







A

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬ
РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА**

Академик РАН
Лауреат премии Президента РФ
в области образования
Мария Аксёнова

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Анна Голосовская

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР ТОМА
Светлана Мирнова

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР ТОМА
доктор географических наук, профессор
Галина Огурева



ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ДЛЯ ДЕТЕЙ *Аванта*



БОТАНИКА

Москва
Мир энциклопедий Аванта +
Астрель

УДК 58
ББК 28.5
Э68



INTERNATIONAL CENTRE OF EDUCATIONAL SYSTEMS (ICES)
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ (МЦОС)
CENTRE INTERNATIONAL DES SYSTEMES D'EDUCATION (CISE)
INTERNATIONALES ZENTRUM FÜR AUSBILDUNGSSYSTEME (IZAS)

UNDP
Reg. № 15973
UNESCO
Agr. of 12.11.93
UNIDO
Reg. № 802363
UNEP
Reg. of 24.05.99



МЕЖДУНАРОДНАЯ КАФЕДРА – СЕТЬ UNESCO/ICES
"ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
И ПОДГОТОВКА КАДРОВ"

Томы «Энциклопедии для детей» рекомендованы Международным центром обучающих систем (МЦОС) и международной кафедрой-сетью ЮНЕСКО/МЦОС в качестве учебного пособия в системах непрерывного образования для всех (continuing longlife education for all).

Томы «Энциклопедии для детей» рекомендованы Департаментом образовательных программ и стандартов общего образования Министерства образования Российской Федерации.

Издано при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России – 2006–2011 гг.»

Э68 **Энциклопедия для детей.** [Т. 43.] Ботаника/ науч. ред. Г. Огуреева. Авторы: Г. Огуреева, И. Микляева, Е. Суслова и др. Ред. группа: С. Мирнова, Е. Кичатова, А. Филатов и др. — М.: Мир энциклопедий Аванта+, Астрель, 2010. — 432 с.: ил.

ISBN 978-5-98986-432-4 (т. 43) (ЭДД)

ISBN 978-5-98986-015-9 («Мир энциклопедий Аванта+»)

ISBN 978-5-271-31344-8 (т. 43) (ЭДД)

ISBN 978-5-271-17228-1 («Издательство Астрель»)

ISBN 978-5-98986-430-0 (т. 43) (БДЭ)

ISBN 978-5-98986-265-8 («Мир энциклопедий Аванта+»)

ISBN 978-5-271-30940-3 (т. 43) (БДЭ)

ISBN 978-5-271-23358-6 («Издательство Астрель»)

Том знакомит читателя с загадочным и восхитительным миром живой природы. В книгу включены материалы, раскрывающие основы жизни растений, их роль и значение для биосферы Земли, данные об их разнообразии и распространении, экологии и жизненных процессах. Статьи написаны известными учёными Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Книга будет полезна школьникам, абитуриентам и интересна всем любителям природы.

УДК 58
ББК 28.5

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77.99.60.953.Д.012280.10.09 от 20.10.2009 г.

Общероссийский классификатор продукции
ОК-005-93, том 2; 953004 — литература
научная и производственная.

Издание осуществлено при технической поддержке
ООО «Издательство Астрель», ООО «Издательство АСТ».

© ООО «Мир энциклопедий Аванта+»



К читателю

Мы живём в такое время, когда красочные телевизионные фильмы о природе или поездки в далекие страны расширяют круг наших познаний о мире растений, дают возможность увидеть их, подивиться их бесконечному разнообразию и способности адаптироваться (приспосабливаться) даже к самым экстремальным условиям различных уголков Земли. Дикорастущие растения поражают нас своими формами, расцветками, способностями привлекать насекомых или птиц для опыления, необычными плодами и семенами. Многие растения человек использует в своей жизни, а многие представляют собой ещё не освоенные ресурсы. Население планеты быстро растёт, необходимо выводить новые урожайные сорта культурных растений, устойчивых к вредителям и болезням; совершенствовать и создавать современные биотехнологии, производить биотопливо, новые виды тканей, строительных материалов. В тесном союзе с медициной биологи (в том числе и ботаники) трудятся над получением медицинских препаратов, способных исцелять ныне неизлечимые болезни и повышать качество жизни человека.

Ботаники не стоят в стороне и от технического прогресса. В связи

с глобальными изменениями окружающей среды, ухудшением экологической обстановки во многих районах мира, усилением воздействия человека на биосферу Земли сведения о растениях становятся всё более востребованными.

Но не только очевидная польза растений подогревает интерес к ним людей. Как и прежде, ботаника остаётся захватывающей областью знаний об окружающем нас мире.

В средней школе ботанику изучают в 5 и 6 классах, к этому времени школьникам ещё не известны многие вопросы химии, биологии и физики. Поэтому курс ботаники ограничивается элементарными сведениями из жизни растений, оставляя за кадром многие важнейшие и поразительно интересные факты и процессы, вопросы, из ответов на которые вырисовывается глобальная роль растений в жизни нашей планеты и цивилизации в целом.

Авторы и редакция надеются, что книга, которую вы держите в руках, восполнит эти пробелы, а некоторые её разделы разбудят воображение и вызовут желание более глубоко изучить отдельные проблемы ботаники, от решения которых порой зависит наше будущее.



ВВЕДЕНИЕ

► Нежные и на первый взгляд беспомощные молоденькие ростки пробиваются к солнцу через любые преграды.

Уникальность нашей планеты состоит в том, что на ней существует жизнь.

Облик нашей планеты во многом зависит от разнообразного и удивительного мира растений. Это буйная зелень влажных тропических лесов и разреженные сообщества сухих полкустарничков в пустынях, обширные пространства степей и тайги, бескрайние поля водорослей на морских мелководьях и лишайники, покрывающие камни на побережьях арктических морей или на горных вершинах. Растения можно встретить на Земле даже у крайних пределов жизни: на островах Ледовитого океана, в Антарктиде, у горячих вулканических источников, высоко в горах и в безводных пустынях, где жизнь поддерживается только благодаря влаге туманов





и росы. Изящные ростки растений пакутся хрупкими и беспомощными, но на самом деле обладают огромной силой, способной взламывать асфальт, стены и кровлю каменных построек. Значение растений для нашей планеты поистине огромно. Появившись миллионы лет назад, они стали посредниками между Солнцем и Землёй и начали постепенно формировать биосферу — область распространения жизни. Теперь в природном комплексе Земли растительный мир является центральным звеном. Растения синтезируют новые органические вещества из неорганических, участвуя в круговоротах минеральных и органических веществ. Они обеспечивают всё живое кислородом для дыхания, поддерживают в атмосфере баланс кислорода и углекислого газа, игра-



Орхидеи.
Рисунок
Э. Геккеля из его
книги «Красота
форм в природе».
1899 г.

ОРХИДЕИ

Семейство орхидных — одно из самых больших по количеству видов (более 20 тыс.), его называют «семейством аристократов» среди однодольных растений. Красота и уникальность этих цветов вызывают подлинное восхищение. Каждая орхидея — это маленькое чудо природы. Неповторимые по форме и расцветке, привлекающие ароматами цветки орхидей часто напоминают других живых существ: птиц, ящериц, гномов, бабочек, лягушек, пауков, медуз. Многие страны устраивают праздники и выставки орхидей, в ботанических садах собирают их коллекции,



Один из видов орхидей — *Cattleya mossiae* — впервые обнаружили на севере Венесуэлы в 1839 г. В 1951 г. он стал национальным цветком страны.



Lycaste bradeorum — прекрасная орхидея
ликасту — национальный цветок Гватемалы.

для охраны этих растений организованы природные заповедники и парки. 86 стран выпустили более 400 марок с изображением разных видов этих цветов. А некоторые страны сделали местные виды орхидей своими символами: катлеи (*Cattleya*) признаны национальными цветками Венесуэлы и Коста-Рики; ликасту (*Lycaste*) в бран национальным цветком Гватемалы. Орхидея-голубь (перистерия высокая; *Peristeria elata*) — символ Панамы: индейцы с давних времён поклонялись её снежно-белому цветку, похожему на кроткого голубя. Испанские монахи, увидевшие эту орхидею в Мексике, сочли её цветком воплощением Святого Духа.



Геральдическая лилия с древнейших времён была символом высшей власти.

Основатель Франкского королевства король Хлодвиг получает королевский символ — герб с изображением лилий. Рисунок из часослова. 1423 г.



ют большую роль в жизни биосферы, определяя развитие животного мира и человека. Растения оказывают воздействие и на неживую природу — усиливают химическое и физическое выветривание горных пород, способствуя формированию почвы и накоплению в ней гумуса.

Мир растений со своими законами и взаимоотношениями очень непрост. Здесь есть хищники, жертвы, паразиты, покровители и приспособленцы, образующие сообщества со сложными внутренними связями.

Изящные и совершенные, растения нередко заставляют людей восхищаться ими. Причудливые формы деревьев, кустарников и трав, разнообразие расцветки и тонкие ароматы цветов навешают поэтические и художественные образы. Жители разных стран сложили множество преданий о растениях. Самые любимые и почитаемые из них даже стали символами государств, многие увековечены в национальных реликвиях, эмблемах королевских домов, красуются на гербах и флагах.

Национальными символами стали растения, разные по своему значению. Одни являются священными: они восходят к старинным сказаниям, мифам, легендам; другие тесно связаны с повседневной жизнью человека; многие, численность которых сократилась, превратились в своего рода достопримечательность, реликвию страны.

Флаги и гербы государств, как правило, имеют богатую историю, уходящую корнями в глубь веков. В них сочетаются национальные цвета и символы. Например, зелёный цвет на флаге Болгарии символизирует красоту, вечную молодость и плодородие болгарской земли, её поля и леса. Ветви оливы, дуба, пальмы как символы мира и величия окружают гербы многих стран Европы. Одно из древнейших растений, украшающих герб, — геральдическая лилия, её прообраз — касатик, или жёлтый

На флаге Ливана изображён кедр — традиционный символ страны.



Ливанский кедр.





Флаг Канады.



Кленовые листья.

ирис, который в Средние века был символом Пресвятой Девы. Лилия появилась на гербе французских королей в XII столетии, а затем и на знамени Франции по синему полю было разбросано множество золотых лилий. Стилизованное изображение лилии ещё в X в. считалось эмблемой королевской династии Капетингов, правившей во Франции до 1328 г. В конце XIV в. на полотнище

осталось только три лилии, что, по-видимому, связано с христианским представлением о Святой Троице. В разные времена лилии многократно изображались на гербах стран Европы. Однако есть немало флагов и гербов с новой символикой. Из новых символов-растений можно отметить ливанский кедр — мощное дерево с густой раскидистой кроной, которое появилось на национальном флаге

СЕДЬМОЕ ЧУДО СВЕТА



Одним из семи чудес называют замечательные висячие сады Семирамиды в Древнем Вавилоне. Они располагались рядом с дворцом Навуходоносор II (605—562 гг. до н. э.). Царь приказал заложить их для своей жены — мидийской царевны Сааммурамат. Название сады получили, возможно, в честь Семирамиды — воинственной царицы, правившей на два века раньше. Сады размещались на 20 террасах, поднимавшихся друг над другом уступами, и занимали площадь около 14,5 тыс. кв. м.

Плиты террас были залиты свинцом, выложены тростником, покрыты смолой и укреплены двумя рядами сцементированных кирпичей, а сверху положен такой мощный слой почвы, чтобы могли укорениться большие деревья. Террасы сообщались витыми лестницами, а в поддерживающих их колоннах скрывались трубы, по которым подавалась вода для полива из реки Евфрат.

Для садов Семирамиды отбирали самые красивые деревья, кустарники и цветковые растения со всех концов Ассирийского царства — от побережий Каспийского и Средиземного морей до Персидского залива. Растения располагались на террасах согласно законам высотной поясности: высокогорные занимали верхнюю террасу, с которой по камням стекали ручьи, образуя водопады; растения более низких горных уровней — нижнюю, окаймляя искусственное озеро. Среди зелени били фонтаны, освежая воздух, а всё сооружение было сквозным, и поэтому казалось, что огромная пирамида из зелени и цветов висит в воздухе...

Прошли тысячелетия, пески занесли развалины Вавилона, а на месте висячих садов образовался большой (до 45 м высотой) холм, который называют Вавиль.



А. Кранах
Старший.
Адам и Ева.
1526 г.

Древо Иесеево —
библейская
родословная
Иисуса Христа.
Псалтирь
Ингеборга.
Около 1210 г.



Ливана в 1951 г., когда страна обрела независимость. На флаге Канады, принятом парламентом в 1964 г., на белой полосе между двумя красными изображён кленовый лист. В канадских лесах много клёнов, и новый флаг подкрепил традицию называть Канаду страной клёнов.

Люди всегда особо ценили растения, обладавшие какими-нибудь неповторимыми свойствами. Их охраняли, им поклонялись, обожествляли, устраивали в их честь праздники, разводили в священных рощах, у храмов, в садах, парках и оранжереях, а некоторые диковинные растения привозили из заморских стран. Цветы дарили и продолжают дарить любимым, почтенным и уважаемым людям, ими отмечают успехи победителей.

Собразом дерева в сознании людей связаны представления о вечности жизни, долголетию, мудрости и благополучию. Особая роль принадлежит дереву как символу Вселенной, объединяющему все сферы мироздания. Это Мировое или Вселенское дерево и его варианты — дерево жизни, дерево познания, дерево желания и др. Очень важные сюжетные линии Библии сосредоточены вокруг этих деревьев, растущих в райском саду.

Старые, большие и мощные деревья люди часто наделяли сверхъестес-



твенными силами и сами черпали от них силу и уверенность. Дуб издавна символизирует крепость и могущество, лавр — почёт и славу, олива — мир и мудрость. Пальма означает долговечность и победу (недаром её изображение присутствует на гербах многих тропических стран), ель — храбрость, смелость, верность, долголетие и бессмертие, а рождественская ель — символ жизни. Древние германцы поклонялись своим богам в рощах и лесах, в те времена священные рощи встречались повсеместно да и само слово «храм» значило «священная роща». Особенности разных видов деревьев (выносливость, продолжительная жизнь, высота, густота и форма кроны, прочность древесины и др.) иногда отождествляли с характерами людей. Например, по представлениям друидов — жрецов кельтских племён, живших во второй половине I тысячелетия до н. э. в лесах Западной Европы, каждый человек был подобен дереву (и наоборот, дерево — человеку). Друиды припи-

ДРЕВО ЖИЗНИ

В иудаизме древом жизни является финиковая пальма. В Египте древом Вселенной считается платан, тень которого так приятна и спасительна при ярком иссушающем солнце (под платаном совершались многие религиозные обряды). В скандинавской мифологии древом жизни считался ясень. В мифологии Греции с шумом дубовых рощ связывали миссию оракула, верили, что листья дуба наделены могуществом вещего слова. Китайская мифология повествует о поддерживающем Вселенную гигантском персиковом дереве, плоды которого едят и боги, и люди. В Японии сосна Танасаго считается символом долговечности, она фигурирует во многих литературных и музыкальных произведениях.



считали деревьям способность узнавать намерения людей, хранить в памяти давно прошедшие события, влиять на окружающие организмы своим биологическим полем и другие свойства. В соответствии с датой рождения человек мог не только определить своё дерево, но и обрести свойственные ему качества.

С растениями были связаны божества многих древних народов. Например, у греков Гея — мать-Земля, Деметра — богиня плодородия и земледелия, Дионис — бог растений, лесов, лугов, степей, виноградарства и виноделия, дриады — нимфы — покровительницы деревьев; у римлян Флора — богиня цветов и садов. Художники и скульпторы изображали Флору с венком на голове и букетом цветов в руке. В её честь в начале мая устраивались праздники — флоралии, когда все дома украшали цветами, женщины одевались в разноцветные платья, что разрешалось только в эти дни, проходили праздничные шествия, царило всеобщее веселье. Обычай устраивать праздники цветов живёт и в наше время, они проводятся во всём мире и сохраняют

многовековые традиции. Это своеобразные парады цветов — выставки, шествия, конкурсы.

Многие народы начало цветения любимого цветка отмечают ритуальными песнями и играми, шествиями и карнавалами. У древних греков почитались гиацинты и лилии. Яркую праздничную процессию возглавляла красивая девушка в образе богини любви Афродиты, сидящая в перламутровой колеснице, украшенной гирляндами. Поклонники богини осыпали её цветами.

В Англии празднуют дни первоцветов — незабудок и анютиных глазок. С цветами здесь связан также день маков — день памяти солдат, погибших в войнах, когда алые маки возлагают к подножиям памятников. В Германии в первое воскресенье марта отмечают день фиалок. Во Франции пышно проходит день роз, а самую красивую девушку назначают королевой роз и преподносят ей венок из этих цветов. Феерическое зрелище представляют собой праздники цветов в Италии. В июне, например, проходит традиционный праздник инфюрата в городке Дженцано близ



Тюльпаны — символ праздника цветов в Голландии.

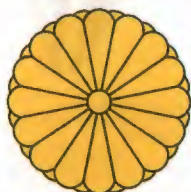
Рембрант. Флора (портрет Саскии в образе Флоры). 1634 г.

Ж. Ш. Тардьё. Людовик XVIII увенчивает королеву роз в Митаве. XIX в.





► Праздник цветения японской вишни — сакуры — отмечается каждый год, это редкое по красоте событие.



Императорская печать в виде цветка хризантемы является неофициальным гербом Японии.

У. Хиросигэ.
Хризантемы и бабочки.
Ксилография.
XIX в.



Рима. Во время этого старинного красочного праздника на мостовой улицы Беларди флористы выкладывают из лепестков цветов гигантские картины на библейские сюжеты. Особой яркостью, красочностью и весельем отличается Венеция: всё утопает в цветах, из них сооружают арки, плетут гирлянды и венки. Впечатление усиливается вечером, когда по каналам бесшумно плывут сияющие разноцветными фонарями гондолы, украшенные гирляндами.

В Голландии весной, когда расцветает огромное количество тюльпанов, нарциссов, гиацинтов и крокусов, отмечают день цветов. По улицам к центру города, где на цветочном троне восседает королева праздника, устремляются сооружённые из цветов кареты, башни, замки и даже фонтаны.

В Древней Индии празднество, посвящённое шафрану, приходилось на начало февраля, когда расцветал этот цветок. Все женщины наряжались в жёлтые сари, а мужчины повязывали шафрановые тюрбаны. Именно красителем, изготовленным из шафрана, окрашивали ткань в жёлтый цвет. Гулянье продолжалось



весь день, а поздно вечером девушки опускали в воды Ганга зажжённые глиняные лампы.

Многие праздники в Китае связаны с цветением деревьев и трав: в феврале — слив, в марте — персиков, в апреле — вишен, в июне — пионов, в октябре — хризантем. Звучат музыка, песни, к цветущим деревьям и кустам привязывают длинные полосы бумаги со стихами.

У славянских народов издавна отмечали праздник, посвящённый богу плодородия Купале, а основное действо разворачивалось вокруг мифического цветка — папоротника. Праздник проводили на переломе лета, в день летнего солнцеворота, когда пышно цветут в лугах травы, наливаются хлебные колосья, преумножаются все силы природы.

Праздники, связанные с почитанием и любованием растениями, прочно вошли в обычаи и традиции многих народов мира. Японцы, например, считают символами своей страны хризантему (герб императорской семьи и страны — это её стилизованное изображение), а также сакуру — японскую вишню. Сакура особенно любима японцами. Весной, когда на деревьях возле центрального храма в Токио раскрывается не менее 30 цветков, офи-



циально объявляют о начале праздника сакуры — все выходят в парки, сады, выезжают за город и любуются нежными розовыми цветками. Это незабываемое зрелище дорого каждому японцу.

Яркие краски цветов в течение всего года сменяются как в калейдоскопе. Украшением во время торжеств и церемоний в средиземноморских странах служат цветки лилии, лотоса, розы, вербены, ветви мяслины, лавра и листья пальм. В тропических странах традиционны гирлянды из долго не увядающих душистых цветков плюмерии, гибискуса и других роскошных тропических растений.



В странах с умеренным климатом почитают более скромные цветы: так, национальным символом Белоруссии является лён. Его голубые цветки — как глаза белорусских девушек, а поля цветущего льна подобны озёрам. Многие европейские народы почитают барвинок — низкорослый кустарничек с кожистыми тёмно-зелёными листьями и нежными голубыми цветками, лепестки которых раскрываются в 6 часов утра, а закрываются в 5 часов вечера. Существует поверье, что он приносит счастье и здоровье тому, в чьём саду растёт, а любовь тому, кому подарен в букете.

Народные праздники в сельскохозяйственных и скотоводческих районах умеренного пояса чаще связаны не с отдельными растениями, а с их сезонным развитием: там традиционно отмечают приход весны, лета, посев и сбор урожая.

Издавна растения присутствуют в культовых торжествах, связанных с религиозными традициями: например, на Руси белая берёза была символом плодородия и праздника колосницы. После принятия христианства берёза стала символом праздника Троицы: в этот летний день её украшают лентами, водят вокруг хороводы, воспевают красоту дерева; ветками берёзы украшают православные храмы. Важную роль в языческих обрядах играла верба, которая, по преданиям, охраняет людей от злых духов, жилища — от пожаров, посевы — от града и бурь. В христианских традициях Вербное воскресенье — один из важнейших праздников года во время Великого поста; считается, что освящённые пучки вербы обретают очистительную силу.

Трудно найти более почитаемый цветок в Индии, чем лотос. Без него не обходится ни одно торжество. Лотос олицетворяет собой даже сотворение мира. Согласно древней легенде, сразу после рождения Будда сделал несколько шагов и там,



Скульптура Будды, восседающего на цветке лотоса. Пагода Лонг Сон. Вьетнам. XIX в.

◀ Цветущий лён.

Храм Лотоса (Бахаи) — одна из наиболее ярких архитектурных достопримечательностей современного Дели. Строительство храма завершилось в 1986 г.





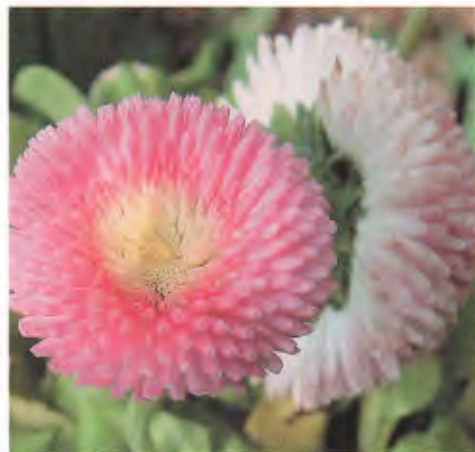
► Если в Средние века рыцарь предлагал даме руку и сердце, а дама в ответ передавала ему букет маргариток, это означало согласие.



Роза — королева цветов.

