105
§ 31. Нагревание атмосферы	108
§ 32. Температура воздуха	110
§ 33. Вода в атмосфере	113
§ 34. Образование облаков, осадки	114
§ 35. Давление атмосферы	117
§ 36. Ветры, их виды	118

§ 37. Погода и ее предсказание	121
§ 38. Понятие о климате	127
VI. Биосфера. Географическая оболочка	133
§ 39. Свойства биосферы	133
§ 40. Круговорот веществ и энергии в биосфере	136
§ 41. Географическая оболочка	139
§ 42. Природные зоны России	144
VII. Строение и особенности жизнедеятельности живых организмов ...	149
§ 43. Основные критерии живого	149
§ 44. Строение клетки	150
§ 45. Обмен веществ и превращение энергии в клетке	155
§ 46. Жизненный цикл клетки	157
§ 47. Формы размножения организмов	158
VIII. Многообразие органического мира	161
§ 48. Система классификации живых организмов	161
§ 49. Бактерии. Грибы. Лишайники	165
§ 50. Растения, их строение. Вегетативные органы	172
§ 51. Генеративные органы растений	182
§ 52. Систематика растений. Низшие растения	187
§ 53. Высшие растения. Споровые	190
§ 54. Семенные растения	194
§ 55. Животные. Простейшие	200
§ 56. Губки и кишечнополостные	203
§ 57. Плоские, круглые и кольчатые черви	208
§ 58. Членистоногие	213
§ 59. Моллюски и иглокожие	223
§ 60. Хордовые. Рыбы	227
§ 61. Земноводные и пресмыкающиеся	231
§ 62. Птицы	237
§ 63. Млекопитающие, или звери	240
IX. Основы экологии	248
§ 64. Экология как наука. Экологические факторы	248
§ 65. Воздействие на организмы некоторых экологических факторов	249
§ 66. Взаимодействие факторов. Ограничивающий фактор	255
§ 67. Основные свойства популяций	258
§ 68. Взаимоотношения организмов. Биотические факторы среды	261
§ 69. Экологические системы	264
§ 70. Поток энергии в экосистемах и пищевые цепи	267
§ 71. Свойства и структура биоценозов	270
§ 72. Разнообразие биоценозов	274
§ 73. Искусственные экосистемы. Агроценоз	278
§ 74. Эволюция экосистем	279
§ 75. Антропогенное воздействие на природные экосистемы ..	282
§ 76. Рациональное природопользование и охрана природы ..	283

Учебное издание

**Петросова Рената Арменаковна,
Голов Василий Пантелеевич,
Сивоглазов Владислав Иванович,
Страуд Евгений Карлович**

**Естествознание
и основы экологии**

Учебное пособие

**Редактор Т. В. Гришина
Художник В. И. Феноменов
Технический редактор Р. Ю. Волкова
Компьютерная верстка: Д. В. Громов
Корректоры Г. В. Абатурова, И. Н. Голубева**

Подписано в печать с готовых диапозитивов 06.07.98. Формат 84x108/32
Гарнитура Таймс. Бумага офсетная № 1. Печать офсетная
Усл. печ. л. 15,12. Тираж 10000 экз. Заказ № 1010

ЛР № 071190 от 11.07.95. Издательский центр «Академия»
129336, Москва, ул. Норильская, 36
Тел./факс: (095) 474-94-54, (095) 475-28-10, (095) 165-46-66, (095) 305-23-87

Отпечатано в ГУП Издательско-полиграфический комплекс
«Ульяновский Дом печати», 432601, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14