куда ступала его нога, распускались цветки лотоса. Всегда обращённый к солнцу, лотос символизирует духовную чистоту, целомудрие и возобновление жизни. Не только в Индии, но и на древнеегипетских фресках изображение лотоса сопровождает богов (к сожалению, в наши дни это растение в природе в долине Нила уже не встречается). В форме лотоса изображается один из иероглифов древней (IV—III тысячелетий до н. э.) египетской письменности, который обозначает радость.

Существует язык цветов как средство общения людей, очень разный и многоликий, но всегда красноречивый и порой более тонкий и выразительный, чем слова. Передать настроение, выразить мысли, чувства, желания можно с помощью умело составленного букета, венка или гирлянды и даже одного цветка, выбранного с любовью. Цветы в руках, в волосах, на запястьях или прикреплённые к одежде могут расска-



зать многое тому, кто владеет языком цветов. Здесь очень важна символика цвета: белый означает невинность, красный — любовь, жёлтый — ревность, чёрный — скорбь и т. д. Тонкие оттенки чувств можно передать с помощью различной окраски или оттенков цветков одного растения: красная гвоздика — страсть, а белая — доверие; красная роза — горячая любовь, а жёлтая — сомнение в искренности любви...

Особенно популярным был язык цветов в Средневековье. Рыцарь, преподнося даме сердца букет из роз и мирта, предлагал ей брачный союз; если его избранница в ответ передавала ему букетик маргариток, это означало согласие, а если венок из этих же цветов — её нерешительность и просьбу об отсрочке. Влюблённые могли узнать даже час назначенного свидания, сосчитав число бутонов в букетике колокольчиков. Издавна каждое растение имеет своё значение: колокольчик — болтливость, тюльпан — гордость, роза — любовь, лопух — навязчивость, фиалка — недоброжелательность, чертополох — защита, вереск — одиночество, незабудка — постоянство и память, водосбор — неблагодарность, астра — печаль, лилия — чистота, клевер — ожидание, осина — трусливость и т. д.



Весна. Открытка начала XX в.



Растения играют огромную роль в повседневной жизни человека, они обеспечивают людей пищей и воздухом, служат лекарством, снабжают витаминами, предоставляют убежища, дают материалы для создания жилищ, мебели, тканей, украшений, многие находят применение как топливо для приготовления пищи и обогрева жилищ.

Первобытные люди для своих нужд отбирали наиболее пригодные части растений — плоды и семена, клубни и корни, молодые побеги и листья. Когда они научились получать огонь и с его помощью готовить еду, число используемых растений значительно увеличилось. Постепенно стали создавать культуры растений, возникло сельское хозяйство, но разнообразие отобранных растений на протяжении тысячелетий так и оставалось относительно небольшим. Из 235 тыс. существующих видов покрытосеменных растений

ЦВЕТОЧНЫЕ ЧАСЫ

Жизнедеятельность растений подчинена биоритмам. Венчики цветков многих растений в хорошую погоду раскрываются и закрываются в строго определённое время, поэтому по состоянию венчиков можно узнать, который час.

Название растения	Время раскрытия цветков утром	Время закрытия цветков
Мак	5 часов	14—15 часов
Цикорий	4—5 часов	14—15 часов
Шиповник	4—5 часов	19—20 часов
Одуванчик	5—6 часов	14—15 часов
Картофель	6—7 часов	14—15 часов
Лён	6—7 часов	14—17 часов
Кувшинка белая	7—8 часов	18—19 часов
Смолёвка хлопущка	9 часов	20—21 час
Календула (ноготки)	9 часов	15—16 часов
Мать-и-мачеха и кислица	9—10 часов	17—18 часов

Первые цветочные часы составил в XVIII в. ботаник Карл Линней, наблюдая цветы в окрестностях города Уппсала в Швеции.



только 3 тыс. видов выращивали в качестве продовольственных или технических культур, многие из них уже утеряны. За последние два столетия к числу культивируемых растений удалось добавить только один вид — сахарную свёклу. В настоящее время в качестве пищевых выращивают немногим более 150 видов, на основе которых выведено колоссальное количество сортов и их разновидностей. Работа по созданию новых сортов продолжается постоянно во всех странах мира.

Растения — основа нашего питания. Главные среди них — хлебные злаки (пшеница, рис, кукуруза) и крахмалосодержащие растения (картофель, батат, маниок, таро), составляющие до 80 % пищи людей. Важны также сахаросодержащие (сахарный тростник, сахарная свёкла, сахар-

Сельскохозяйственные работы на берегу Сены. Великолепный часослов герцога Беррийского. XV в.



На фрагменте росписи древнеегипетской гробницы изображены полевые работы и плодоносящие деревья.



П. Брейгель Старший. Жатва. 1565 г.



ный клён), овощные (фасоль, соя), зерновые (ячмень, сорго), масличные (кокос, подсолнух, оливковое дерево) и плодовые растения (банан, яблоня, виноград). Многие из них были введены в культуру очень давно. По данным археологических раскопок установлено, что за 10 тыс. лет до новой эры на территории Передней Азии — Сирии, Ирака, Иордании — уже возделывалась пшеница. Рис, который в странах Азии называют «пищей богов, сыном воды и солнца», выращивают в Таиланде более 9 тыс. лет. Кукурузу в Перу и Мексике возделывают

также свыше 9 тыс. лет. Все эти растения теперь известны во всём мире и культивируются далеко за пределами своего древнего ареала.

Первоначальные примитивные средства обработки полей — мотыга, соха, серп — со временем были заменены сельскохозяйственными машинами, и с каждым новым витком развития цивилизации культура земледелия всё совершенствуется. В конце XX в., используя веками накопленный опыт и новейшие технологии, люди поняли необходимость разумного и бережного использования природных ресурсов, щадящих способов обработки земель и биологических методов восстановления их плодородия. «Зелёная революция» XXI в. направлена на обеспечение продуктами питания всех жителей планеты, на резкое повышение продуктивности сельскохозяйственных культур за счёт механизации сельского хозяйства, проведения ирригационных мероприятий и применения эффективных удобрений, выведения более урожайных сортов растений. Большие надежды возлагаются на такие пищевые растения, как водоросли и некоторые виды грибов. Но для их выращивания в широких масштабах необходимы новейшие технологии.

В последние десятилетия, с бурным развитием цивилизации и быстрым научно-техническим прогрессом, значение растений возрастает. Человек как биологический вид для выживания нуждается в стабильной окружающей среде. Поэтому долг каждого жителя Земли и всего мирового сообщества — оберегать зелёный мир планеты от необдуманных губительных воздействий, сохранять его разнообразие. И чем больше мы узнаем о близком и загадочном царстве растений, тем глубже поймём его законы, научимся бережнее к нему относиться и тем дольше будет длиться жизнь на нашей планете.

1

МИР РАСТЕНИЙ





БОТАНИКА И ЕЁ РАЗДЕЛЫ

Ботаника (от *греч.* *botanikós* — «относящийся к растениям» и *botánē* — «трава», «растение») — наука о растениях. Она изучает закономерности их внешнего и внутреннего строения (морфологию и анатомию), их систематику, развитие (эволюцию), родственные связи (филогению), особенности распространения по земной поверхности (географию растений), взаимоотношения со средой (экологию растений) и многие другие вопросы, касающиеся зелёного мира нашей планеты. Ботаника — одна из старейших наук о Земле. Её история неразрывно связана с развитием естествознания и биологии — важнейших направлений изучения природы.

Слово «ботаника» впервые употребил в I в. н. э. древнеримский врач (по происхождению грек) Диоскорид, говоря о науке, изучающей полезные (лекарственные) растения. С тех пор ботанике совместно со многими естественными науками (зоологией,

химией, физикой, геологией, почвоведением, географией и др.) удалось разгадать огромное количество загадок сложного мира живой при-

► Ежевика. Рисунок и описание растения. Копия работы натуралиста Диоскорида.





роды. В наши дни многие отрасли экономики, связанные с сельским и лесным хозяйством, медициной, химией, требуют фундаментальных знаний анатомии, генетики, физиологии и биохимии растений. Ботанические исследования с каждым годом приобретают всё большую актуальность и решают проблемы, от которых зависит не только жизнь на планете Земля, но и здоровье и благополучие человечества.

Первые письменные упоминания о свойствах растений обнаружены на ассирийских глиняных табличках, датированных VIII в. до н. э. Научные основы ботаники заложили ещё в IV в. до н. э. древнегреческие философы Аристотель (384—322 до н. э.) и его ученик Теофраст (372—287 до н. э.). Сохранились работы Теофраста «Естественная история растений» и «Исследования о растениях», в которых впервые в единой системе обобщены научные и практические знания о растениях того времени. Теофраст описал около 500 видов растений, произрастающих в Гре-

ции, а также некоторые растения тропических стран, рассказал об их применении в медицине и хозяйстве, условиях жизни, рассмотрел способы возделывания культурных растений для получения высоких урожаев. К. Линней образно назвал Теофраста отцом ботаники.

Однако ботаника как наука сформировалась только к середине XVIII в., а современный комплекс разделов, изучающих во всей полноте строение, поведение, жизнедеятельность растений, сложился лишь к первой половине XX в.

СИСТЕМАТИКА РАСТЕНИЙ

Систематика растений — один из основных разделов ботаники, занимающийся изучением разнообразия растений, их классификацией и выяснением родственных отношений видов, родов, семейств, а также их происхождением. Знание систематики позволяет ориентироваться в огромном разнообразии видов растений. Систематика необходима для изучения распространения видов, родов и семейств растений на земном шаре, для определения особенностей флоры отдельных стран и материков. У истоков систематики стоял шведский учёный К. Линней. В XVIII в. он создал «язык ботаники», предложив более 1000 терминов для описания растений, окончательно закрепил бинарную номенклатуру, т. е. название растений по родовому и видовому эпитетам, и разработал свою классификацию растений.

В 1682 г. английский ботаник Дж. Рей (1627 — 1705) предложил разделить цветковые растения на однодольные и двудольные. Это деление их на два класса (две эволюционные ветви развития цветковых растений) при всех изменениях и дополнениях сохраняется до настоящего времени.



Ф. Хайес.
Аристотель.
Начало XIX в.



Теофраст.
Скульптура из
Ботанического
сада Орто.
Италия.



Первая естественная система растительного мира была разработана в XVIII в. французским ботаником Бернаром де Жуссье (1699—1777) и его племянником Ануаном Лораном де Жуссье (1748—1836). Естественная система построена так, что таксоны в эволюционном ряду располагаются от простых форм к более сложным. Жуссье показали, что при определении родства систематических таксонов необходимо учитывать несколько признаков.

В 1813 г. швейцарский ботаник О. Декандоль опубликовал естест-

венную систему всего растительного мира, в которую ввёл группу бессосудистых растений, названную позднее слоевцовыми. Флору земного шара О. Декандоль разделил на 20 областей с учётом факторов, действующих на распространение растений. Это было начало ботанического районирования территории Земли. Его сын А. Декандоль продолжил дело отца. Он стоял у истоков ботанической географии и в книге «География растений» показал, что современное распространение видов определяется факторами внешней среды, но при

КАРЛ ЛИННЕЙ

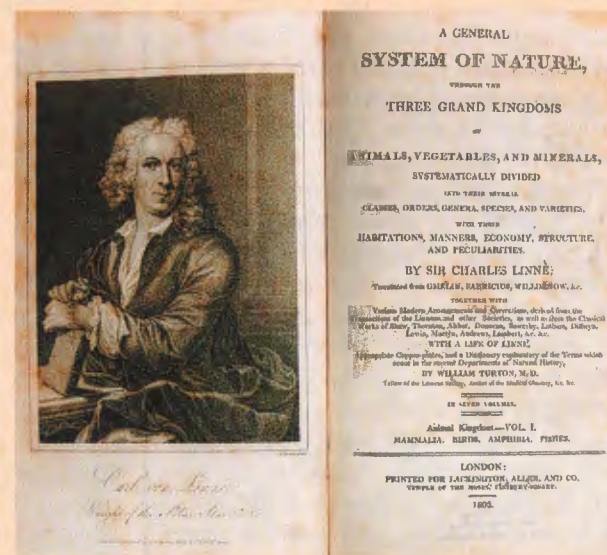
Шведский естествоиспытатель Карл Линней (1707—1778) родился в деревне Росхульт в семье пастора. От отца он унаследовал страсть к ботанике и, окончив школу, поступил сначала в Лундский, а затем в Уппсальский университет. В 1732 г. он отправился на север Швеции, где изучал многообразие растительного мира Лапландии. Вскоре вышла книга «Флора Лапландии» с подробным описанием видов растений этого сурового края. Затем Линней заведовал ботаническим садом в городе Хартекампе в Нидерландах, позже работал врачом в Стокгольме, возглавив морской госпиталь, участвовал в создании Шведской королевской академии наук и в 1739 г. стал её первым президентом.

Карла Линнея по праву считают реформатором ботаники. В 1735 г. был опубликован главный труд его жизни — «Система природы», в котором он уточнил технику описания растений, довёл до совершенства так называемую бинарную номенклатуру. Согласно ей каждый вид обозначается двумя названиями — родовым и видовым. Линней ввёл более 1000 терминов для обозначения различных частей растения, описал и дал точные названия всем известным в то время растениям (около 10 тыс. видов). Он обладал огромными познаниями в ботанике и редким даром учёного, позволившими ему характеризовать растения по их наиболее важным признакам и в краткой форме. В основу классификации растений Линней положил число, величину и расположение тычинок цветков, а также признак одноили двудомности растения. Он полагал, что органы

размножения — самые существенные и постоянные части тела у растений. По этому принципу учёный разделил все растения на 24 класса.

В знак уважения к заслугам Линнея многие растения названы его именем, среди них наиболее известна линнея северная (*Linnea borealis* L.) из семейства жимолостных, характерная для еловых, пихтовых лесов Северного полушария, а также заходящая в тундры и альпийские пояса гор.

Карл Линней воспитал огромную армию учеников, был их вдохновителем и помощником в организации путешествий во все концы мира во имя науки.



Титульный лист книги К. Линнея «Система природы» с портретом автора. 1805 г.



ОГЮСТЕН ДЕКАНДОЛЬ

Огюстен Пирам Декандоль (1778—1841) — швейцарский естествоиспытатель, ботаник, путешественник, автор одной из первых систем растений. Свою первую ботаническую работу (1797 г.) Декандоль посвятил питанию лишайников. Он работал в Париже вместе с Ламарком, занимаясь обработкой материалов для систематики растений, изучал флору Франции и Италии, много путешествовал. Одна за другой выходят в свет его обзорные работы об обширном роде *Astragalus*, суккулентах, о семействах лилейных, бобовых, миртовых, меластомовых, толстянковых, кипрейных, паронихиевых, зонтичных, лоринтовых, валериановых, кактусовых, сложноцветных; некоторые из сочинений иллюстрированы знаменитым акварелистом Редуте. О. Декандоль является автором или соавтором названий более 18 тыс. растений.

В 1804 г. О. Декандоль получил степень доктора медицины и пост директора ботанического



сада в Монпелье (Франция). В 1814 г. он возвратился в Женеву, где на деньги меценатов и почитателей преобразовал ботанический сад, создал музей естественной истории, а в 1816 г. возглавил кафедру естественной истории в Женевском университете. В 1818 г. вышло в свет главное сочинение О. Декандоля — «Введение в естественную систему царства растений». Оно не было полностью закончено автором (при жизни вышло только 7 томов из 17), но позже работу продолжил его сын Альфонс Декандоль (1806 — 1893). Новая, глубоко проработанная естественная система до сих пор используется ботаниками, особенно при работе с гербарными коллекциями. Перу О. Декандоля принадлежат также работы по морфологии цветка, физиологии, фитохимии, болезням растений, агрономии и лекарственным растениям. Память учёного увековечена в названии улицы в его родном городе, а «Гербарий Декандоля», состоящий из 80 тыс. видов, хранится в его бывшем доме.

Итак не надо забывать об исторических причинах, связанных с развитием континентов и древними центрами развития растений в прошлые геологические эпохи.

Во второй половине XIX — начале XX в. ботаники уделяли особое внимание изучению флоры различных регионов мира. Немецкий ботаник А. Энглер (1844 — 1930) развивал историческое направление в географии растений. Он издал замечательный многотомный труд «Опыт истории развития растительного мира с третичного периода», в котором показал развитие современных растений из древних флор. Энглер изучил ареалы видов (области их распространения) и составил обзор родов растений мира, который и в настоящее время широко используется во многих гербарных коллекциях растений. Первое издание его системы было опубликовано в 1887 г., а последнее — в 1936 г.

В XX в. было разработано несколько новых классификаций растений. В начале столетия немецкий ботаник Х. Галлир (1868—1932) предложил систему покрытосеменных (цветковых) растений. Согласно его



Костёл в городе Уппсала (Швеция), в котором похоронен К. Линней.



ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ И БОТАНИКА

Ботаники внесли огромный вклад в учение об эволюции органического мира. Французский биолог Жан Батист Ламарк (1744—1829) впервые представил развитие органического мира как процесс постепенного перехода живых существ на более высокий уровень организации. В своих работах он рассматривал преобразование видов и возникновение новых групп организмов. В середине XIX в. английский натуралист Чарлз Дарвин (1809—1882) сформулировал эволюционную теорию, объясняющую единство и разнообразие современных организмов их общим происхождением. Для разработки этой теории пригодилась систематика — раздел ботаники, который устанавливает родство организмов в историческом плане, помогая восстановить ход развития мира живых организмов. При естественном отборе образование видов может происходить двумя путями. Первый состоит в обособлении популяции предкового вида и формировании двух или более новых видов, а второй — в постепенном изменении вида и образовании нового, более приспособленного к условиям окружающей среды. Выявление и изучение родственных видов позволили Ламарку, Дарвину и английскому натуралисту и путешественнику Альфреду Уоллесу (1823—1913) обосновать эволюци-



Памятник Ламарку в ботаническом саду в Париже.

онное учение о родстве и общем происхождении всех живых существ.

Разработанная Дарвином теория биологической роли скрещивания и отбора в эволюции имела огромное влияние на развитие селекции растений и животных. В мире появились лаборатории, в которых создавали новые формы культурных растений. В конце XIX — начале XX в. одним из величайших творцов растительных форм был американский селекционер Лютер Бёрбанк (1849—1926). Путём скрещивания и последующего жёсткого отбора он вывел 1260 новых

растений, среди них бескосточковую сливу Бёрбанка, персикоминдаль, гибрид сливы и абрикоса и др. Среди декоративных растений замечательны ромашка Шаста с огромными корзинками снежно-белых цветков, георгины с запахом магнолии, голубые маки и др. Бёрбанк проводил отбор из огромного количества гибридов. Работая с ромашкой, он вырастил до 500 тыс. растений, а при работе со сливами — более 7 млн семян. Из этого многообразия он выбрал только несколько экземпляров, которые понадобились ему для выведения сорта с заданными свойствами.



Из 65 тыс. гибридов ежевики Бёрбанк отобрал 6 лучших без колючек, а остальные сжёг.

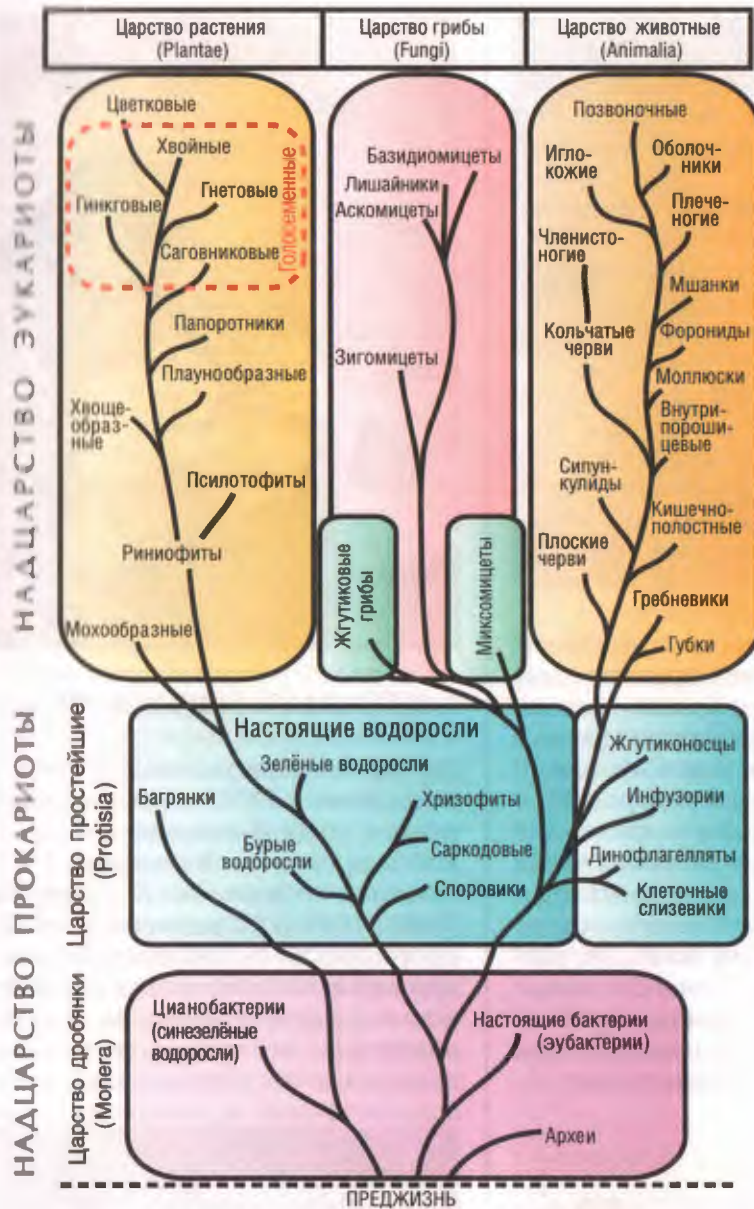


Ф. Кало. Лютер Бёрбанк. 1931 г.

теории, цветок представляет собой видоизменённый побег: центральная ось превращена в цветоложе, а части являются видоизменёнными листьями и их придатками. Галлир считал наиболее примитивными те цветки, в которых много листочков околоцветника, тычинок и пестиков. Поэтому его система начинается с многоплодных (лютиковые и др.) как исходной группы цветковых растений.

Близкие взгляды на происхождение цветка высказали в своих системах американский ботаник Ч. Бесси (1845—1915) и английский ботаник Дж. Хатчинсон (1884—1972). Последний в середине XX в.





Филогенетическое древо живых организмов планеты Земля.



Авторы тома «Ботаника» «Энциклопедии для детей» рассматривают царство грибов, представители которого сочетают в себе признаки как растений, так и животных, в отдельной главе «Грибы». Особое внимание в книге уделено бактериям, которым также посвящена отдельная глава.



Таксоном в систематике называют любую систематическую категорию — от вида и его внутривидовых подразделений до рода, семейства, порядка, класса и, наконец, царства.

опубликовал систему, в которой примитивную группу многоплодных растений разделил на две ветви — древесные и травянистые растения. Бесси, создавая свою систему, использовал особенности биохимического состава растений.

Первую попытку создания филогенетической системы растений сделал австриец Р. фон Веттштейн. К началу XX в. вышло несколько изданий

эволюционной системы высших растений А. Л. Тахтаджяна (1910—2009), основанной на анатомо-морфологических, генетических и биохимических признаках растений. В наши дни именно этой системой пользуются ботаники всего мира. Её главным положением является теломная теория происхождения органов высших растений, в том числе и цветка. Теломами называются лишённые листьев



В середине XX в. новые технологии позволили получать ткани растений и всё растение целиком из одной клетки с заданными свойствами.

► Современные классификации растений основаны на новых данных молекулярной биологии.

вильчатообразные побеги наземных растений. Согласно теории Тахтаджяна, все органы высших растений произошли, развиваясь из теломов примитивных семейств ныне вымерших псилофитовых.

Многие коллективы ботаников работают над проблемой создания классификации на основе генетических особенностей видов и их популяций по данным палеоботаники и анализа ДНК (молекулярная филогения). Наиболее часто для выяснения родственных отношений систематических таксонов используют структуру ДНК и последовательность генов. Можно надеяться, что новые данные помогут систематикам прийти к единой общепризнанной естественной системе растений.

В современной систематике известно огромное разнообразие видов: голосеменных растений — около 700, покрытосеменных — 240 тыс., папоротникообразных — около 10 тыс., мхов — 24 тыс., водорослей — около 23 тыс., грибов — около 100 тыс., лишайников — 20 тыс., а также бактерий — 3 тыс., синезелёных водорослей — 2 тыс. Всего известно около 500 тыс. видов ныне живущих растений. Каждый год приносит новые пополнения в различных группах растений, и инвентаризация флоры Земли далеко ещё не завершена.



КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ

Первые описания растительной клетки появились в XVII в., после изобретения и усовершенствования световых микроскопов. В середине XIX в. немецкие учёные М. Я. Шлейден (1804—1881) и Т. Шванн (1810—1882) сформулировали теорию о клеточном строении всех живых организмов, в которой обоснованы главные положения: все живые организмы построены из клеток; существуют одноклеточные и многоклеточные организмы; развитие любого многоклеточного организма начинается с одноклеточной стадии. Благодаря совершенствованию микроскопической техники к началу XX в. были описаны все клеточные органеллы — составные части клетки, видимые в световой микроскоп. А с середины XX в., с появлением электронных микроскопов и новых технологий, стало возможно изучать клетку ещё более детально. Наука, изучающая клетку, называется цитологией.

В конце XIX — начале XX в. немецкие учёные Х. Фёхтинг (1892 г.),



К. Рехингер (1893 г.) и Г. Хаберландт (1903 г.) впервые попробовали культивировать изолированную клетку в пробирке в подтверждение идеи о возможности растительной клетки давать жизнь новому организму. Изучение тканей — предмет науки гистологии. Чем больше тканей в составе организма, тем выше его организация. На этом основано представление об эволюционном развитии царства растений в целом от простых к более сложным и крупным организмам. Ботаникам давно известно, что важнейшие ткани сосудистых растений объединяются в три системы: покровные, проводящие и основные ткани. Идеи о возможности культуры клеток растений появились в биологии в середине XIX в. Американский биолог У. Роббинс и его коллега немецкий гистолог В. Котте в 1922 г. обнаружили, что образовательные ткани (меристемы) корня могут развиваться в синтетической среде в лабораторных условиях, а в 1932 г. американец Ф. Уайт и француз Р. Готре показали, что меристемы корня способны расти неопределённо долго при замене питательных сред. К 1960 г. было разработано несколько методов получения больших масс клеточных суспензий: на основе культивирования одной клетки и протопласта клетки, а также клонального микроразмноже-



К. Стайлер.
Портрет Иоганна
Вольфганга Гёте.
1828 г.

ния (воспроизведение клеток ткани из одной клетки с заданными свойствами) — они широко применяются в разведении растений. В последние годы исследования клеток и тканей получили новый импульс, продолжается быстрый прогресс технологий клеточной инженерии.

МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Как наука о формах и их развитии морфология (от *греч.* *morphe* — «форма» и *logos* — «учение») изу-

Сорта пиона различаются величиной, окраской, строением цветков, размерами и формой куста.

ЭМБРИОЛОГИЯ

Эмбриология — наука, изучающая закономерности образования и развития зародышевых стадий у растений. Существенный вклад в развитие эмбриологии внесли английский ботаник Р. Броун (Браун; 1773—1858), впервые описавший строение семязачатки цветковых растений, и русский цитолог С. Г. Навашин (1857—1930), который открыл у этой группы растений двойное оплодотворение. Наиболее важные открытия как в этой области, так и в морфологии растений были сделаны в XIX—XX вв. Сейчас активно ведутся работы по получению плодов без семян (винограда, мандаринов, бананов и др.), выращиванию зародышей в искусственных средах, сохранению жизнеспособности пыльцы и др.



Михаил Васильевич Ломоносов — выдающийся русский учёный.



Антуан де Фуркруа — французский химик и политический деятель.



Антуан Лоран Лавуазье — французский химик.

чаёт внешнее строение растений, их структуру, функции, образование, развитие, превращение форм (метаморфозы) как результат приспособления к различным условиям окружающей среды. Впервые на возможность происхождения лепестков цветка в результате видоизменения листьев указал в 1583 г. итальянский учёный А. Цезальпин (1519—1603). Затем, в 1790 г., известный немецкий поэт и натуралист И. В. Гёте (1749—1832) обосновал идею о том, что все органы цветковых растений произошли в результате видоизменения листа в процессе развития. С середины XIX в., после работ А. Н. Бекетова (1825—1902) в России и В. Гофмейстера (1824—1877) в Германии, стала развиваться наука о формообразовании растений — фитоморфология. Со временем накапливались знания о развитии органов растений. В начале XX в. два английских ботаника, Э. Арбер (1870—1918) и Дж. Паркин (1874—1964), сформулировали эвантовую гипотезу происхождения цветка (теория «истинного» цветка).

Согласно ей, цветок в своём развитии связан с генеративными органами предковых форм и в процессе эволюции наследует и совершенствует генеративные органы (в цветке появляются пестики и тычинки).

БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

Биохимия растений изучает молекулярное строение клетки и химические процессы, которые в ней происходят. Основополагающими в этой области стали работы замечательного русского учёного М. В. Ломоносова (1711—1765), сформулировавшего закон «сохранения вещества и движения», и работы французского химика А. Л. Лавуазье (1734—1794), открывшего закон «сохранения вещества». Первые сведения о химическом составе растений были опубликованы в руководстве французского химика Н. Лемерие (1645—1715): он указал на специфику химических веществ растений в отличие от веществ животных организмов и неживых природных объектов. Затем, в 1801 г., свет увидел 10-томный труд французского химика А. де Фуркруа (1755—1809), посвящённый системе химических знаний, в нём учёный впервые выделил органические вещества растительного происхождения (сахар, белок, растительные кислоты, крахмал, красящие вещества, воска, смолы и др.) и под-





твердил их своеобразие и отличие от других веществ. К концу XIX в. учёным стали известны многие биохимические процессы, обеспечивающие жизнедеятельность растений, в частности открыта химическая природа хлорофилла. К середине XX столетия были открыты и охарактеризованы основные классы веществ, входящих в состав растительных организмов. Современная биохимия растений всё глубже изучает процессы биосинтеза веществ в клетках, продукты промежуточного обмена, роль ферментов на разных стадиях синтеза и распада веществ, энергетического обмена в клетках. Возникли мощные направления молекулярной и биоорганической химии, развивающиеся в тесной связи с биофизикой растений.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Физиология растений изучает процессы фотосинтеза, водного обмена, транспорта веществ, роста и развития растений. Эта наука зародилась в XVI в. и шла вперёд в тесном контак-

те с биохимией и биофизикой растений. Первые попытки объяснить циркуляцию в растениях воды, поступающей через корни путём всасывания, предприняты в конце XVI в. итальянским учёным А. Цезальпином. Французский физик Э. Мариотт (1620—1684) доказал, что растения получают питательные вещества не только из почвы, но и из воздуха. Роль растений в «очищении воздуха» на свету от углекислого газа, выделяемого животными, была описана в работах английского химика Дж. Пристли (1733—1804), открывшего кислород, а также голландского врача Я. Ингенхауза (1730—1799) и шведского химика К. Шееле (1742—1786). Первые исследования фотосинтеза у растений провёл немецкий врач Ю. Р. Майер (1814—1878), доказавший, что растения многие вещества вырабатывают сами, используя энергию Солнца и переводя её в химическую форму. Фотосинтез и транспирацию у растений изучали и русские учёные К. В. Тимирязев (1843—1920) и В. В. Заленский (1875—1923): они показали механизмы движения воды в растениях; значение устьиц в обмене газов и паров. Формулу фотосинтеза окончательно уточнил американский биохимик К. ван Ниль (1897—1985), однако эту

◀ Памятник К. А. Тимирязеву в Москве, на Тверском бульваре. Скульптор С. Д. Меркуров, архитектор Д. П. Осипов. 1923 г.

Исследование внутренней структуры клетки.





►
Резушковида
Таля.



Николай
Иванович
Вавилов —
русский биолог,
генетик, географ.

удивительную и важнейшую космическую функцию зелёного растения воспроизвести в лабораторных условиях пока ещё не представляется возможным.

Русский ботаник Н. А. Максимов (1860—1952) занимался морозоустойчивостью и засухоустойчивостью растений. Процессам дыхания и брожения в растениях посвящены работы многих русских учёных: биохимика А. И. Баха (1856—1946) — о медленном окислении; физиологов В. И. Палладина (1859—1922) — о восстановительных процессах при дыхании и образовании углекислого газа и воды в процессе дыхания и С. П. Костычева (1877—1931) — о связи брожения и дыхания.

Интереснейшие исследования синтеза органических веществ проведены американским физиологом Ю. Саксом (1832—1897) и русским физиологом растений Д. Н. Прянишниковым (1865—1948). Благодаря им стала понятна роль различных ферментов в процессах биосинтеза и обмена веществ у растений.



Землеведение — наука о нашей планете, её оболочках, их структуре и развитии. Биоклиматология изучает распространение растений в зависимости от климата. Основоположником землеведения и биоклиматологии является А. Гумбольдт.

Александр
Гумбольдт —
немецкий учёный
и путешественник.



ГЕНЕТИКА РАСТЕНИЙ

Генетика растений изучает механизмы и закономерности наследственности и изменчивости организмов, методы управления этими процессами. Генетика — наука XXI в., так как представляет собой наиболее динамично развивающуюся часть современной биологии и ботаники; её значение для медицины, сельского хозяйства и теоретической биологии огромно. Основы генетики заложил австрийский естествоиспытатель монах Г. Мендель (1822—1884), который в 1865 г. обнаружил строгие закономерности расщепления признаков в ряду поколений одного вида, т. е. открыл законы наследственности, названные законами Г. Менделя. Американский биолог Т. Морган (1866 — 1945) и его коллеги по научной школе обосновали хромосомную теорию наследственности в начале XX в.

На молекулярном уровне наиболее важные открытия при изучении структуры хромосом были сделаны уже в середине XX в. В 1953 г. американский генетик Дж. Уотсон (родился в 1928 г.) и английский биофизик Ф. Крик (1916—2004) создали объёмную модель молекулы ДНК и раскрыли механизм передачи наследственной информации. Важнейшая задача современной генетики — расшиф-



рошка генома растений. В настоящее время расшифрован геном только у одного однолетнего маленького цветочного растения — резушкови́дки Таля (*Arabidopsis thaliana*).

Клетки типичных бактерий (безъядерных, лишённых клеточного ядра организмов) имеют диаметр около 3 мкм и содержат свыше 3 тыс. различных белков. Эукариотические клетки (имеющие ядро) имеют размеры 10–100 мкм и могут содержать до 30 тыс. белков. Единственный раскрытый геном резушкови́дки Таля насчитывает около 25 тыс. белков. Подробно о генетике растений читайте в томе «Биология» Энциклопедии для детей.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ГЕОГРАФИЯ РАСТЕНИЙ

География растений изучает закономерности их распространения на Земле. Её основатель — известный путешественник немецкий учёный А. Гумбольдт (1769–1859). Он разработал учение о жизненных формах растений, установил закономерности высотной поясности в горах, заложил основы общего земледелия и биоклиматологии.

Работы в области ботанической географии успешно проводил и швейцарский ботаник А. Декандоль. Он высоко оценивал роль исторических причин в распространении растений на земном шаре. Большой вклад в генетику, селекцию и растениеводство внёс выдающийся русский ботаник и географ Н. И. Вавилов (1887–1943). Он создал теорию наследственной изменчивости культурных растений и выделил центры их происхождения, обосновал географические закономерности земледелия в различных районах мира.

К концу XIX в. из ботанической географии выделилась наука геоботаника, или фитоценология, изу-



чающая формирование, развитие и распространение растительных сообществ на планете в целом и в отдельных её регионах. У истоков фитоценологии стоял В. Н. Сукачёв (1860–1967), основоположник учения о растительном сообществе — фитоценозе. Фитоценология прошла значительный путь в XX столетии, определив многие направления современной экологии.

Зелёные растения поддерживают равновесие всех природных комплексов планеты.

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Экология растений возникла на рубеже XIX—XX вв. Она изучает взаимоотношения растений с окружающей средой, другими организмами и человеком. Жизнь в современном мире во

Огромные биологические ресурсы скрыты от жителей планеты в водах морей и океанов.





Листья растений — «фабрика», превращающая энергию Солнца в доступную для других организмов энергию химических связей.

многим определяется деятельностью растений и состоянием растительного покрова на земном шаре. С каждым годом растёт население планеты (в начале XXI в. на Земле уже насчитывалось более 6,5 млрд человек), увеличивается интенсивность воздействия человека на природную

ЧТО ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ РАСТЕНИЯ

Растения имеют характерные особенности, которые выработались в процессе длительной эволюции жизни на Земле и отличают их от других живых организмов.

Прежде всего растения являются автотрофными организмами, т. е. обеспечивают себя питательными веществами и создают новое органическое вещество. Благодаря наличию хлорофилла в пластидах клеток в присутствии солнечного света в растениях идёт процесс фотосинтеза, во время которого они поглощают до 1 % падающей на них солнечной энергии и образуют из воды и углекислого газа первичное органическое вещество — сахарозу. При этом солнечная энергия запасается в растениях в виде химических соединений, а минеральное питание они получают из почвы путём всасывания почвенных растворов, т. е. воды с растворёнными в ней веществами. Важным свойством растений является специфическое строение клетки — наличие клеточной оболочки, состоящей из целлюлозы.

Растения ведут неподвижный образ жизни, имеют огромную внешнюю поверхность тела и значительную расчленённость (кроны деревьев, листья и корни). Растения неподвижны, но небольшая амплитуда колебаний им свойственна: двигаются черешки листьев, формируя листовую мозаику; стебли растений-паразитов прикрепляются к растению-хозяину; чашелистики и лепестки околоцветника у цветков некоторых видов двигаются, закрываясь на ночь, и т. п. Растения являются «открытыми организмами» и растут в различные периоды жизни, имея многочисленные точки роста. Они выработали своеобразные приспособления, с помощью которых могут расти и занимать новые территории. Среди них: корневища (пырей ползучий, бамбук), подземные побеги — столоны (полевица побегообразующая), надземные усы (земляника), крючки, присоски, усики для поднятия стеблей вверх на десятки метров (лианы и цепляющиеся растения), воздушные корни, которые образуют из одного растения густые заросли, напоминающие огромную рощу (фикус), и др.

Расселение растений происходит с помощью спор (одноклеточные зачатки бесполого поколения), семян (сложные зачатки полового поколения), многоклеточных зачатков при вегетативном размножении (луковицы, выводковые почки, черенки, отводки и др.).



среду. В этих обстоятельствах очень важна роль растений: их количество и разнообразие поддерживают структуру и функции крупных природных комплексов Земли и таким образом защищают человеческую жизнь. Учёные-ботаники внесли огромный вклад в развитие фундаментальных положений биологии. Многие биологические объекты, явления и процессы были впервые открыты при изучении растений. Это клетка и клеточное ядро, хромосомы, процесс деления клеток (митоз и мейоз), законы наследственности. Растения и сейчас продолжают служить объектами для изучения основ биологии, таких, как расшифровка генома, получение новых белковых структур растительного происхождения, биотехнология, геновая инженерия, значение которых неуклонно возрастает. Исследуя тонкий и совершенный мир растений, люди пытаются моделировать похожие процессы, создавая новые вещества и новые технологии.

Сейчас ботаника стоит на пути важных открытий, особенно в сфере новейших технологий, которые должны изменить качество жизни человека. Это касается главным образом проблем, связанных с нехваткой продовольствия. Человечеству требуются более совершенные технологии создания трансгенных культур, генно-модифицированных продук-



тов, пищевых добавок, которые не принесли бы вреда здоровью людей, но во много раз повысили производительность труда в сельском хозяйстве. Решение многих экологических проблем тесно связано с развитием ботаники. Среди таких актуальных задач можно отметить, например, поиск новых энергетических ресурсов (создание биотоплива из растений), получение устойчивых урожаев технических культур, новая медицина и др. Но самая важная задача связана с самим человеком, с продлением его активной жизни, сохранением здоровья, созданием и улучшением качества окружающей среды.

БОГАТСТВО РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

Органический мир Земли включает около 5 млн видов живых организмов и подразделяется на два надцарства — доядерные (прокариоты) и ядерные организмы (эукариоты). Доядерными организмами называются потому, что их клетки лишены оформленного ядра, хотя ДНК в клетке присутству-



ет; все клетки ядерных организмов содержат ядро. Прокариоты относятся к царству дробянок (или бактерий), а ядерные к трём царствам: грибы, растения и животные. В царство растений входят организмы, способные к фотосинтезу: с плотными клеточными стенками из целлюлозы; в их клетках запасным питательным веществом служит крахмал.

Существует много классификаций живых организмов. Здесь представлена одна из них, касающаяся только мира растений. По традиции сюда включено царство грибов, потому как они достаточно близко примыкают к царству растений по целому ряду признаков.

◀ Воздушные корни фикуса плотно оплели вход в величайший храм среди руин города Ангкор-Тхом, на северо-западе Камбоджи.

ЦАРСТВО РАСТЕНИЯ

Высшие растения — около 300 тыс. видов

Семенные растения — 250 тыс. видов

Голосеменные —
720 видов

Покрытосеменные (цветковые) —
250 тыс. видов

Мохообразные —
16 тыс. видов

Высшие сосудистые растения —
более 13 тыс. видов

Псилотообразные — 4 вида

Плаунообразные ~ 1 тыс. видов

Хвоцеобразные — 15 видов

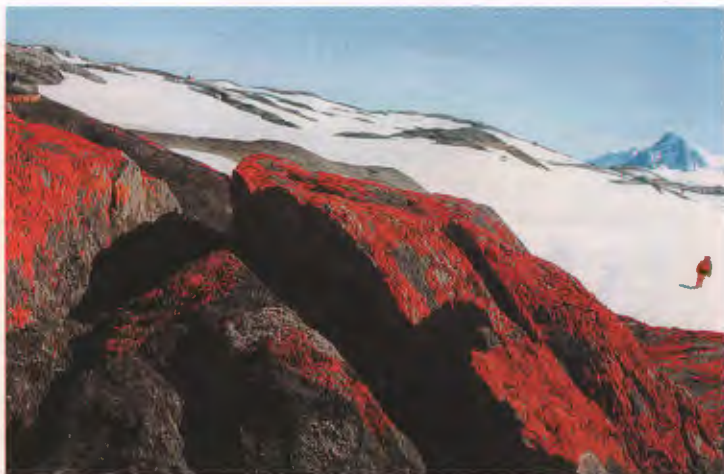
Папоротникообразные ~12 тыс. видов

Низшие растения (протисты, или водоросли) — около 185 тыс. видов

Багрянки —
около 4 тыс.
видов

Настоящие водоросли —
около 180 тыс. видов

Царство Грибы — 100 тыс. видов



Лишайники — одни из немногих организмов, которые могут выжить в суровых условиях Антарктики.

РЕКОРДЫ В МИРЕ РАСТЕНИЙ

Мир зелёных растений нашей планеты (фитосфера) — её украшение и огромная ценность. Растения завоевали сушу и океаны от северных широт до внутренних областей самого холодного и сурового материка — Антарктиды, от высокогорных ледников до центральных районов самых засушливых на планете тропических пустынь.

Предел распространения растений в горах находится в Гималаях — высочайшей горной системе на планете. Здесь в высокогорном поясе каменистых пустынь, где царят льды и снега, а температура воздуха в середине лета не превышает +5 °C, растут представители семейства гвоздичных (*Caryophyllaceae*). На высоте 6000 м найдена звездчатка стелющаяся (*Stellaria decumbens*), на высоте 6218 м встречается песчанка моховидная (*Arenaria musciformis*). На горе Камет на высоте 6400 м растут эрманиорпис гималайский (*Ermaniopsis hima-*

layensis из семейства *Brassicaceae*) и лютик лопастной (*Ranunculus lobatus* из семейства *Ranunculaceae*).

На острове Локвуд у северного побережья Гренландии (80° с. ш.) растёт ясколка альпийская (*Cerastium alpinum*) из семейства гвоздичных. На острове Изгнания в Антарктике, у 60° ю. ш., обнаружен злак щучка антарктическая (*Deschampsia antarctica* из семейства *Poaceae*).

Лишайники распространены очень широко во всех природных зонах. Они составляют основу тундровых сообществ, живут в лесах, на лугах и болотах, в некоторых пустынях образуют сплошной покров, поднимаются высоко в горы, селясь на скалах. Накипные лишайники известны как форпосты жизни, они встречаются высоко в горах, на каменистых побережьях Арктики и Антарктики. Семь видов лишайников найдены в Антарктиде всего в 400 км от Южного полюса.

Пустынные растения приспособляются к засушливым условиям разными способами. Некоторые развивают корневую систему, способную находить и поглощать даже минимальное количество воды. Другие научились запасать воду в листьях и тканях, такие растения называются суккулентами.

► Оливу европейскую считают самым долгоживущим культурным растением.

Вельвичия удивительная встречается в пустыне Намиб. Учёные обнаружили отдельные экземпляры, которым уже около 500 лет.





тами. Очень немногие растения могут использовать водяные пары воздуха, пропуская их через поры листьев. В американской пустыне встречается карликовый кедр (*Peucephyllum*), он может некоторое время полностью отказаться от почвенной воды и пополнять её запасы только за счёт водяных паров из воздуха в ночные часы. Похожей способностью обладают в пустыне Сахара каперсник (*Capparis spinosa*), а в засушливой пустыне Гоби — эфедра Пржевальского (*Ephedra przewalskii*). Эти растения живут в экстремальных условиях пустынь, непрочно прикрепляясь к щебнисто-каменистым поверхностям, где их корни почти не получают почвенной влаги. Другие растения пустынь развивают мощную корневую систему, которая может использовать конденсированную влагу или достигать грунтовых вод, как это делают представители парнолистниковых, саксаулов, джузгунов и другие растения.

Пустыня Намиб в Африке простирается узкой полосой (100 км) вдоль юго-западного побережья Атлантического океана. Это крайне засушливая область, где практически нет осадков в течение года, но зато много туманов (в среднем 200 туманных дней в году). Для неё характерны подвижные песчаные дюны и щебнистые участки. В этой полосе туманов значительную роль играют лишайники и почвенные водоросли, среди травянистых

растений преобладают суккуленты. Именно здесь, в прибрежной полосе пустыни Намиб, португальский ботаник Ф. Вельвич нашёл удивительное растение из отдела голосеменных. Английский ботаник Дж. Хукер, сподвижник Ч. Дарвина, описал его и дал название — «вельвичия удивительная» (*Welwitschia mirabilis* из семейства *Welwitschiaceae*). Это растение с низким, до 1 м высотой, стволом, похожим на пень, к которому прикреплены два лентовидных листа в несколько метров длиной с разорванными ветром концами. При прорастании семени образуются две семядоли, они отмирают и заменяются двумя листьями, которые сохраняются всю долгую жизнь растения (100 лет и более, есть данные, что отдельные экземпляры могут жить больше 500 лет).

Мировой океан заселён иными растениями, чем те, которые растут на суше. В морях встречается около 30 тыс. видов растений и абсолютно преобладают разнообразные водоросли. Только 40 видов представляют цветковые растения. Все они относятся к однодольным и называются обычно «морскими травами». Высших споровых растений (мхов, папоротников, хвощей) в морях нет. Водоросли представлены самыми разнообразными по размерам организмами: от мелких одноклеточных форм (доли милли-

◀ Вольфия — субтропическое растение крошечного размера. Оно встречается в пресных водоёмах Северной и Западной Африки, Азии и Америки.

Секвойя — самое высокое дерево на Земле произрастает в прибрежных лесах Калифорнии и Южного Орегона (США).





► Альбиция — крупное листопадное дерево, относится к семейству бобовых. У него раскидистая зонтиковидная крона, ажурные листья и крупные цветки, как у некоторых видов тропических акаций.



Бамбуковый медведь — большая панда родом из Китая. Взрослый зверь в день съедает до 30 кг бамбука и его побегов.

метра) до гигантских бурых водорослей тропических морей (более чем 100-метровой длины). У Багамских островов на глубине 269 м, где практически нет солнечного света, учёные обнаружили бурые водоросли. Это самые глубоководные растения Мирового океана.

Самые большие и самые маленькие растения

В Книге рекордов Гиннесса самым высоким живым деревом до недавнего времени числился Гигант Стратосферы — дерево секвойя вечнозелёная (*Sequoia sempervirens*) высотой 112,7 м, которое было обнаружено натуралистом К. Аткинсом в августе 2000 г. в национальном парке Редвуд в Калифорнии. Более точные измерения гигантских секвой в национальном парке, проведённые К. Аткинсом и его коллегами в 2006 г., показали, что Гигант Стратосферы не является чемпионом. Самая высокая секвойя теперь носит имя Гиперион — её высота 115,24 м! Другое дерево, Гелиос, уступает новому рекордсмену совсем немного — его высота 114,69 м, секвойя Икар имеет высоту 113,14 м. Деревья-рекордсмены всё ещё растут, приблизительно на 25 см в год, хотя есть мнение, что скоро их рост прекратится. Кроме того, было обнаруже-



но ещё 135 красных деревьев и секвой, высота которых превышает 106 м.

Среди цветковых самое маленькое растение — вольфия длиной всего 1—1,5 мм, плавающая на поверхности воды в стоячих водоёмах. В наших широтах обитают колонии вольфии бескорневой (*Wolffia arrhiza* из семейства *Lemnaceae*). К этому же семейству относятся и многие виды рода ряска (*Lemna*), представители которого тоже очень маленькие.

Самые длинные стебли, до 200—300 м, при толщине 2—4 см, вырастают у ротанговой пальмы (*Calamus rotang*), обитающей в лесах тропической Азии. Известны длинные лианы тропических лесов из рода феллодендрон (*Phellodendron* из семейства *Araceae*), поднимающие свои кроны на высоту 80—90 м. В лесах США произрастает лиана феллодендрон лазящий, его длина превышает 330 м.

Продолжительность жизни и скорость роста растений

Наиболее продолжительная жизнь характерна для деревьев. У многих хвойных пород средний срок жизни составляет 300—400 лет (ель, сосна), хотя возраст отдельных деревьев может достигать 600—700 лет. До 2 тыс. лет живут дубы и некоторые



Дион съедобный на вершине несёт пучок жёстких прямых листьев, 3 из 4 его видов растут в Мексике, один — в Гондурасе.



тисы. Из трав долго живут многолетние формы, а самая короткая жизнь у эфемеров (однолетних растений), успевающих пройти весь цикл развития от семени до семени за 1—1,5 месяца. Есть и монокарпики — растения, которые живут много лет, затем зацветают, дают семена, после чего умирают. К таким растениям относятся, например, некоторые виды бамбука.

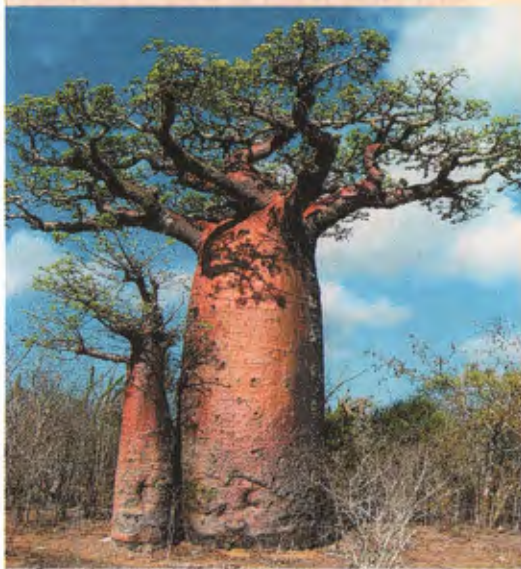
Удивительное поведение бамбука отмечали многие учёные. Каждые 33 года или 66 лет бамбук «совершает самоубийство». Гигантские тропические бамбуки зацветают, посылая вверх огромные соцветия с многочисленными цветками вместо привычных вегетативных облиственных побегов. Цветки используют все запасы веществ, накопленные растением на предшествующее цветению время. В результате растение после цветения и плодоношения погибает. Удивительно то, что все бамбуки одного вида цветут в один и тот же год независимо от местонахождения. Почему так происходит, пока не очень ясно. Некоторые учёные связывают это явление с периодами активности Солнца.

Из деревьев быстрее всего растёт альбиция серповидная (*Albizia falcata*) из семейства *Fabaceae* из Малайзии, прирост которой составляет 10,74 м в год.

Самое медленно растущее дерево — диоон съедобный (*Dioon edule*) из семейства *Cycadaceae* из Мексики. Это небольшое дерево с мощной мужской шишкой не превышает 1,5 м в возрасте 120 лет. За год диоон вырастает всего на 0,5—0,7 мм.

НЕОБЫЧНОЕ РАСТЕНИЕ

Баобаб, или адансония пальчатая, обезьянье дерево (*Adansonia digitata*), относится к семейству бомбаксовых. Родина его — тропическая Африка, где баобабы достигают в высоту 12 м, очень редко 18 м; в Австралии — 23 м. Диаметр стволов порой превосходит 9—9,5 м, составляя в периметре около 30 м; 14 человек с трудом смогут обхватить такой ствол. Громоздкие стволы покрыты светло-серой, слишком гладкой для такого крупного дерева корой и выглядят неестественно, как надувные игрушки. Древесина баобаба мягкая и пористая, насыщена водой, и этим объясняется его необычная способность изменять свой объём — «толстеть» в сезон дождей и «худеть» во время засухи, да так, что «талиа» уменьшается на 25 см. Влажную древесину легко поражают грибки, и внутри ствола образуются пустоты. Если дупло открывается сверху, то в нём накапливаются дождевая вода и роса, прикрытые от испарения листвой, и эти резервуары животные и люди используют в качестве колодцев. Трудно представить, что дерево с такой непрочной древесиной может жить долго, но по данным радиоуглеродного анализа возраст баобаба со стволом диаметром 4,5 м составляет 5,5 тыс. лет.



Плоды баобаба приятны на вкус, богаты витамином С и кальцием. Высушенная оболочка плода суха, тверда и может с успехом заменить стакан.



ЭВОЛЮЦИЯ РАСТЕНИЙ

В таких условиях могло происходить рождение жизни.

Возраст планеты Земля, на которой мы живём, около 4,5 млрд лет, а жизнь на ней появилась примерно 3,5 млрд лет назад. На протяжении долгой истории развития Земли условия, в которых развивались



РОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ

Самые древние из обнаруженных следов жизни имеют возраст примерно 3,5 млрд лет, они появились спустя 1 млрд лет после возникновения планеты Земля. Атмосфера состояла тогда из водяного пара, углекислого газа, азота и в меньшей степени — водорода, серы, метана, аммиака и прочих газов. Свободный кислород в атмосфере отсутствовал, не было и озонового слоя.

Образованию жизни в океане способствовали прежде всего вулканическая деятельность, высокие температуры воздуха и электрические разряды. Именно при таких условиях возможно возникновение органических соединений.

Самыми древними достоверными ископаемыми живыми существами были имевшие клеточную организацию прокариоты.



живые организмы, всё время менялись: тёплые периоды сменялись похолоданиями; в полярных областях формировались, а потом таяли ледяные шапки; в эпохи горообразования, следовавшие одна за другой, поднимались новые горные массивы, извергались вулканы. Воды Мирового океана периодически затопляли обширные низменности на континентах, а затем моря отступали.



В течение длинного пути развития Земли животные и растения вынуждены были адаптироваться к постоянно меняющимся условиям окружающей среды. Одно поколение живых организмов сменялось другим, и многообразие видов постепенно возрастало. Некоторые растения вымирали, другие, приспосабливаясь к новым условиям, совершенствовались, постепенно переходя от простых форм к более сложным. Происходило эволюционное (от *лат.* *evolution* — «развёртывание») необратимое развитие животных и растений.

Удивительное разнообразие организмов, живших в прошлом и существующих в настоящее время, возникло в ходе эволюции. В наше время на Земле обитает огромное количество различных форм живых организ-

мов: более 1 млн видов животных и около 500 тыс. видов растений и грибов. Множество разнообразных организмов, живших в прошлые геологические эпохи, обнаружены в ископаемом виде, и, вероятно, большее число вымерших видов ещё не известно науке.

РАЗВИТИЕ УЧЕНИЯ ОБ ЭВОЛЮЦИИ

Представления об эволюции живых организмов развивались постепенно. Французский биолог Ж. Б. Ламарк рассматривал развитие органического мира как процесс постепенного повышения организации живых существ, их преобразования и возникновения новых групп организмов. В середине XIX в. английский натуралист Ч. Дарвин сформулировал эволюционную теорию, в которой разнообразие и единство современных организмов объяснил общностью их происхождения.

Работа Дарвина «Происхождение видов путём естественного отбора», увидевшая свет в 1859 г., определила дальнейшее развитие естественных наук. Дарвину удалось объяснить единство мира живых существ, раскрыть механизмы эволюционного процесса. Он рассматривал эволюцию как изменение видов (изменчивость) в процессе их развития и приспособления (адаптации) к меняющимся условиям среды, передачу приобретённых свойств последующим поколениям (наследственность) и отбор. В дальнейшем его точка зрения получила многочисленные подтверждения.

Изменчивость и наследственность Дарвин считал основными факторами эволюции. Изменчивость организма проявляется в результате появления изменений наследственных признаков (мутаций), которые могут распространяться в дальней-



Чарлз Дарвин —
английский натуралист.

◀
Аммониты.

У тимьяна (чабреца), произрастающего на камнях, появились специальные приспособления для прикрепления к субстрату.





У омелы, паразитирующей на деревьях с мягкой корой (пихта, тополь), произошло видоизменение корней — это пример регрессивной эволюции. Воду и минеральные вещества омела получает от растения-хозяина.



У кустарника джизгуна из семейства грецишных очень мелкие узкие листья, они испаряют совсем немного воды и быстро опадают.



шем на множество других особей популяции. Популяции организмов в ходе эволюции закрепляют новые признаки, порой достаточные, чтобы образовался новый вид. При этом в эволюционном процессе всегда есть выбор — случай, который во многом зависит от изменений окружающих условий и определяет дальнейшее направление развития.

Важную роль в учении Ч. Дарвина играет естественный отбор. Он бывает трёх типов: движущий, стабилизирующий и дизруптивный. Движущий отбор направлен на сохранение мутаций, т. е. изменений в признаках организма. При стабилизирующем отборе мутации лишь сохраняют важные для организма признаки, например остаётся неизменной определённая форма цветка у растений, опыляемых насекомыми. Дизруптивный отбор приводит к разделению популяции вида на две и более. В некоторых случаях изменений в организме накапливается так много, что образуется новый вид.

Кроме трёх типов естественного отбора российский ботаник А. Л. Тах-

таджан выделяет три типа приспособительной эволюции: прогрессивную, специализацию и регрессивную. Они обычно тесно связаны между собой. Во время прогрессивной эволюции повышается общий уровень организма, происходит глубокое разделение и усложнение функций его органов, возрастает зависимость каждого органа от организма в целом. Прогрессом, например, можно считать появление у растений листа, обладающего способностью к фотосинтезу.

Специализация позволяет растению наилучшим образом приспособиться к определённым условиям отдельные части и органы. Так, цветки приспособляются к конкретным способам опыления, а растение в целом к распространению семян и плодов, вегетативному размножению. В результате приспособительной эволюции появляются новые группы и виды растений, их многочисленные экологические формы (например, растения песков — псаммофиты, скал — петрофиты, засоленных местобитаний — галофиты и др.)

В отдельных случаях в процессе эволюции происходит упрощение организмов. У паразитов, например, редуцируются (уменьшаются или не развиваются) листья, корень превращается в присоску. При этом вид может процветать, но в эволюционном отношении переход к паразитизму представляет собой регрессивное явление.

Наряду с изменчивостью большую роль в эволюции органического мира сыграла и определённая биологическая устойчивость организмов.

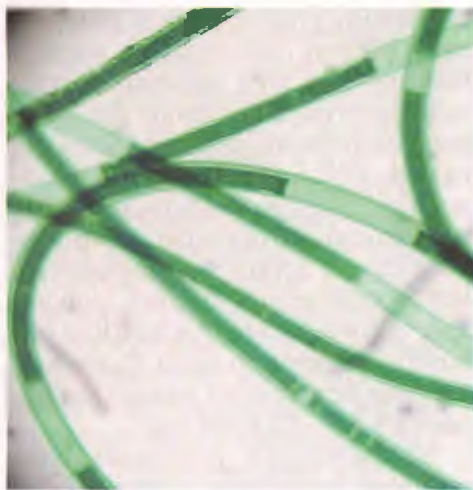
Изучая отдельные этапы и механизмы эволюции, учёные всё больше проникают в её суть, пытаясь проследить пути естественного отбора на молекулярном, клеточном, организменном, популяционном и видовом уровнях. При этом становится ясно, что мутации, рекомбинации генов и изменчивость являются основными



процессами во время естественного отбора. Живой организм преобразуется в результате наследственных изменений, которые могут передаваться из поколения в поколение и накапливаются в организмах популяции. Таким образом, изменчивость и наследственность являются основными факторами эволюции. Развитие генетики способствовало более глубокому пониманию механизмов наследования признаков и естественного отбора. После работ генетиков на рубеже XIX—XX вв. произошло объединение эволюционного учения и генетики. Клеточная теория, законы наследственности, результаты исследований биохимии, биофизики, молекулярной биологии последних лет подтверждают единство органического мира на Земле.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЖИЗНИ

Невероятно сложно представить себе необозримо долгий путь развития жизни на нашей планете. В масштабах геологической истории Земли человеческая жизнь лишь краткий миг. Человек подобен насекомому подёнке, или однодневке, сидящему на стволе векового дуба. Время жизни

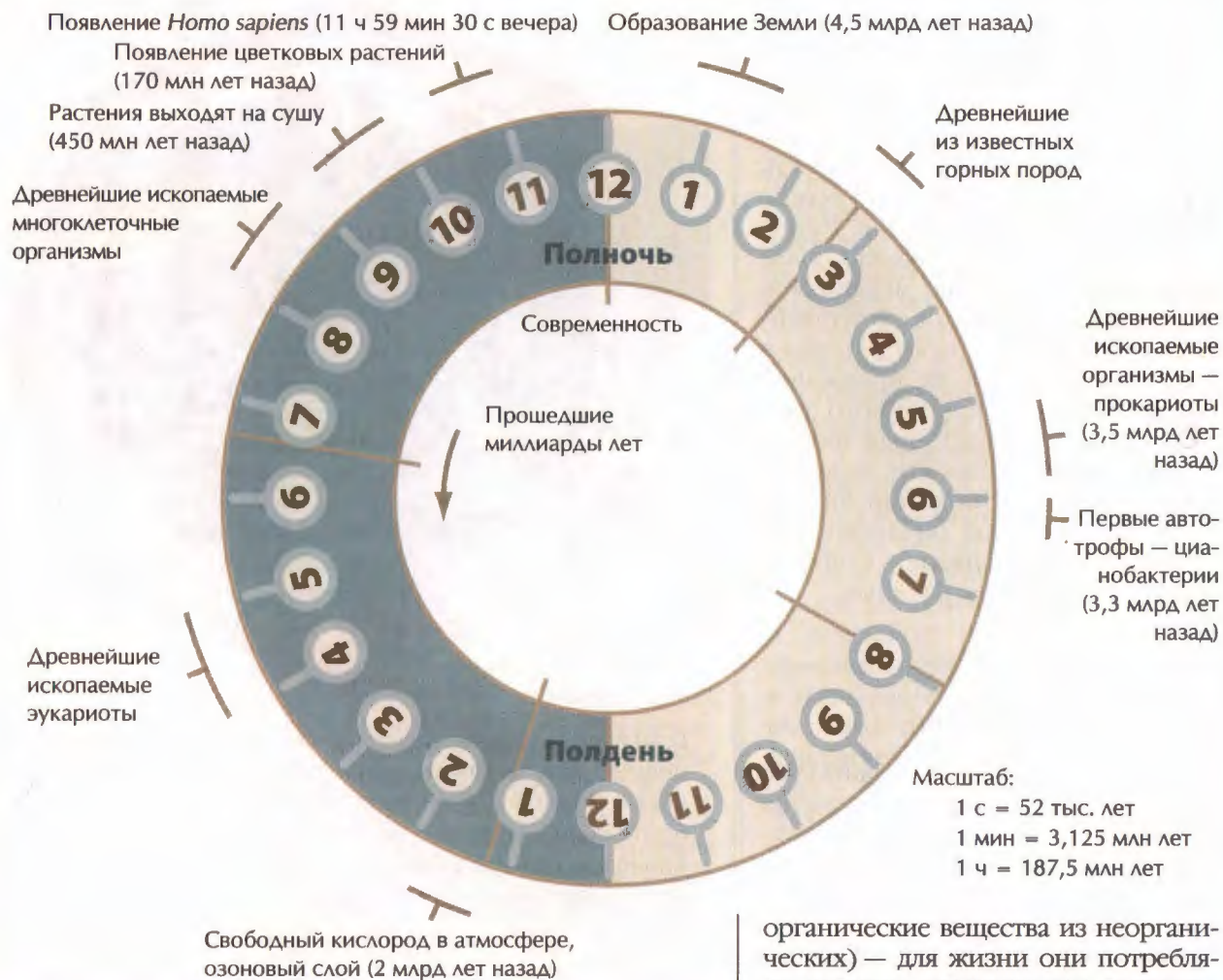


Если время существования нашей планеты представить в виде циферблата, то каждый час будет составлять 187,5 млн лет. Около 20,5 часов (3,8 млрд лет) придётся на докембрий, на протяжении которого на Земле господствовали бактерии. Кайнозойская эра, длящаяся по сей день, займёт лишь около двух минут. Человечество по этим часам не прожило и полминуты.

взрослой подёнки всего один день, и если бы она обладала способностью мыслить, то вряд ли смогла бы представить себе весь длинный путь развития дуба от жёлудя и слабого ростка до могучего взрослого дерева.

Первыми на планете появились прокариоты (доядерные организмы, в клетках которых не было ядра). Эти одноклеточные существа отличались простотой строения и функций. Начальный этап их жизни проходил в анаэробных условиях (при отсутствии кислорода), и первые прокариоты могли быть гетеротрофами (неспособными самостоятельно создавать

Цианобактерии, или синезелёные водоросли, — древнейшие микроорганизмы, способные к фотосинтезу, — широко распространены на Земле и в настоящее время.



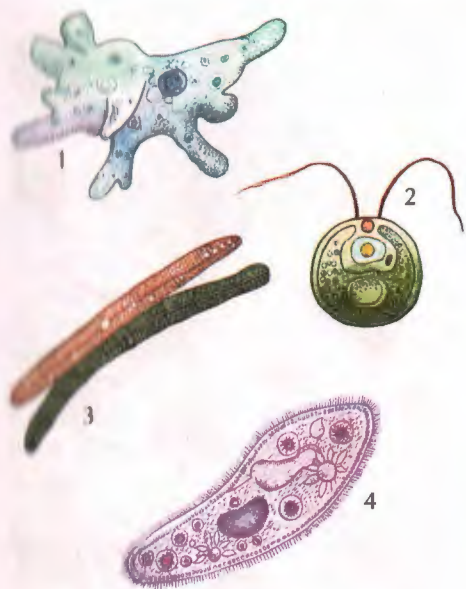
БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЧАСЫ

Попытаемся представить историю развития жизни на Земле в виде биологических часов с определённым масштабом времени, как предложили в книге «Современная ботаника» (1990 г.) её авторы П. Рейвн, Р. Эверт и С. Айкхорн. На этих своеобразных часах развитие планеты происходит за 24 часа, а настоящее время (четвертичный, или антропогенный, период кайнозойской эры) наступает в полночь.

Часы показывают, что первые этапы развития жизни были наиболее продолжительными и проходили медленно. А после появления многоклеточных организмов и их выхода на сушу скорость развития различных групп организмов резко возросла.

органические вещества из неорганических) — для жизни они потребляли готовые органические вещества. Другие прокариоты могли быть продуцентами, способными к химическому синтезу органических веществ. Большинство этих организмов получали энергию в результате брожения или анаэробного дыхания (без доступа кислорода), источником кислорода для них служили сульфаты, нитраты и др. Следы жизни прокариот обнаружены в самых древних докембрийских метаморфических горных породах кристаллических щитов почти на всех материках земного шара. Радиологическими методами их возраст определяется в 3,8—3,5 млрд лет.

В протерозое появились автотрофные организмы, использующие



для построения своего тела углекислый газ и способные создавать органические вещества из неорганических. Они использовали солнечную энергию для фотосинтеза и преобразовывали углекислый газ в углеводы. Первые фотосинтезирующие организмы — цианобактерии были найдены в породах возрастом 3,4 млрд лет. С их появлением солнечная энергия пошла в биосферу, и планета стала стремительно меняться. Сначала кислород производили только цианобактерии, затем его стали создавать и морские водоросли, строящие строматолиты — известняковые тонкослоистые образования. Однако в атмосфере кислорода накапливалось очень мало, так как он вступал в реакцию с железом, растворённым в воде. При этом оксиды железа осаждались и при помощи цианобактерий превращались в железосодержащие минералы. Сейчас это ценные железные руды, которые слагают крупнейшие в мире железорудные месторождения: Курскую магнитную аномалию, Криворожское месторождение на Украине, Минас-Жейрас в Бразилии и др.

В ходе геологической истории Земли цианобактерии мало изме-

нились; очень близкие им формы и сейчас обитают на нашей планете. Только когда океан освободился от железа и других поливалентных металлов в результате деятельности первых автотрофных организмов, концентрация кислорода в воздухе начала возрастать и примерно 2 млрд лет назад достигла 1 % от современного уровня. Устойчивое содержание свободного кислорода в атмосфере привело к полной перестройке биосферы планеты. В первую очередь это произошло благодаря эукариотам — первым ядерным организмам. Они появились 1,8—1,5 млрд лет назад и были, вероятно, свободноплавающими (планктон). Для этого этапа развития жизни характерно такое количество свободного кислорода, которого было уже достаточно для появления животных, пот-

◀ Первые простейшие организмы:
1 — амёба протей;
2 — жгутиконосец;
3 — водоросль;
4 — инфузория туфелька.

СТРОМАТОЛИТЫ

Строматолиты (буквально с *греч.* «каменный ковёр») — плотные слоистые образования, плосковершинные известковые «бочонки», образующиеся в результате жизнедеятельности колоний синезелёных и других водорослей (называемых цианобактериальным матом). Они развивались в условиях мелководья, известны с архея, часто встречались в протерозое и палеозое, но существуют и в настоящее время, формируясь главным образом в пересолённых лагунах.





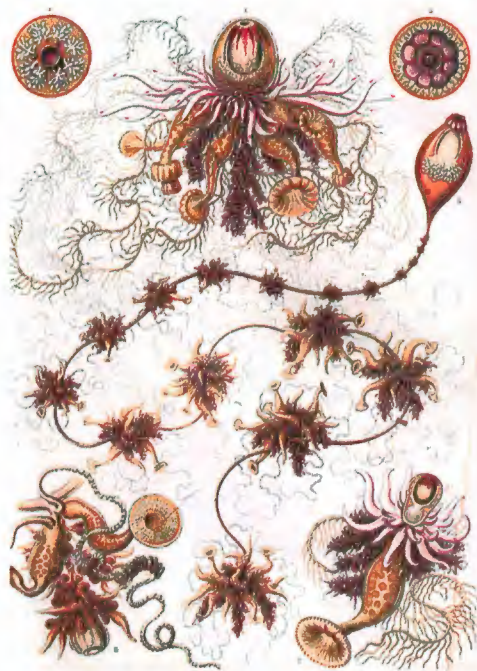
► Рисунок сифонофор Э. Геккеля. 1904 г.

Сифонофоры — плавающие колонии медуз и полипов, живущие в симбиозе и выполняющие различные функции, создавая подобие единого организма.

ребляющих его при дыхании. В этот период в атмосфере Земли сформировался озоновый слой, задерживающий жёсткую ультрафиолетовую радиацию, губительную для живых организмов.

На каждом новом этапе эволюции жизнь на планете всё больше приобретала современные черты. Последующие этапы в развитии биосферы зафиксированы в каменной летописи геологической истории Земли.

По мнению академика Б. С. Соколова (родился в 1914 г.), многоклеточные растения и животные появились почти одновременно, примерно 650 млн лет назад, когда атмосфера планеты обогатилась кислородом. В отложениях позднего докембрия встречаются разнообразные представители водных растений — многоклеточные водоросли (их слоевища заполняют толщи некоторых пород того периода: аргиллитов, глин, песчаников), макропланктонные водоросли, колониальные,



спирально-нитчатые водоросли и др. Для этого периода характерны многочисленные морские беспозвоночные, среди которых 70 % составляли кишечнополостные, особенно медузообразные плавающие формы, либо неприкреплённые колониальные организмы вроде современных сифонофор. В состав фауны входили также морские черви и трёхлучевые дискообразные организмы, сходные с морскими звёздами.

Развитие многоклеточных организмов способствовало появлению исходных форм — предшественников грибов, животных и растений, возникших в дальнейшем в процессе эволюции. По мере усложнения организмов совершенствовалась структура их клеток, тканей и органов растений.

Развитие жизни на планете хорошо прослеживается в палеонтологии с фанерозоя (надэры явной жизни), который начался 570 млн лет назад. Он делится на три эры: палеозой (эра древней жизни), мезозой (эра средней жизни) и кайнозой (эра

Чёрные курильщики — гидротермальные образования на дне океанов — «факелы» железистых и марганцевых соединений. Из жерл курильщиков поднимаются на высоту до 150 м султаны чёрного «дыма». Башни снаружи окутаны «живым одеялом» из придонных организмов.



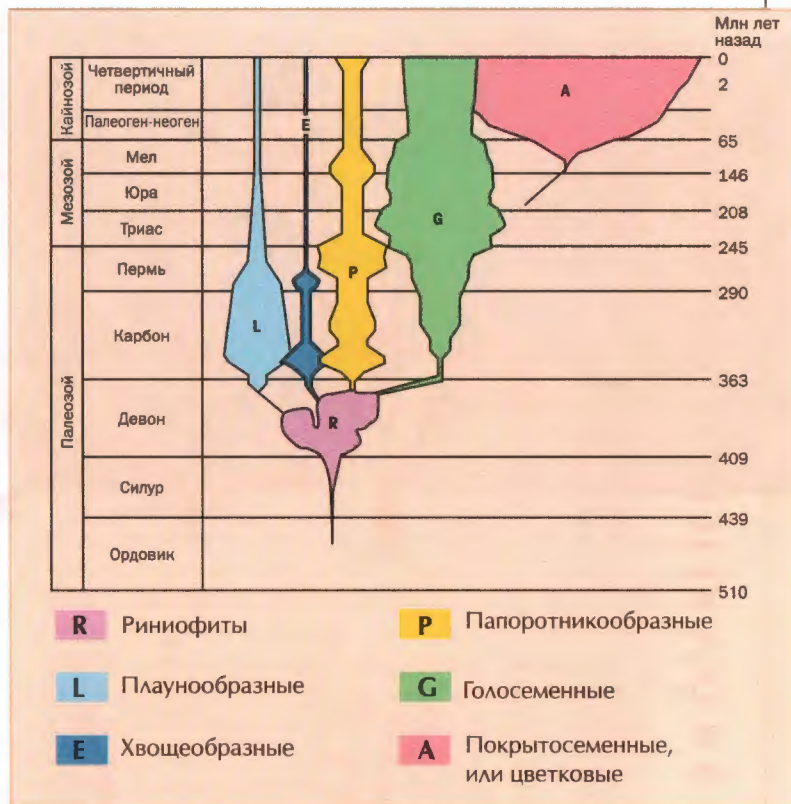


новой жизни). Заселение суши в ордовике, силуре и девоне (примерно 600—450 млн лет назад) привело к огромным изменениям в структуре и образе жизни растений. По-видимому, в это время на суше были развиты водорослевые корки, появились первые сухопутные мохообразные и лишайники.

Выйдя на сушу, растения вырабатывали приспособления, чтобы закрепиться на её поверхности: они начали увеличивать фотосинтезирующую массу тела и совершенствовать органы размножения. Данные палеоботаники — науки о вымерших растениях показывают, что различные структуры у наземных растений появились постепенно и последовательно. Например, первые фрагменты кутикулы (защитного слоя клеток листа от потери воды) появились у растений в ордовике, лист с устьицами — в силуре, а растения с трахеидами (проводящими тканями) — в девоне. С появлением кутикулы стало невозможным поглощение воды поверхностью тела, образовались корни. У растений стали развиваться проводящие ткани — трахеиды, сосуды ксилемы и флоэма. Постепенно в процессе эволюции совершенствовалось и чередование поколений.

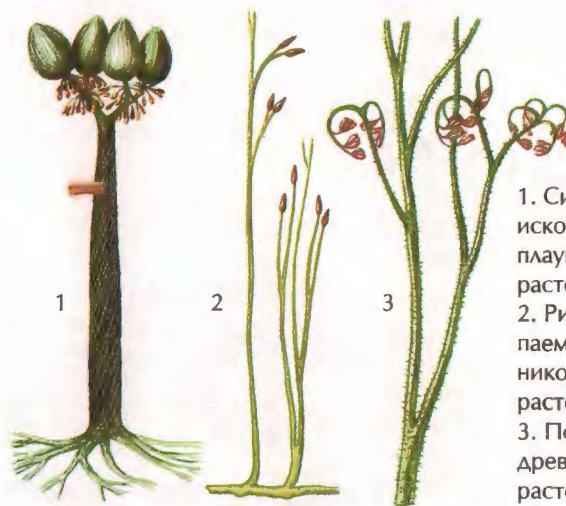
В конце силура произошло одно из ключевых событий в истории биосферы — появились сосудистые растения. Эта группа живых организмов не имеет себе равных. Благодаря им интенсивность образования органического вещества значительно возросла и возникли разнообразные группы животных.

Древнейшими группами наземных растений учёные считают многоклеточные водоросли, риниофиты и мохообразные (самая древняя группа среди мхов — талломные печёночники). Риниофиты появились в конце силура, 410 млн лет назад. Это были очень просто устроенные рас-



тения с голыми вильчатыми побегами, на концах которых располагались спорангии (органы размножения). В процессе эволюции наземные растения развили вегетативные органы (корень, стебель, лист) и выработали органы спороношения;

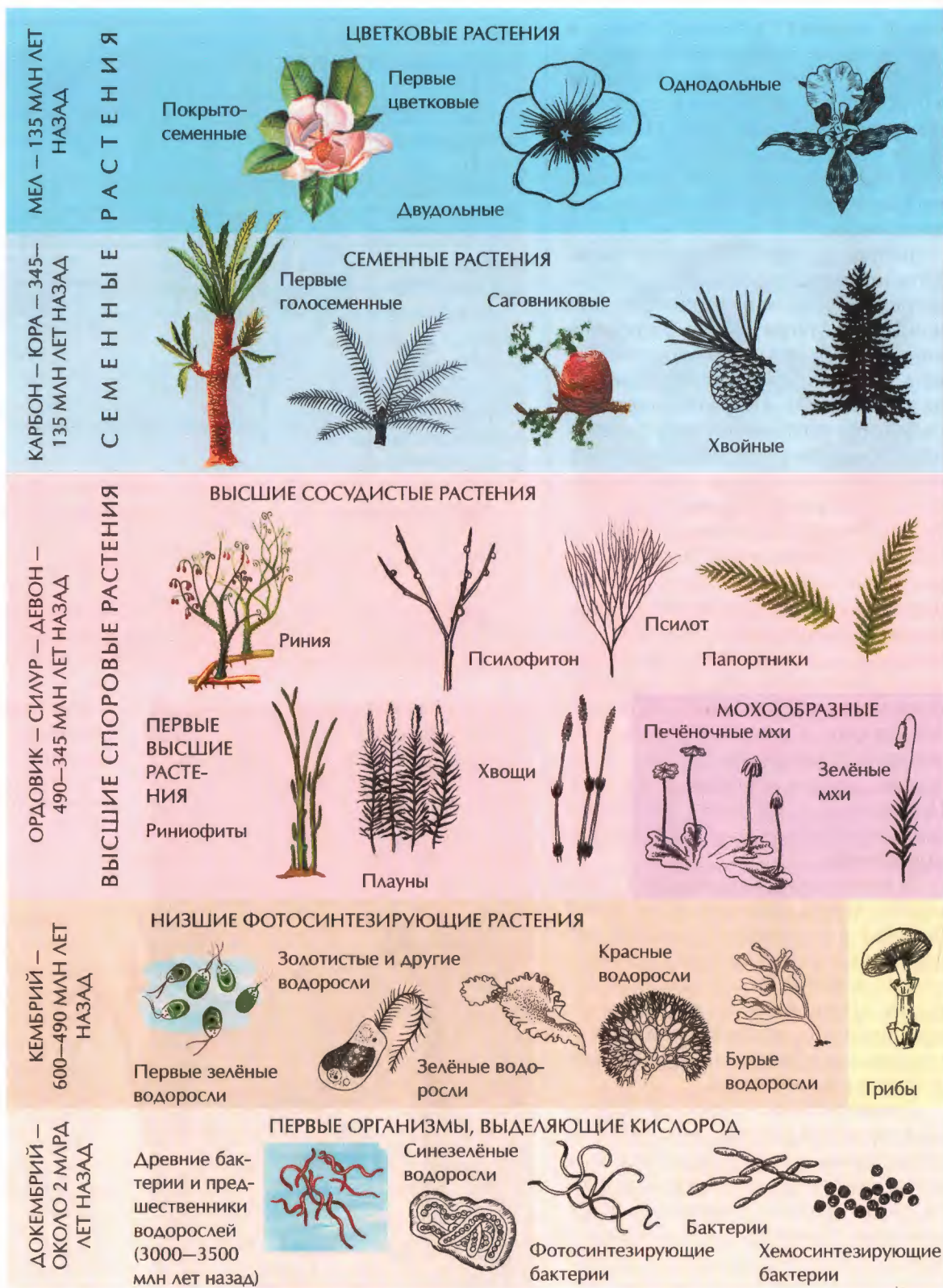
Схема развития различных групп растений в течение геологической истории Земли.



1. Сигиллярия — ископаемое плаунообразное растение.
2. Риния — ископаемое папоротникообразное растение.
3. Псилот — древнее высшее растение.



ОСНОВНЫЕ СТУПЕНИ ЭВОЛЮЦИИ РАСТЕНИЙ





Это привело к чередованию поколений, а в дальнейшем — к образованию семян (у семенных растений). Суша, по мнению выдающегося русского палеоботаника С. В. Мейена (1935—1987), покрылась растительностью только к концу девона.

Вся последующая история биосферы Земли проходила в относительно стабильных геохимических условиях, эволюция растений и животных при этом была быстрой и бурной. У растений постепенно увеличивалась относительная поверхность тела и соответственно повышалась энергия фотосинтеза, увеличивалась роль механической ткани (в результате появились длинные и высокие стебли), совершенствовалась проводящая система, которая обеспечивала доставку воды и концевые части побегов. В ходе эволюции возрастало значение бесполого поколения (спорофита) в жизни организма, что сопровождалось уменьшением роли воды в процессе оплодотворения.

Разноспоровые семенные растения появились в истории Земли примерно 370 млн лет назад, в конце девона. В это время состав атмосферы заметно изменился, что, по-видимому, вызвало мощное развитие древовидных споровых растений — плауновидных, клинолистных (предков современных хвощевых), папоротниковидных и голосеменных — беннеттитовых, саговниковых, кордаитовых и др. Появился семязачаток, зародыш начал развиваться из зиготы в семени.

Голосеменные растения появились на рубеже девона и карбона (250 млн лет назад) и оставались господствующей группой до начала меловой эпохи. Интенсивность фотосинтеза в целом на планете резко возросла, концентрация углекислого газа в атмосфере снизилась, и к поверхности стало проникать значительно больше ультрафиоле-



товых лучей. Это, вероятно, привело к возникновению большого разнообразия климатов на Земле. Начали вымирать древовидные формы растений, в земной коре стали накапливаться огромные толщи каустобиолитов (органических горючих полезных ископаемых: например, каменного угля, нефти и газа). Значительное количество углекислого газа (CO_2) было выведено из круговорота веществ. Эти изменения произошли на границе палеозоя и мезозоя (примерно 250—200 млн лет назад).

Современная самая большая группа покрытосеменных, или цветковых, растений в ископаемом состоянии впервые появилась в раннем меловом периоде, примерно 140—130 млн лет назад. Тогда же произошло резкое изменение биосферы планеты, часто его называют «великим вымиранием»: оно затронуло различные группы живых организмов. В то время многие представители высших споровых растений исчезли и широко распро-

Голосеменные, наиболее древняя группа семенных растений, появились на планете около 350 млн лет назад.



Розетка элеокарпуса, произраставшего на планете около 60 млн лет назад.



► В конце мелового периода (около 65 млн лет назад) на планете произошло «великое вымирание»: вымерли динозавры, морские рептилии, летающие ящеры, многие моллюски, древовидные плауны, хвощи, папоротники.

странились покрытосеменные. Цветковые, как ни одна ранее господствовавшая группа живых организмов, представлены сейчас широким спектром семейств и видов, среди которых особое место занимают травянистые формы. Многообразие покрытосеменных растений объясняется во многом тем, что вместе с ними на планете появились насекомые-опылители (шмели, бабочки, жуки и др.), а также общественные насекомые (пчёлы, муравьи, термиты). Способы опыления становились всё более совершенными. Среди позвоночных в меловом периоде возрастает роль птиц и млекопитающих, хотя гигантские палеозойские рептилии исчезли только к его концу. Уже в кайнозое (более 60 млн лет назад) происходит бурное развитие травянистых растений. Живой мир становится всё более разнообразным.

Огромное влияние на эволюцию органического мира Земли оказали эпохи горообразования, движение литосферных плит, трансгрессии и регрессии Мирового океана, изменения климатов, неоднократно повторяющиеся оледенения в Северном и Южном полушариях. Во время этих катаклизмов вымирали целые группы организмов, господствовавшие на планете, или значительно снижалась их роль. В результате эволюции появлялись новые, более прогрессивные формы жизни.

Палеоре-
кон-
струкция ланд-
шафта каменно-
угольного
периода.



Итак, в один и тот же геологический период, включая и современный, на Земле существовали одновременно как одноклеточные, так и многоклеточные организмы, примитивные и достаточно сложно устроенные, далеко ушедшие по пути эволюции от первичных форм. Возраст современных систематических групп растений различен. Некоторые из них (например, водоросли) существуют ещё с верхнего протерозоя, другие появились в истории планеты позднее: высшие споровые — в девоне, голосеменные — в пермском, покрытосеменные — в меловом периоде. Некоторые группы растений, широко распространённые в прошлые геологические эпохи, ныне либо не сохранились, либо не играют прежней роли и присутствуют лишь в небольшом количестве видов, например голосеменные растения (600 видов). Другие группы растений были вынуждены исчезнуть (семенные папоротники, кордаиты), уступив место более прогрессивным группам. В настоящее время преобладают покрытосеменные растения (250 тыс. видов).



БИОСФЕРА — СРЕДА ЖИЗНИ

Наша планета уникальна, она имеет несколько оболочек, которые взаимодействуют между собой: атмосферу, гидросферу, литосферу и биосферу. Литосфера — твёрдая, состоящая из горных пород оболочка на суше и на дне океана; гидросфера — водная оболочка, она включает всю воду планеты в твёрдом, жидком и газообразном состоянии; атмосферой называют воздушную оболочку, простирающуюся над Землёй до высоты 2—3 тыс. км. Биосферой именуют среду обитания живых организмов, которая играет ключевую роль на планете, ведь именно жизнь определяет круговорот многих химических элементов в атмосфере, гидросфере и верхнем слое литосферы. В. И. Вернадский в работе «Биосфера», вышедшей в 1926 г., обосновал основные положения учения о живой оболочке Земли. По мнению учёного, она оказала преобразующее влияние на все сферы планеты благодаря идущим в ней биогеохимическим и биоэнергетическим процессам. Сама

биосфера поддерживается деятельностью современных и существовавших в прошлом живых организмов. Именно они накопили свободный кислород в атмосфере, сформировали отложения известняков, залежи угля, нефти и т. п.

Биосфера — живая оболочка планеты — простирается до высоты примерно 15 км над поверхностью Земли.





Жизнь в биосфере осуществляется за счёт постоянного потока солнечной энергии и круговорота химических биогенных веществ (углерода, кислорода, азота, фосфора, воды). Землю сравнивают с космическим кораблём, который, находясь в пути, не имеет возможности ни произвести ремонт на базе, ни избавиться от отходов. Поэтому судьба

такого «корабля» — биосферы находится в руках его обитателей. При умеренном вмешательстве человека биосфера в состоянии восполнять своё биоразнообразие и выполнять глобальные функции, поддерживая круговороты веществ. При усилении воздействия на окружающую среду они нарушаются, а это может негативно повлиять на планету в целом.

ЧТО ТАКОЕ ЖИЗНЬ?

Ещё в конце XVIII в. французский химик Антуан Лоран Лавуазье установил, что жизнь связана с потреблением кислорода и пришёл к выводу: с химической точки зрения жизнь — это медленное горение. Однако окислению (горению) подвержены и неживые объекты, в то же время есть анаэробные организмы, обитающие в бескислородных условиях.

Согласно классическому определению Фридриха Энгельса (1820—1895), «жизнь есть способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой, причём с прекращением этого обмена веществ прекращается и жизнь, что приводит к разложению белка». Это определение, по сути, отражает уровень знаний биологии конца XIX в. Наиболее известные возражения определению Энгельса сводятся к тому, что обмен веществ с окружающей средой свойствен только активной жизни и может на некоторое время прекращаться. Например, в жидком азоте неопределённо долго способны храниться вирусы, микробы, сперма и другие формы жизни, после размораживания они могут вновь стать активными. Живы ли они в состоянии покоя? С другой стороны, обмен веществ с окружающей средой характерен для многих чисто химических реакций.

Одно из наиболее общих свойств жизни — это способность организмов к самовоспроизведению, что отражено во многих определениях сущности жизни. Однако неживые кристаллы тоже могут расти — воспроизводиться. Но по кристаллам не движутся потоки вещества и энергии, характерные для живых организмов.

В 1944 г. известный австрийский физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии 1933 г. Эрвин Шрёдингер (1887—1961) опубликовал книгу «Что такое жизнь с точки зрения физики?». Он акценти-

ровал внимание на том обстоятельстве, что жизнь связана с поддержанием упорядоченной внутренней структуры, она, как стало известно позже, в 1956 г., реализуется через редупликацию ДНК. Исходя из второго начала термодинамики, гласящего: «Все самопроизвольно протекающие процессы в замкнутых системах идут с положительным приростом энтропии и в сторону наиболее вероятного состояния системы», Шрёдингер представил жизнь как термодинамическую открытую систему с отрицательной энтропией (т. е. с потреблением энергии), как активное поддержание и воспроизведение специфической живой структуры, идущее с затратой энергии. Биофизик Глеб Михайлович Франк (1904—1976) уподоблял живые организмы химическим машинам, он считал, что живыми могут называться организмы, в которых физико-химические, в том числе энергетические, процессы протекают вместе с процессами превращения и транспорта веществ в биологических мембранах.

В итоге можно видеть, что за прошедшее время не выработано окончательного определения жизни, но сделано много дополнений для более точного раскрытия её сущности. Живым организмам должны быть присущи следующие процессы: питание, дыхание, энергообмен, поступление и выделение веществ, раздражимость, подвижность, размножение и передача наследственных свойств потомству.

► Лотос.

▼ Аметист.





Только на рубеже III тысячелетия люди осознали, что ресурсы биосферы ограничены, исчерпаемы, что нарушения, вносимые человеком в природные процессы, ведут к ухудшению окружающей среды, к истощению ресурсов, к потере биоразнообразия на планете. Мировое сообщество предпринимает определённые шаги по охране природы, осознавая свою ответственность за сохранение разнообразия жизни и качество среды для настоящих и особенно будущих поколений людей, но эти меры пока, увы, недостаточны.



Биосфера. Концентрация живого вещества (растений и животных) максимальна у поверхности Земли.

ПРЕДЕЛЫ БИОСФЕРЫ

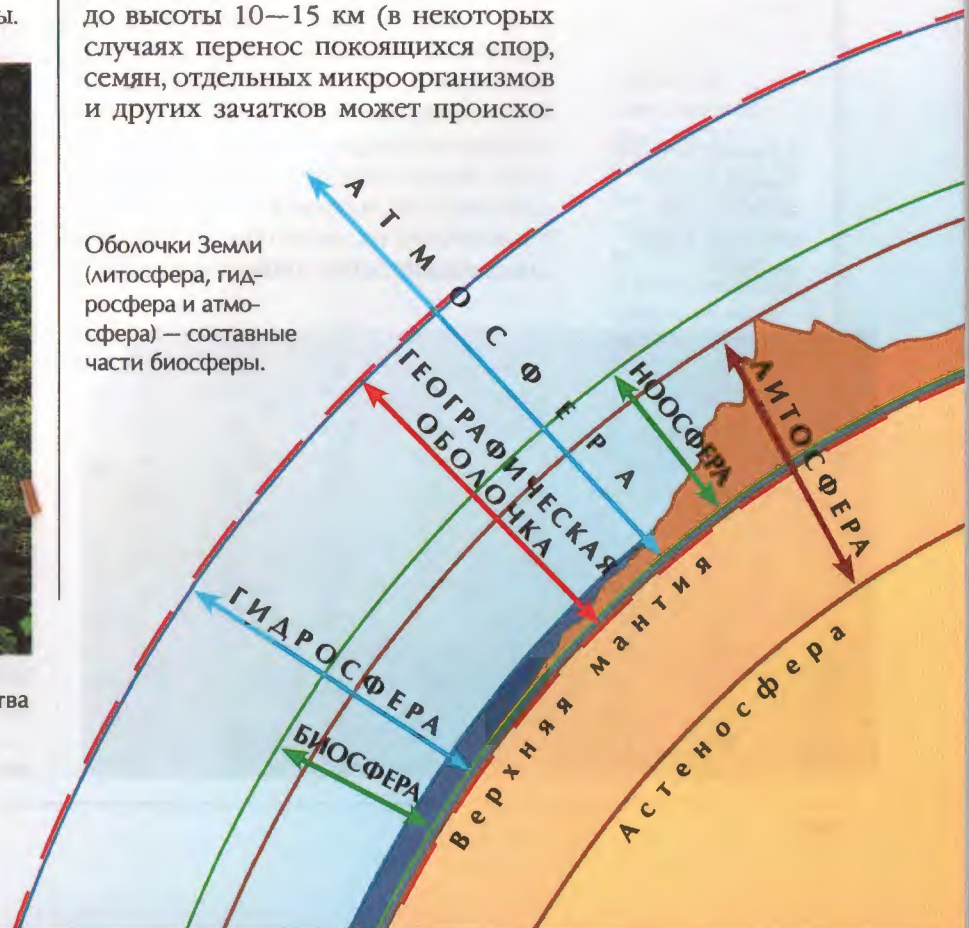
Биосфера как специфическая земная оболочка живого вещества захватывает верхнюю часть твёрдой оболочки планеты (литосферы), где проникает до глубины 30—60, иногда 100—200 м. Глубже жизнь может быть обнаружена лишь в отдельных случаях. В нефтеносных водах, например, микроорганизмы найдены на глубине более 4500 м. Биосфера занимает всю водную оболочку (гидросферу) — как пресные, так и солёные воды. Жизнь зародилась именно в Мировом океане, и сейчас здесь обитает свыше 300 тыс. видов, от микроскопических простейших организмов до гигантских синих китов. Жизнь проникает до значительных глубин Мирового океана, превышающих 11 км. Биосфера включает и нижнюю часть воздушной оболочки (атмосферы), так называемую тропосферу, где активная жизнь может существовать до высоты 10—15 км (в некоторых случаях перенос покоящихся спор, семян, отдельных микроорганизмов и других зачатков может происхо-

Гидросфера — водная оболочка Земли.



Литосфера — твёрдая оболочка Земли.

Оболочки Земли (литосфера, гидросфера и атмосфера) — составные части биосферы.



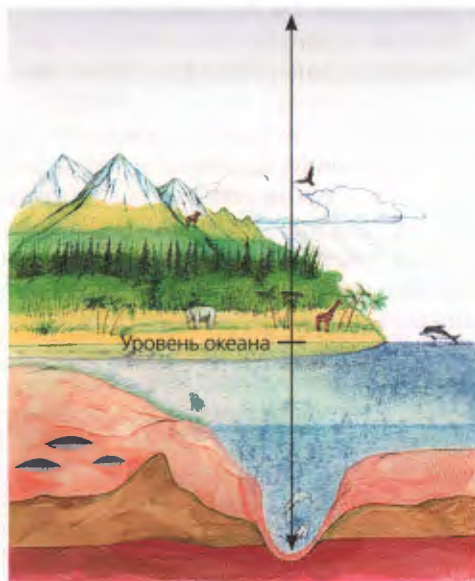


Пределы биосферы. Высота над уровнем океана — около 15 км. Глубина от уровня океана — около 11 км.



Семена, споры и пыльца растений распространяются в приземной части тропосферы.

В океанах концентрация живого вещества максимальна в зоне литорали.



доть на высоте свыше 20 км, т. е. уже в пределах нижних слоёв стратосферы). В литосфере и гидросфере, а также на границах с тропосферой живые организмы проходят весь цикл своего развития, в то время как в тропосфере они находятся лишь временно, поскольку некоторые их функции здесь осуществляться не могут, например размножение.

Таким образом, биосфера занимает по высоте 25—40 км и представляет собой тонкую плёнку живого вещества на поверхности Земли. Однако основная жизнь сосредото-

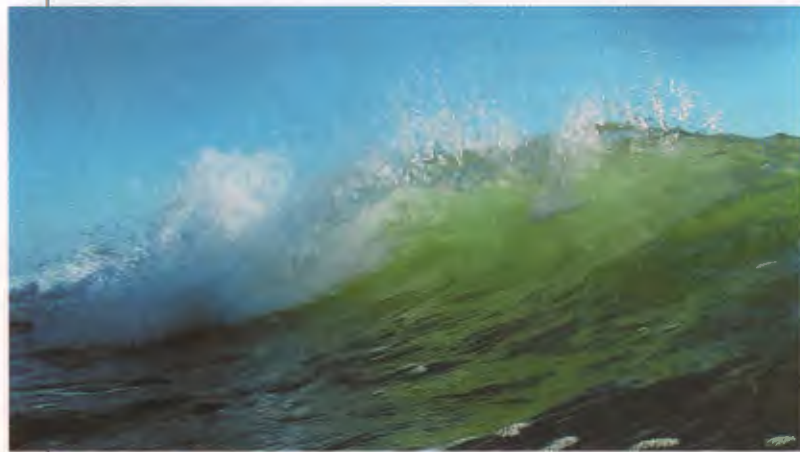
чена в более узких пределах, охватывающих всего несколько сотен метров и включающих почву (с находящимися в ней корнями растений, грибами, микроорганизмами, почвенными животными), приземную часть тропосферы, в которой располагаются надземные части растений и переносится основная масса их пыльцы, спор, семян, осуществляются перелёты птиц.

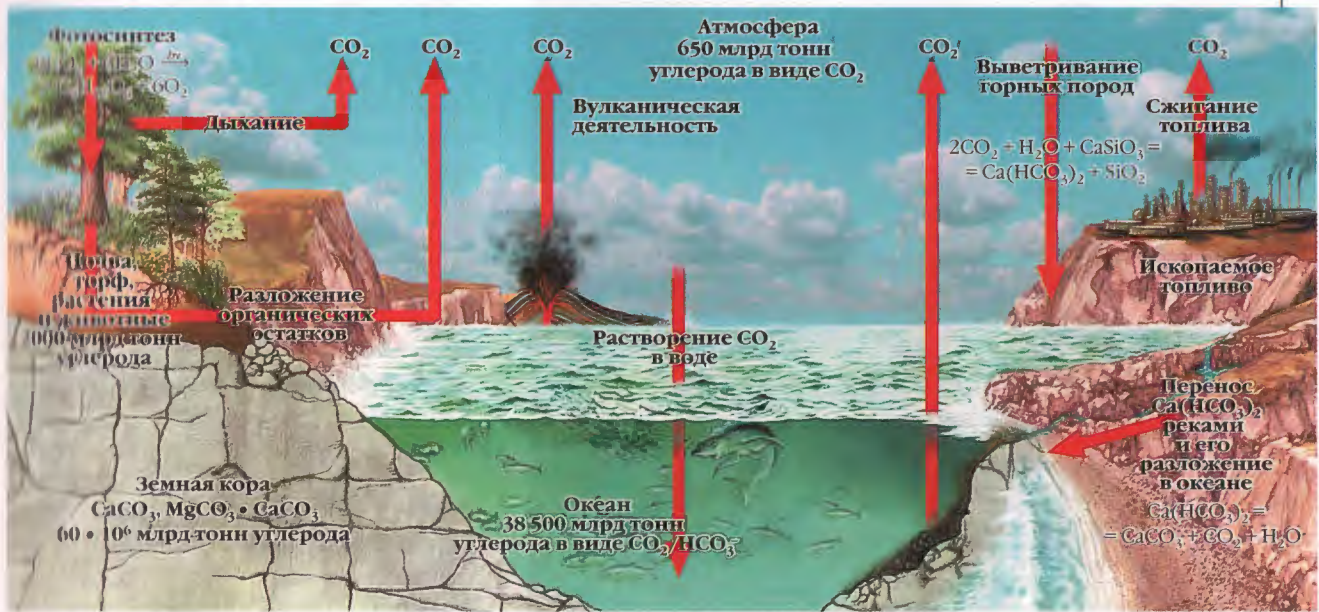
Ту часть биосферы, в которой живут растения, Виктор Борисович Сочава (1905—1978) назвал фитосферой, а Евгений Михайлович Лавренко (1900—1987) — фитогеосферой, так как в ней растения являются основными накопителями энергии. Мощностъ фитосферы на суше измеряется метрами или десятками метров, возростая до 100—150 м лишь в отдельных местах, в океанах она может достигать 300 и более метров.

БИОГЕННЫЕ КРУГОВОРОТЫ ВЕЩЕСТВ

На поверхность биосферы поступает мощный поток солнечной энергии; в этой живой оболочке в значительных количествах присутствует вода, а многие вещества находятся в трёх фазах — твёрдой, жидкой и газообразной. В биосфере происходит непрерывный круговорот вещества и энергии, в котором активнейшую роль играют живые организмы. Он возможен только благодаря свойствам особых химических элементов, которые В. И. Вернадский назвал органогенными или циклическими за их способность к многочисленным химически обратимым процессам. В процессе циркуляции элементов в биосфере они переходят из одного состояния в другое, активно участвуя в синтезе и разрушении органического вещества.

Для биосферы и человека наиболее важными являются круговороты





воды, кислорода, углерода, азота, фосфора и их «воздушных» соединений — диоксида углерода (CO_2), метана (CH_4), аммиака (NH_3), сероводорода (H_2S) и диоксида серы (SO_2). Образование биомассы и биогенный круговорот обеспечиваются тремя основными химико-энергетическими процессами: вовлечением в биохимический цикл углерода в процессе фотосинтеза, восстановлением бактериями сероводорода до элементарной серы и переводом молекулярного азота в связанное состояние азотфиксирующими микроорганизмами. Последние образуют из него соединения с аминогруппой NH_2 — основным продуктом, который включается в биогенный круговорот. Из этих трёх процессов только восстановление углерода непременно происходит в зелёном растении под действием солнечного света. Два других проводят микробы в анаэробных условиях.

В обмене веществ между живой и неживой природой наиболее важно перераспределение газов. Растения поглощают из атмосферы углекислый газ, синтезируют органическое

вещество и выделяют кислород. Связывание в органическом веществе 1 г углерода сопровождается выделением 2,7 г кислорода. Кислород полностью обновляется в атмосфере за 106 лет, как и молекулярный азот. На полное обновление запаса водорода требуется примерно десять лет, метана — четыре года, сероводорода — два дня, диоксида серы и формальдегида — несколько часов.

Круговорот углерода

Источники углерода в природе многочисленны и разнообразны. В чистом виде углерод встречается в форме алмазов, графитов и антрацитов (каменного угля), чаще же он бывает включён в состав различных химических соединений. Между тем только углекислота, либо находящаяся в газообразном состоянии в атмосфере, либо растворённая в воде, представляет собой источник углерода, который живые существа могут переработать в органическое вещество. Углекислый газ в современных условиях поступает в атмосферу из

Круговорот углерода.

Известняк (карбонат кальция CaCO_3), выходя на земную поверхность и взаимодействуя с воздухом и атмосферными осадками, начинает медленно разрушаться, разлагаясь на углекислый газ и соответствующие основания.





С помощью нефтяной буровой платформы нефть (смесь углеводородов) добывают из нефтеносных горизонтов, расположенных под дном Каспийского моря.



Торф и каменный уголь — ископаемые органические соединения углерода.



недр Земли при извержении вулканов, дыхании организмов, пожарах, окислении природных подземных газов и при сжигании топлива человеком. Содержание углекислого газа в атмосфере нашей планеты — 0,03 %. Примерно 1/3 (около 200 Гг) его общего запаса в воздухе и в составе живых организмов ежегодно находится в обращении (при этом вклады организмов океана и суши примерно равны). Углерод участвует в фотосинтезе в растениях и возвращается микроорганизмами почвы в атмосферу в виде углекислого газа.

Важнейшая стадия круговорота углерода — фотосинтез (см. статью «Фотосинтез»), в процессе которого углекислый газ, поглощённый зелёными растениями, превращается в сахара, а в последующих реакциях биосинтеза преобразуется в сложные углеводы, белки, липиды и пр. Эти вещества обеспечивают питание животных, микроорганизмов и грибов. Только у зелёных растений идёт накопление энергии химических связей. Аккумулированная таким образом энергия используется внутри самого организма и в экосисте-

ме в целом (для функционирования пищевых цепей).

При отмирании и разложении организмов одна часть углерода высвобождается в виде газов, другая — переходит в нелетучие формы. Животные-сапрофаги, грибы и микроорганизмы, обитающие в почве, превращают отмершие растения и останки животных в новое образование — почвенный гумус. Скорость воздействия разлагающих организмов на накопление гумуса далеко не одинакова. Иногда отмершие организмы разлагаются и органические остатки накапливаются в виде торфа в болотах. Залежи органических соединений в виде торфа, каменного угля и нефти свидетельствуют о замедлении большого круговорота веществ в масштабах геологического времени.

Углерод, фиксированный растениями и использованный затем животными, возвращается вновь окисленным до диоксида во внешнюю среду, где может включиться в любой геохимический круговорот.

В океанах и морях углекислый газ потребляется также при накоплении карбонатных горных пород, когда углекислота неорганического или биогенного происхождения накоп-





ливаются в форме CaCO_3 (мел, известняк, кораллы и др.). Часто эти массы углерода остаются вне круговорота в течение миллионов лет, пока карбонатные породы не поднимутся над поверхностью моря в виде островов или горных цепей. С этого момента под воздействием атмосферных осадков, накипных лишайников, а также корней растений начинается включение углерода и кальция в круговорот.

Баланс углекислого газа между атмосферой, сушей и океаном изменяется в связи с деятельностью человека. В мире ежегодно расходуется $6 \cdot 10^9$ т углерода, находящегося в горючих ископаемых, на сжигание топлива в домах, на промышленных объектах, автомобильном транспорте и т. д. За прошедшие 100 лет содержание углекислого газа в атмосфере возросло с 290 до 320 млн т, причём более 1/5 этого прироста произошло в последние десятилетия. Согласно подсчётам, общий прирост содержания углекислого газа в атмосфере составляет лишь примерно 1/3 газа, выделяющегося при сгорании. Остальная доля углекислого газа уходит на прирост растительной массы, а часть растворяется в водах океана. Скорость круговорота CO_2 в атмосфере составляет около четырёх лет.

Деятельность человека постоянно активизируется, и год от года растёт потребление горючих ископаемых. Содержание CO_2 и других парниковых газов (пары воды, метан, оксид азота, фреоны) в атмосфере увеличивается. Парниковые газы поглощают часть теплового излучения, исходящего от поверхности Земли, из-за чего наблюдается парниковый эффект — повышение температуры в нижней части атмосферы. Это неизбежно приводит к таянию ледников, повышению уровня океана и другим столь же серьёзным экологическим последствиям. Поэтому перед мировым сообществом стоит



задача поиска таких энергетических источников и технологических процессов, при которых содержание углекислого газа в воздухе не будет расти столь быстро. Известно также, что вырубка лесов, использование земель под дороги и строения сокращают площадь зелёного покрова Земли и снижают темпы связывания углерода в процессе фото-

Сокращение лесных площадей и деградация лесов — одна из глобальных экологических проблем.



Углерод, необходимый для построения организмов, растения извлекают из атмосферы.



Для того чтобы все молекулы воды гидросферы прошли через фотолиз и были вновь синтезированы живыми организмами, необходимо 2 млн лет.

синтеза. В настоящее время учёные пытаются разобраться в том, какую долю вносит человек в глобальные процессы потепления климата на планете и что ещё является причиной этого явления.

Круговорот кислорода

Большая часть атмосферного кислорода имеет биогенное происхождение, лишь малая его доля образуется в результате фотолиза (разложения

воды на кислород и водород энергией света в верхних слоях атмосферы). Можно с определённой уверенностью утверждать, что жизнь, возникшая на Земле, постепенно привела к становлению нынешнего состава воздушной оболочки, который поддерживается деятельностью живых существ, т. е. современная атмосфера планеты является биогенной.

В количественном отношении кислород — одна из главных составляющих живой материи. Организмы на $\frac{2}{3}$ состоят из атомов водорода, на $\frac{1}{4}$ — из атомов кислорода и на $\frac{1}{10}$ — из атомов углерода.

Растения поглощают воду из почвы и в процессе фотосинтеза создают органические вещества, при этом выделяется кислород. Именно растения поддерживают высокое содержание кислорода (21 %) в воздушной среде. Конечно, как и все живые существа, они используют кислород при дыхании, однако потребляют его при этом значительно меньше, чем выделяют в процессе фотосинтеза. Кислород способен образовывать самые разные химические соединения, поэтому возникает множество путей его циркуляции между литосферой, атмосферой или гидросферой.



Кислород для дыхания необходим всем представителям животного мира планеты.





Атмосферный кислород и тот, что содержится в многочисленных поверхностных минералах (осадочные кальциты, железные руды), имеет биогенное происхождение. Формирование в атмосфере озонового экрана, способного задерживать наиболее опасную ультрафиолетовую радиацию, началось, когда концентрация кислорода достигла примерно 1 % от его современного содержания. После этого автотрофные эукариоты смогли развиваться в верхних слоях воды (там, где солнечный поток был наиболее мощным), что способствовало усилению интенсивности фотосинтеза и соответственно увеличению выхода кислорода и накоплению его в воздушной оболочке.

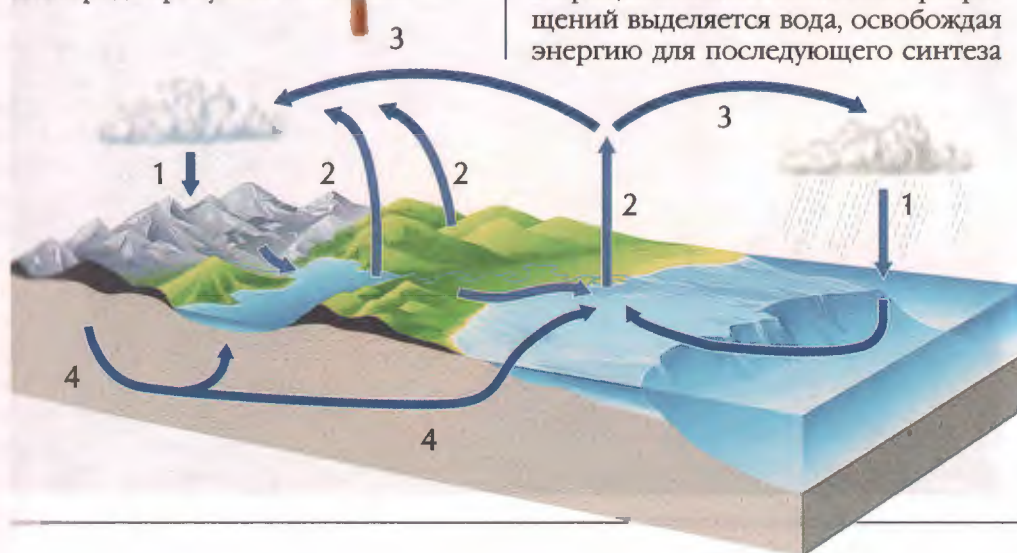
Кислород необходим для дыхания огромному количеству организмов. Поэтому его круговорот тесно связан с обращением углерода в биосфере. В биологическом круговороте участвуют свободный кислород, диоксид углерода (CO_2) и вода. Свободный кислород помимо фотосинтеза используется в процессах выветривания и окисления горных пород. Потребление атмосферного кислорода и его возмещение первичными продуцентами осуществляется достаточно быстро. Подсчитано, что для полного обновления всего атмосферного кислорода требуется 2 тыс. лет.



Круговорот воды

Водород как один из основных элементов живого вещества участвует в биогенном круговороте в виде двух типов соединений — различных органических веществ и воды. Вода способна обращаться в природе и самостоятельно, без помощи биосферы. Но, являясь источником водорода, вода неизбежно вовлекается в реакции, идущие в живых организмах. Биогенный круговорот водорода осуществляется исключительно в связанном виде — в соединениях с кислородом, углеродом, реже с азотом. В ходе фотосинтеза водород воды расходуется на создание первичного органического вещества. В процессе биохимических превращений выделяется вода, освобождая энергию для последующего синтеза

С поверхности органов растения (листьев, веток, побегов) вода в капельно-жидком или парообразном состоянии попадает в атмосферу, чтобы затем после охлаждения и конденсации вновь вернуться на землю в виде росы или дождя.



Круговорот воды:
1 — осадки;
2 — испарение;
3 — перенос
водяного пара;
4 — подземные
воды.



новых веществ. Ткани растений на 70 % состоят из воды, у некоторых видов (арбуз, огурец и др.) её содержание доходит до 90 %.

Важную роль играет вода и в процессе транспирации (испарения с поверхности растений), которая требует затраты большого количества энергии. Транспирация обеспечивает подъём воды по сосудам к верхним частям растений, в результате чего растение получает новые порции почвенной влаги с растворёнными минеральными веществами.

Для синтеза 1 кг органического вещества (в сухом весе) растение перекачивает (транспирирует) около 400 л воды.

Подавляющая масса воды (98 %) сконцентрирована в океанах, морях, реках, озёрах. Оставшиеся 2 % образуют полярные льды и ледники. И только малая доля воды находится в составе живых организмов, в почве и в виде паров в атмосфере. Биогенный круговорот воды в последние десятилетия заметно нарушается. Уменьшается испарение влаги лесами, так как сокращаются их площади, и испарение с поверхнос-

ти океана — из-за появления на ней обширных нефтяных плёнок. Если подобные тенденции будут усиливаться, могут произойти существенные изменения круговорота воды, опасные для биосферы.

Круговорот азота

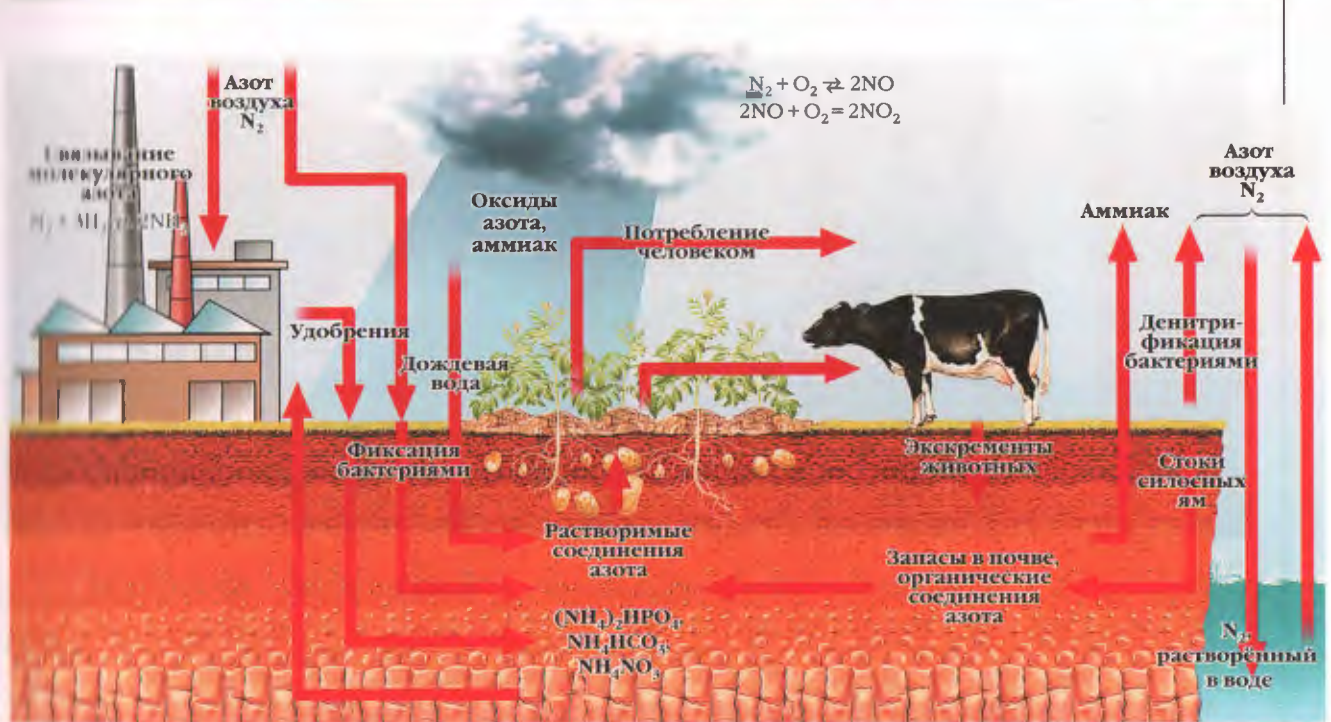
Пути фиксации азота весьма разнообразны. Связывание азота происходит в процессе вулканической деятельности, при грозовых разрядах в атмосфере, в момент сгорания метеоритов. Однако несравненно большая роль в процессе фиксации азота принадлежит живым организмам.

Азот входит в состав всех живых организмов как основа молекул и белков нуклеиновых кислот. В атмосфере на долю молекулярного азота приходится более 70 %. Но этот громадный запас не используется высшими растениями напрямую, так как для разрушения прочных связей между атомами в молекуле N_2 требуется много энергии. Молекулярный азот переводят в связанное состояние азотфиксирующие микроорганизмы,



Главным источником азота на планете предположительно служит верхняя мантия Земли, откуда он поступает в атмосферу с извержениями вулканов.





Круговорот азота.

они образуют из него соединения с аминогруппой NH_2 — основным продуктом азотфиксации, который и включается в биогенный круговорот всеми остальными организмами: микробами, растениями, грибами, животными. Биологическое усвоение молекулярного азота воздуха азотфиксирующими организмами с образованием его соединений, доступных для использования другими живыми организмами, в том числе растениями, — один из важнейших процессов в циркуляции азота.

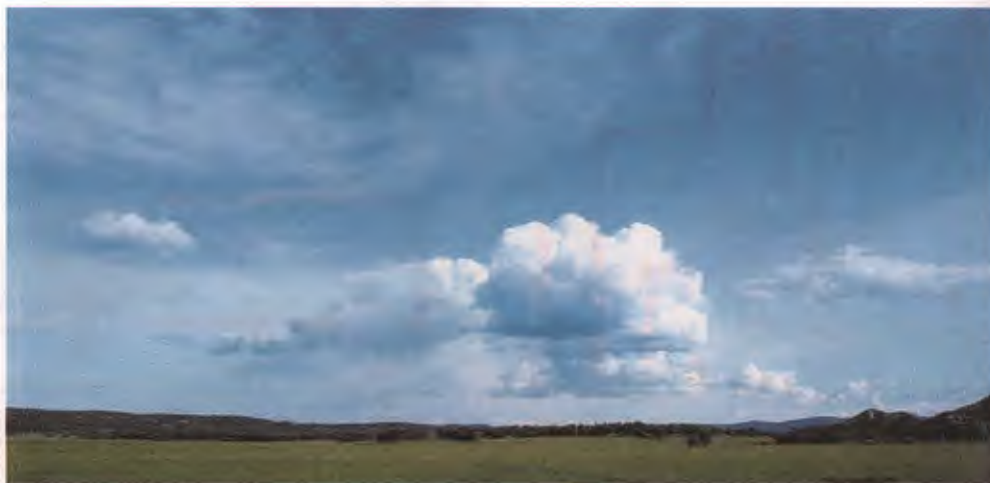
Почва содержит небольшое количество азота в виде солей азотной кислоты. В составе гумуса почв азота содержится 3—5 %, реже до 10 %. Но и эти его формы малодоступны для растений. Работу по переводу почвенного азота в усвояемые формы выполняют азотфиксирующие бактерии (реже грибы), которые поселяются на корнях растений. Клубеньки с азотфиксирующими организмами развиваются, в частности, у представителей семейства бобовых. Клубеньковые бактерии, обитающие на корнях бобовых,

производят фиксированного азота до 350 кг с гектара в год — примерно в 100 раз больше, чем свободноживущие азотфиксирующие организмы. Ежегодно бактерии переводят в связанную форму не менее 1 млрд т азота. Небольшая часть доступных для растений соединений азота образуется при распаде белков. В дальнейшем богатые азотом соединения (аммиак, ионы аммония, аминокислоты) окисляются в воде и в почвах нитрито- и нитратообразующими бактериями до оксидов азота NO_2 и NO_3 , а на последнем этапе круговорота бактерии превращают эти оксиды снова в молекулярный азот, поступающий в атмосферу. Только 0,001 % азота биосферы связано в биомассе и метаболитах организмов.

Вероятно, промышленная фиксация азота является самым крупным вмешательством человека в круговороты веществ в природе. Мировая индустрия в 1968 г. дала 20 млн т фиксированного азота, а через 15 лет это количество уже превысило 1000 млн т.



Земная атмосфера более чем на 70 % состоит из азота — двухатомных молекул N_2 .



Кислотные дожди образуются при соединении выбросов промышленных предприятий — диоксида серы и оксида азота — с влагой атмосферы. Они губительны для лесных массивов.

По данным Международной продовольственной организации (ФАО), баланс азота в биосфере в основном уравновешен, однако в некоторых районах наблюдается избыток аммиака и нитратов, что ведёт к загрязнению почв и водоёмов и к тяжёлым заболеваниям человека. Определённую опасность представляют и кислотные дожди: они оказывают неблагоприятное воздействие на растения и вредят здоровью людей. С другой стороны, вмешательство в биологическую фиксацию азота обещает большие возможности по повышению урожайности сельскохозяйственных культур, в первую очередь пищевых.



Круговорот фосфора

Фосфор является одним из основных элементов живых организмов и содержится в них в довольно большом количестве, принимая участие в образовании биологических мембран, нуклеотидов, белков, фосфолипидов и других структур клетки.

Запасы фосфора, доступные живым существам, полностью сосредоточены в литосфере. Основными источниками неорганического фосфора являются изверженные (например, апатиты) и осадочные (в частности, фосфориты) породы. Минеральный фосфор — редкий элемент в биосфере, в земной коре его содержание не превышает 1 %. Неорганический фосфор вовлекается в круговорот при растворении и выщелачивании пород земной коры. Он попадает в экосистемы суши и поглощается растениями, которые при его участии синтезируют различные органические соединения. Далее фосфор по пищевым цепям переходит к животным. Затем органические фосфаты вместе с останками и выделениями живых существ возвращаются в почву, где подвергаются воздействию микроорганизмов и превращаются в минеральные ортофосфаты, опять готовые



к потреблению зелёными растениями и другими автотрофами.

В водные экосистемы фосфор приносят текущие воды. Реки непрерывно обогащают океаны фосфатами, что способствует развитию фитопланктона и живых организмов, расположенных на различных уровнях пищевых цепей водоёмов. Проследив все превращения фосфора в масштабе биосферы, можно заметить, что его круговорот открыт, так как данный элемент не образует летучих соединений, которые могли бы поступать в атмосферу. Если в наземных экосистемах круговорот фосфора проходит в оптимальных естественных условиях, то в океане дело обстоит далеко не так. Это связано с непрерывным оседанием и накоплением на дне морей органических веществ, в частности обогащённых фосфором останков рыб, не использованных в пищу другими водными обитателями. Органический фосфор, осевший в приливно-отливной полосе и на мелководьях, может быть возвращён в круговорот с выловленной рыбой или с экскрементами птиц, питающихся рыбой и морскими организмами. Однако это не распространяется на отложения на дне глу-

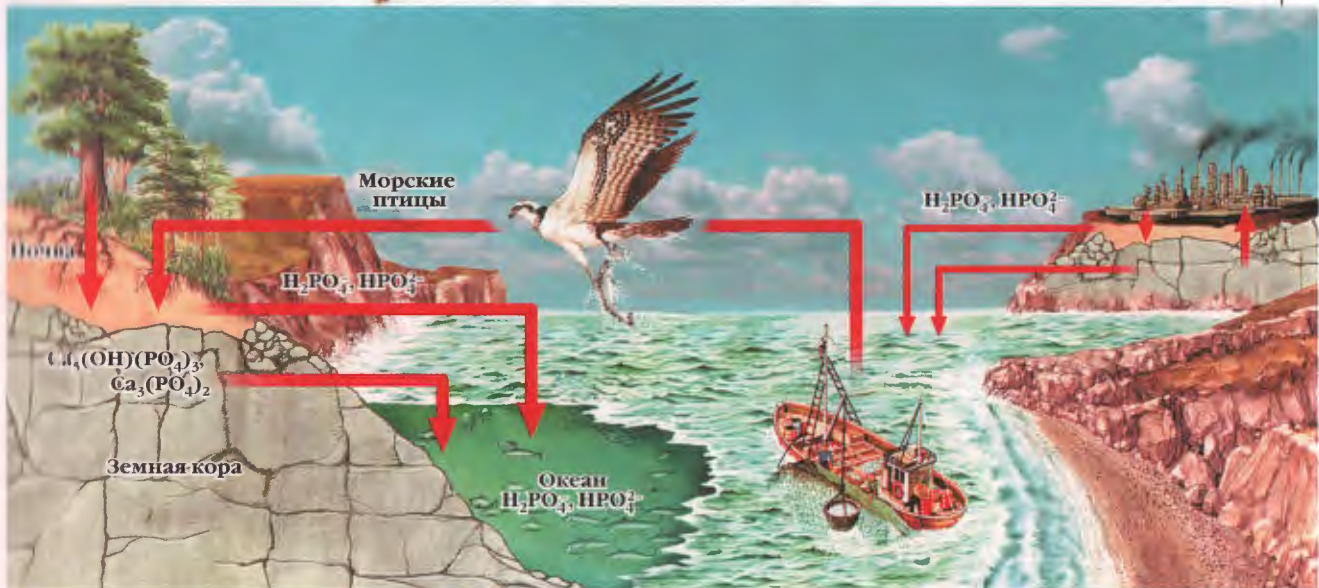


боководных зон, которые занимают 85 % общей площади океанов. Фосфаты, оказавшиеся на больших глубинах, выводятся из круговорота на десятки и сотни миллионов лет.

Человек восполняет недостаток фосфора в почвах, внося в них фосфорные удобрения. Но избыточное содержание фосфора для растений вредно. Сточные воды промышленных предприятий с высокой концентрацией фосфора могут вызывать загрязнение воды, гибель растений,

Органический фосфор мелководий возвращается в круговорот с выловленной рыбой.

Круговорот фосфора.





Круговорот серы

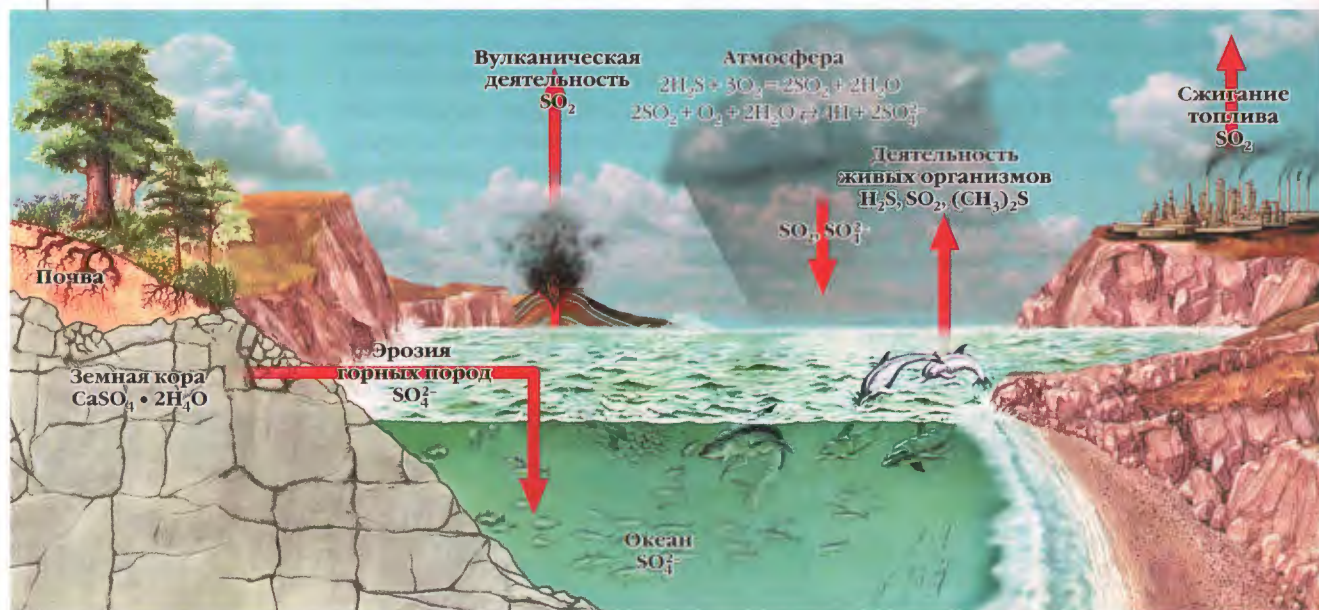
Круговорот этого элемента происходит большей частью в почве и воде, где много газообразных соединений серы, таких, как сероводород H_2S и сернистый ангидрид SO_2 . Основным источником серы, доступный живым существам, — всевозможные сульфаты. Они хорошо растворимы в воде и легко поступают в экосистемы. Поглощая сульфаты, растения восстанавливают их и вырабатывают серосодержащие аминокислоты (метионин, цистеин и др.).

Всевозможные органические остатки в биоценозе разлагаются бактериями, в конце этого процес-

са образуется сероводород. Чёрные илы, которые в естественных условиях встречаются на дне некоторых морей (например, Чёрного), озёр, а также в различных пресноводных континентальных водоёмах после загрязнения их человеком, богаты сероразлагающими организмами. Они функционируют в анаэробных условиях, где в присутствии железа сера выпадает в осадок.

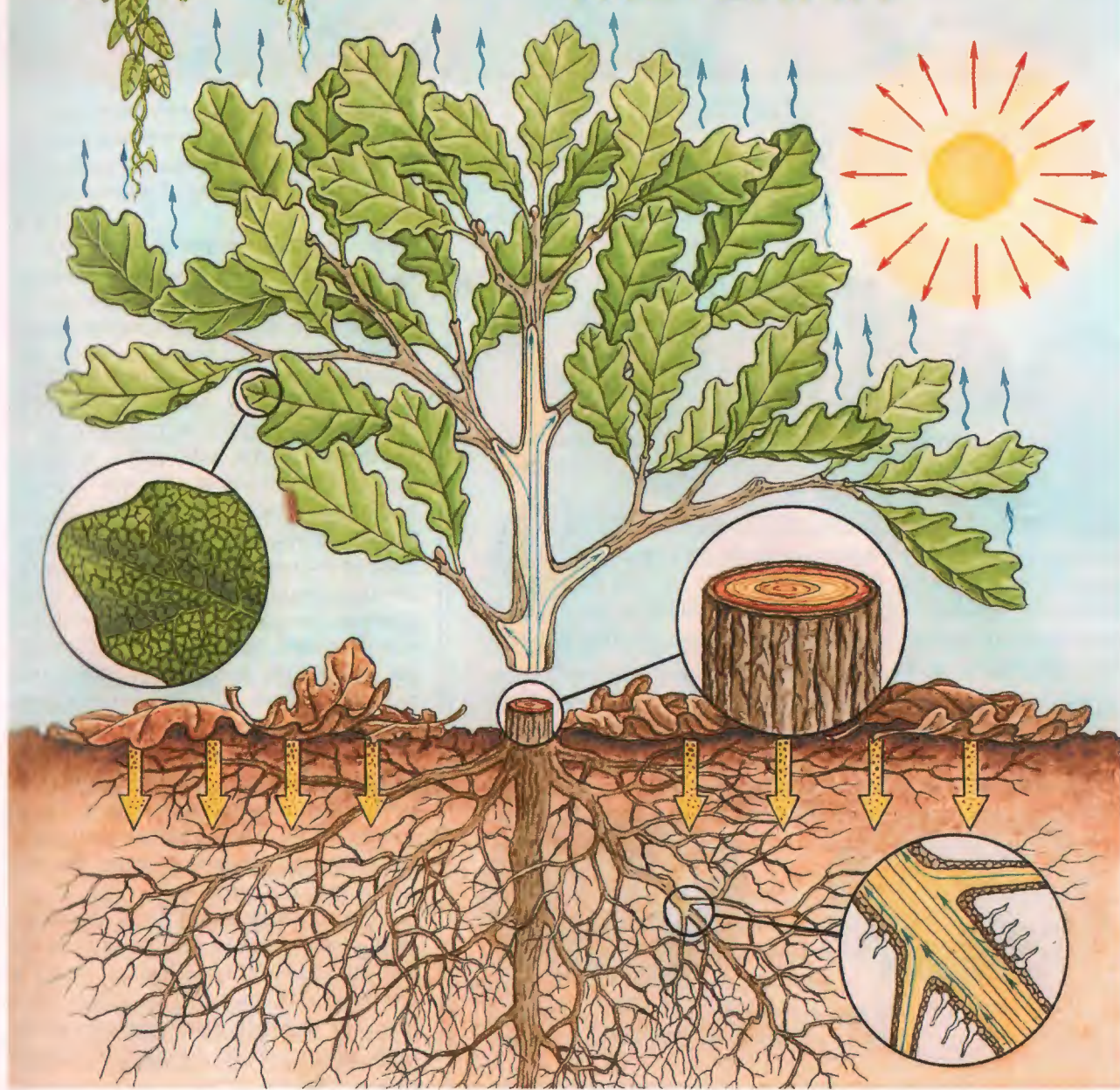
Некоторые разновидности бактерий могут восстанавливать сероводород до элементарной серы. Однако существуют бактерии, способные опять окислить сероводород до сульфатов, в результате запас серы, доступной растениям, увеличивается.

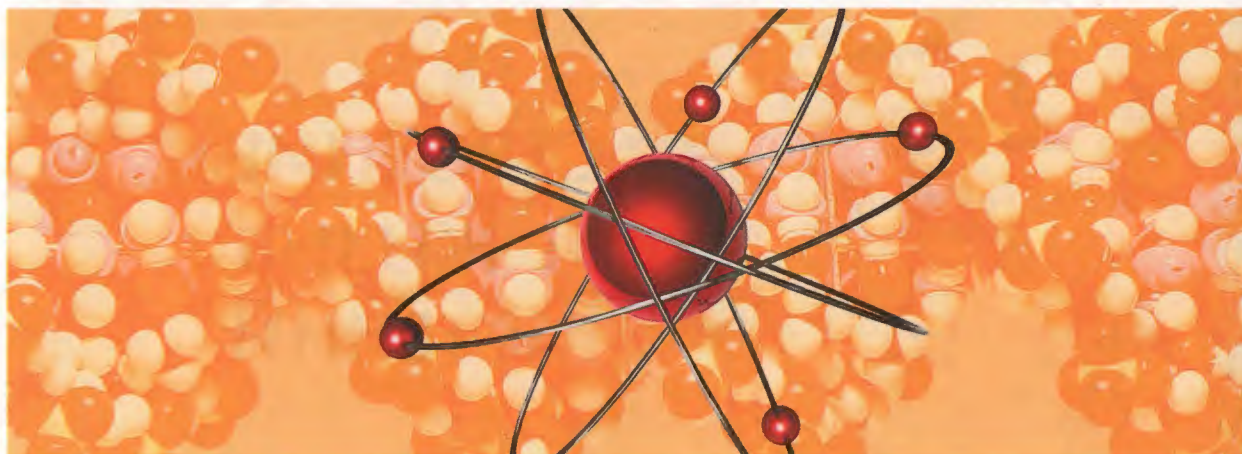
Круговорот серы.



2

СТРОЕНИЕ И ЖИЗНЬ РАСТЕНИЙ



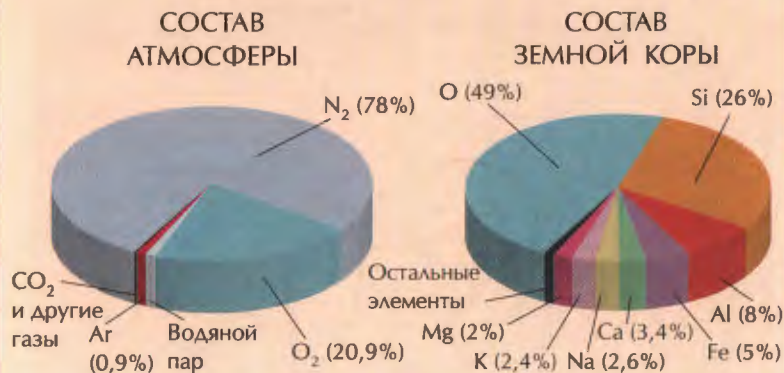


МОЛЕКУЛЯРНАЯ ОСНОВА ЖИЗНИ

СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ И АТМОСФЕРЫ

Атмосфера (воздушная оболочка планеты) и земная кора (её верхняя твёрдая оболочка) содержат 105 природных химических элементов.

В земной коре 99,4 % приходится всего на 12 химических элементов, при этом на долю кремния (Si) и алюминия (Al) — почти 34 %; кислорода (O) — 49 %; от 2 до 5 % составляют железо (Fe), кальций (Ca), натрий (Na), калий (K) и магний (Mg). Содержание остальных элементов: водорода (H), фосфора (P), марганца (Mn) и титана (Ti) мало — менее 1 %.



В живых клетках учёные обнаружили около 70 химических элементов, входящих в таблицу Менделеева. Среди них есть широко распространённые на Земле (кислород, углерод, кремний и др.), а также более редкие, порой ядовитые, опасные для жизни элементы: свинец, мышьяк, ртуть и др. Все эти химические элементы встречаются и в неживой природе, но в процессе эволюции они были отобраны как основные для формирования живого вещества; это те химические элементы (их потом назвали биогенными), которые способны образовывать ковалентные связи между атомами, а значит создавать бесконечное разнообразие биохимических соединений.

Для построения живых организмов обязательны шесть основных элементов: углерод (C), кислород (O), водород (H), азот (N), фосфор (P) и сера (S). Все они имеют малую атомную массу, легко отдадут и присо-



единицу электроны. Главный среди них — углерод. Этот химический элемент — основа жизни: все органические вещества представляют собой соединения углерода. Его атомы электронейтральны и обладают уникальной способностью соединяться в цепи, поэтому углерод может образовывать бесконечное множество соединений.

Растениям в больших количествах необходимы десять макроэлементов. Они легко вступают в реакции, активно взаимодействуют с углеродом, могут образовывать общие электронные пары с атомами других элементов, формируя разнообразные химические органические соединения, хорошо растворимые в воде.

Обычно в клетке живых организмов содержится не менее 20—25 химических элементов, и кроме макроэлементов в ней присутствуют микроэлементы. Они составляют около 1% от массы любого организма и поступают в растения из почвы в виде водных растворов. В группу микроэлементов входят: Na, Cl, Mn, Co, Cu, Zn, Mo, B, F, I. Доля их мала, но значение огромно: без них невозможны многие химические реакции и жизненно важные процессы, происходящие в органах растений:

- а) фотосинтез (C, H, O, Mg, Mn, Fe, Cu);
- б) дыхание (Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Co, O, H, C);
- в) синтез белков (C, H, N, Mg, Mn, Fe, Co, Cu, Ni, Cr);
- г) белковый, углеводный и жировой обмен (C, H, O, N, Mn, Ni, V, Zn, Ca, Mo);
- д) сохранение постоянства и функционирования внутренней среды клетки (гомеостаз), её водно-солевого равновесия (K, Na, Ca и др.);
- е) обеспечение проницаемости биологических мембран (Na, K, и Cl).

Цитоплазма клетки (её внутреннее живое студенистое содержимое)

СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЖИВОЙ КЛЕТКЕ

Макроэлементы: C, O, H, N, P, S, Mg, K, Ca, Fe — 98 %

Микроэлементы:

Na, Cl, Mn, Co, Cu, Zn, Mo, B, F, I — 1 %

Биогенные элементы:

O — 65—68 %

C — 18 %

H — 10 %

N — 3 %

Ca, P, K, S, Na, Cl — в долях процента

СОДЕРЖАНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЖИВОЙ КЛЕТКЕ



Плоды растений содержат сложный химический комплекс макро- и микроэлементов.



МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ

Микроэлементы являются компонентами ферментов, ускоряющих процессы синтеза органических веществ; формируют особую ионную среду, в которой протекают биохимические реакции в клетке.

Так, магний входит в состав хлорофилла пластид, где идут процессы фотосинтеза, в то время как железо контролирует синтез хлорофилла. Кальций оказывает влияние на целостность клеточных мембран: при его недостатке нарушается поступление веществ в клетку.

Некоторые микроэлементы действуют на растение опосредованно. Например, люцерна хорошо растёт, если в почву добавляют молибден, кобальт и другие микроэлементы. Установлено, что молибден и кобальт активизируют усвоение азота клубеньковыми бактериями, а бор способствует улучшению оплодотворения и завязывания семян.



► Арбуз — однолетнее растение семейства тыквенных — содержит 80 % воды, 5,5 — 13 % сахара, 0,54 % клетчатки, и доли процентов других веществ.

почти на 99 % построена всего из четырёх макроэлементов, которые входят в состав органических соединений или растворены в воде: кислород (O) — 68 %, углерод (C) — 18 %, водород (H) — 10 %, азот (N) — 3 %, в долях процента присутствуют натрий (Na), магний (Mg), фосфор (P), сера (S), хлор (Cl), калий (K), кальций (Ca), железо (Fe). Они относятся к первым 26 самым лёгким элементам периодической системы, на что обратил



Люцерна — род однолетних и многолетних трав из семейства бобовых — ценная кормовая культура. Она лучше растёт, если применяют удобрения, содержащие кобальт, молибден, бор и другие микроэлементы.

Элементы	Растения (люцерна)	Человек	Бактерии
Углерод	11,34	12,14	19,37
Водород	8,72	9,94	9,31
Азот	0,83	3,04	5,14
Кислород	77,90	73,68	62,81
Фосфор	0,10	0,32	0,63
Сера	0,10	0,32	0,64
Всего	99,60	99,72	97,90

Содержание основных химических элементов в растении (люцерна), организме человека и бактериях.



внимание ещё Д. И. Менделеев. Все организмы на Земле имеют сходный состав биохимических элементов, или, как его называют, «биологический пул». Этот факт не только удивляет, но и подчёркивает единство жизни на планете. В таблице слева приведено сравнение содержания основных химических элементов в растении, бактериях и организме человека (в процентах от сухой массы).

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ОСНОВА КЛЕТОК

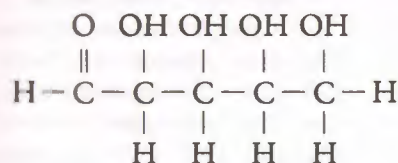
Все биохимические процессы в клетках растений протекают в водной среде. Вода составляет более половины массы живых растений (в среднем 70 %), а в отдельных растениях, например в арбузе и огурце, содержание может достигать 90 %. Молекулы органических соединений составляют 20 — 30 % массы клетки, а на долю ионов калия (K^+), натрия (Na^+) и кальция (Ca^{2+}) приходится не более 1 %. В основе органических соединений лежат биологические полимеры, содержащие углерод. Крупные молекулы состоят из ряда сходных простых соединений (мономеров) и называются полимерами. Сухую массу живых клеток составляют четыре основных типа органических соединений: углеводы, липиды, белки и нуклеиновые кислоты.



Углеводы

Клубни картофеля (крахмал), пищевой сахар (сахароза), древесина (целлюлоза) состоят из углерода, кислорода и водорода, причём соотношение кислорода и водорода в них постоянное, такое же, как и в молекулах воды. Можно сказать, что эти вещества состоят из углерода и воды, т. е. назвать их углеводами. Они составляют до 50 % общей массы растений, в клубнях картофеля и таро их содержится до 90 %. Простые углеводы — моносахариды (такие, как глюкоза и фруктоза) — важнейшие химические соединения клеток, они служат первичным органическим веществом, синтезируемым растением в процессе фотосинтеза. Когда они соединяются, образуются дисахариды (например, сахароза, состоящая из глюкозы и фруктозы) и полисахариды — цепи из многих моносахаридов (таковы крахмал и целлюлоза). Дисахариды и полисахариды в процессе биохимических реакций могут расщепляться при помощи воды (гидролиз) на исходные моносахариды. При окислении углеводов освобождается энергия, необходимая для всех процессов жизнедеятельности растения. Подробнее об этом смотри в статье «Углеводы» в томе «Биология» «Энциклопедии для детей».

Значение углеводов огромно. Целлюлоза (клетчатка) — самое распространённое органическое вещество. Все молекулы — «бусы», составленные из молекул глюкозы, отличаются большой прочностью и образуют



Химическая формула моносахарида пентозы $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$.



В клубнях картофеля содержится в среднем 75 % воды, 18,2 % крахмала, 2% азотистых веществ, 1,5% сахаров, 1% клетчатки, 0,1% жиров и доли процента других веществ.

Сладкие плоды богаты углеводами.

стенки растительных клеток. Целлюлоза составляет до 50 % массы растений.

Растения хранят запасы углеводов в виде крахмала, а животные и грибы — в виде легко растворимого углевода гликогена. Углеводы являются строительными блоками для синтеза многих веществ в клетке: пен-



Тлалок — бог дождя, грома, огня, сельского хозяйства и южной стороны света у ацтеков — изображён с початком кукурузы в руках.

В основе формулы углеводов лежат углерод, водород и кислород, которые находятся в соотношении CH_2O .

Моносахариды:

триоза — $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$

тетроза — $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$

пентоза — $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ (рибоза, рибулоза)

гексоза — $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (глюкоза, фруктоза, галактоза).

Дисахариды:

Сахароза, сахар (глюкоза + фруктоза)

Полисахариды:

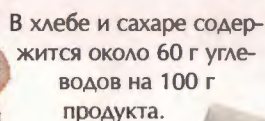
Целлюлоза (полимер сахарозы)

Крахмал (полимер глюкозы)



Одна из важнейших групп пищевых растений — зерновые злаки; главные среди них пшеница, рис, кукуруза, овёс и ячмень. В Древнем Риме их называли *cereale* в честь древней покровительницы земледелия богини Цереры. При помоле зерновых получается мука, богатая крахмалом, клейковиной и витаминами, из которой пекут лепёшки и хлеб.

Сахароза, или просто сахар, входит в список каждодневных продуктов питания. Классические источники для получения сахара — сахарный тростник и сахарная свёкла. Он также содержится в соке сахарного клёна, берёзе и других растениях). Большую часть фруктов, содержащих иную форму растительного сахара — глюкозу, употребляют обычно без переработки, в натуральном виде.



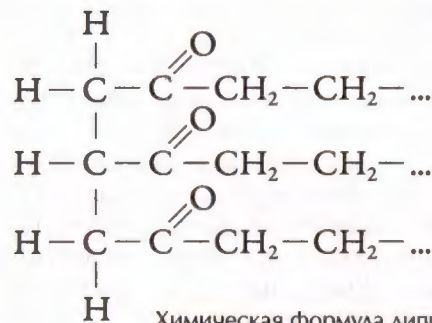
Целлюлоза — главная составляющая часть клеточных оболочек растений. Целлюлоза древесины даёт бумагу и искусственные волокна. Около 700 видов растений служат сырьём для производства тканей. Из волокон льна, пандануса, агавы, камыша и многих других растений с незапамятных времён ткот ткани. Настоящий промышленный текстиль получают либо из пуха и ваты, содержащихся в плодах некоторых растений (хлопчатник, дерево сейба и др.), либо из растительных волокон, составляющих стебли (лён, рами, джут, конопля) или крупные листья тропических растений (пальма сезаль и др.).

Целлюлоза с трудом расщепляется, и усваивать её могут только некоторые микроорганизмы и грибы. Именно в результате их деятельности погибшие деревья постепенно превращаются в труху, возвращая химические элементы в гумус почвы. А вот термиты с удовольствием поедают целлюлозу, они переваривают её с помощью бактерий и простейших, находящихся в кишечнике. Если бактерии и простейшие погибнут, термиты тоже умрут... от голода!



тоза-рибоза и дезоксирибоза входят в состав нуклеиновых кислот. При окислении 1 г углеводов образуется энергия, равная 17,6 кДж, таким образом, углеводы являются источником энергии и участвуют в энергообмене в биохимических процессах клетки.

К липидам относятся жиры, масла, кутин, суберин, воски и фосфолипиды (жиры и жироподобные вещества). Это важнейшие структурные материалы клеток, источники энергии и запасные вещества. Все они, как правило, не растворяются в воде. Липиды являются полимерами сложных эфиров жирных кислот и спирта. Молекула жира состоит из трёх жирных кислот, соединённых с молекулой спирта — глицерола. Растительные клетки содержат ненасы-



Химическая формула липида.

щенные жиры, содержащие ненасыщенные жирные кислоты, которые могут перейти в насыщенные, присоединив два атома водорода.

Различают запасные и структурные липиды. Запасные «хранят энергию» в клетке и делают это более экономно, чем углеводы (из каждого грамма жиров можно извлечь вдвое больше энергии, чем из такого же количества углеводов). Твёрдые при комнатной температуре запасные липиды называют жирами, а жидкие относят к маслам. Жиры и масла соби-



Восковой налёт на поверхности листьев очень важен для растений, особенно произрастающих в жарких и засушливых условиях: он препятствует испарению воды. К тому же блестящие листья отражают солнечный свет.



Липиды растительной клетки кутин, суберин и воски — полимеры липидов, входящие в состав клеточных оболочек. Воска — длинноцепочные липидные соединения. Фосфолипиды — глицерол, связанный с двумя жирными кислотами и молекулой фосфора (входят в состав мембран клетки).



Оливковое масло — растительное, изготовляемое из плодов оливы европейской.

находятся в цитоплазме клетки либо в форме масляных телец, либо в виде масляных капель. В состав растительных масел входят различные кислоты: олеиновая — в оливковое масло, линолевая — в масло подсолнечника и т. д. Химические соединения липидов и белков образуют липопротеины, липидов и углеводов — гликолипиды.

Структурные липиды участвуют в построении биологических мембран, которые окружают каждую клетку, а также отделяют друг от друга разнообразные внутренние структурные элементы клетки (органеллы). Биомембраны создают защитный слой и представляют собой тонкие, плоские плёнки, погружённые в очень вязкую жидкость. В их состав кроме структурных липидов входят также белки, а соотношение этих двух компонентов в различных мембранах может различаться. В структуру клеточных мембран входят также гликолипиды и фосфолипиды — очень близкие к жирам разнообразные соединения, в которых глицерол связан с двумя жирными кислотами и молекулой, содержащей фосфор. Подробнее об этом смотри в статье «Жиры» в томе «Биология» «Энциклопедии для детей».

МАСЛИЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ

Некоторые растения (например, авокадо) накапливают липиды в больших количествах, особенно в семенах и плодах. Известно более 100 растительных масел, которые используют в питании, медицине, промышленности. Среди масличных растений наиболее высоко ценят и широко разводят в культуре подсолнух, маслину, сою, лён, масличную и кокосовую пальму, дерево какао и др.

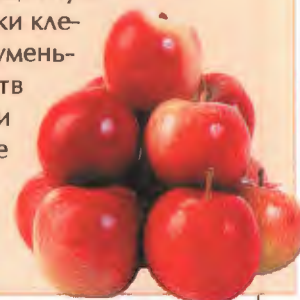


Авокадо.

КУТИН И СУБЕРИН

Простые липиды могут образовывать сложные полимеры, например кутин и суберин — уникальные нерастворимые липидные соединения, важные структурные компоненты клеточных оболочек растений. Кутин вместе с погружёнными в него восками образует кутикулу — защитную плёнку. Она покрывает наружные стенки клеток на поверхности листа и стебля и уменьшает потерю влаги и других веществ надземными или подземными частями растения. Суберин формирует защитные слои клеток, в которых основную барьерную роль также выполняют воски.

Восковой налёт на яблоках.



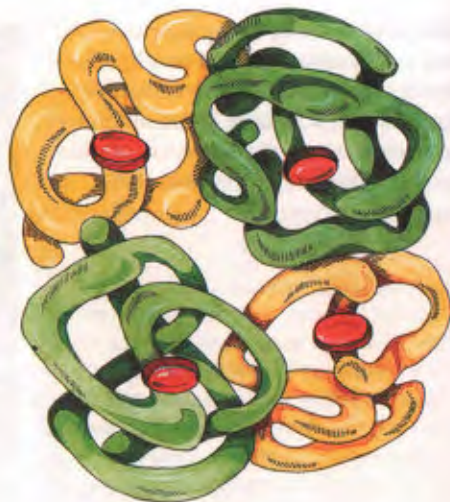


Белки

► Четыре сплотившиеся скрученные спирали белка гемоглобина формируют четвертичную структуру белка.

Белки — высокомолекулярные (полимерные) органические азотосодержащие соединения, крупные молекулы которых построены из длинных цепей аминокислот, называемых полипептидами. Белки составляют от 10 до 18 % массы живой клетки и находятся в ней в виде более простых или сложных соединений. В состав белков входят углерод, водород, кислород, азот и часто сера, фосфор, железо, цинк и медь.

Аминокислоты (органические карбоновые кислоты) представляют собой мономеры, которые линейно связаны в длинные цепочки пептидными связями между карбоксильной группой одной аминокислоты и аминогруппой — другой. Белки различаются по составу аминокислот, их порядку и длине цепи. Основное многообразие



белков образовано всего 20 аминокислотами, но их общее количество достигает 170. Меняя местами в полипептидной цепочке даже 20 основных аминокислот, можно получить огромное число разнообразных белковых молекул. В среднем один белок содержит от 100 до 800 аминокислот, бывают и более короткие, и более длинные полипептидные цепи.

Белки первичной структуры состоят из аминокислот, расположенных в линейной последовательности. Они получили название «пептиды». Белки, имеющие вторичную структуру, различаются по способу свёртывания полипептидной цепи (спираль и пружина). Белки, имеющие третичную структуру, отличаются способом укладки свёрнутой цепи аминокислот в компактную глобулярную структуру.

Последовательность аминокислот формирует первичную структуру белка, водородные связи закручивают цепочку в спираль — образуется вторичная структура. Химические связи между атомами серы заставляют молекулу свернуться в клубок: формируется третичная структура — глобулярная.

Химическая формула аминокислоты:



Первичная структура белка.



Арахис — растение из семейства бобовых, масличная культура. Плоды арахиса называют ещё земляным орехом, в нём содержится около 40 % пищевого масла и около 20 % белка.



ру, которая сочетает стабильность с динамичностью и обеспечивает высокоточную работу белка. Многие белки этой группы являются ферментами. Подробнее об этом смотри в статьях «Белки и аминокислоты» и «Ферменты» в томе «Биология» «Энциклопедии для детей».

В белках четвертичной структуры молекула одного белка объединяется с молекулами того же или другого белка, их полипептидные цепи уложены в плотные белковые комплексы, к ним относятся многие белки-катализаторы. Простые структурные белки называются протеинами, а сложные — протеидами.

Белки составляют основу жизни растений. Биологические функции белков очень значительны и разнообразны. Многие белки являются ферментами, или биокатализаторами



(известно более 2 тыс. белков-катализаторов), которые способствуют ускорению процессов обмена веществ (метаболизм) в клетках. Белки выполняют сигнальные функции: узнают сигналы и инициируют биохимические процессы; переносят вещества, участвуют в энергетических процессах. С помощью ферментов скорость химических реакций в клетке увеличивается при относительно низких температурах в десятки и сотни раз. Ферменты могут служить катализаторами правильного свёртывания новообразованных молекул белка в сложные структуры.

Структурные белки входят в состав биологических мембран. Некоторые из них распознают молекулы, поступающие в клетку, и регулируют их проникновение. Особые белки выполняют защитную роль, способствуя выводу инородных тел из растения.

Запасные белки накапливаются в семенах, в вегетативных запасующих органах растений и откладываются в клетках про запас. Из запасных белков освобождаются аминокислоты, которые могут вновь использоваться для синтеза других белков. В семенах растений обнаружена самая высокая концентрация белков (до 40 % от сухой массы); они необходимы зародышу в первую стадию прорастания семени. Многие растения человек использует в пищу именно благодаря высокому содержанию белков: сою, горох, фасоль и др.

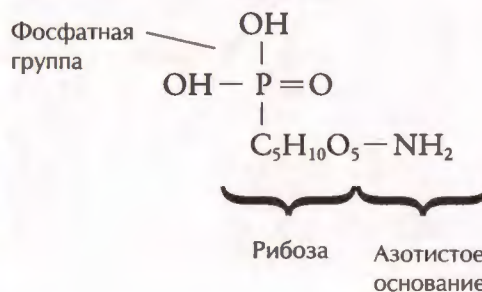


Бобы — семена растений семейства бобовых — содержат очень большое количество белка.

Нуклеиновые кислоты

Полимеры, построенные из нуклеотидов, соединённых в длинные цепи, называются нуклеиновыми кислотами. Каждый нуклеотид состоит из трёх компонентов: азотистого основания, пятиуглеродного сахара (рибоза) и фосфатной группы. Нуклеотиды, в состав которых входит сахар дезоксирибоза, образуют ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота — хромосомное вещество).

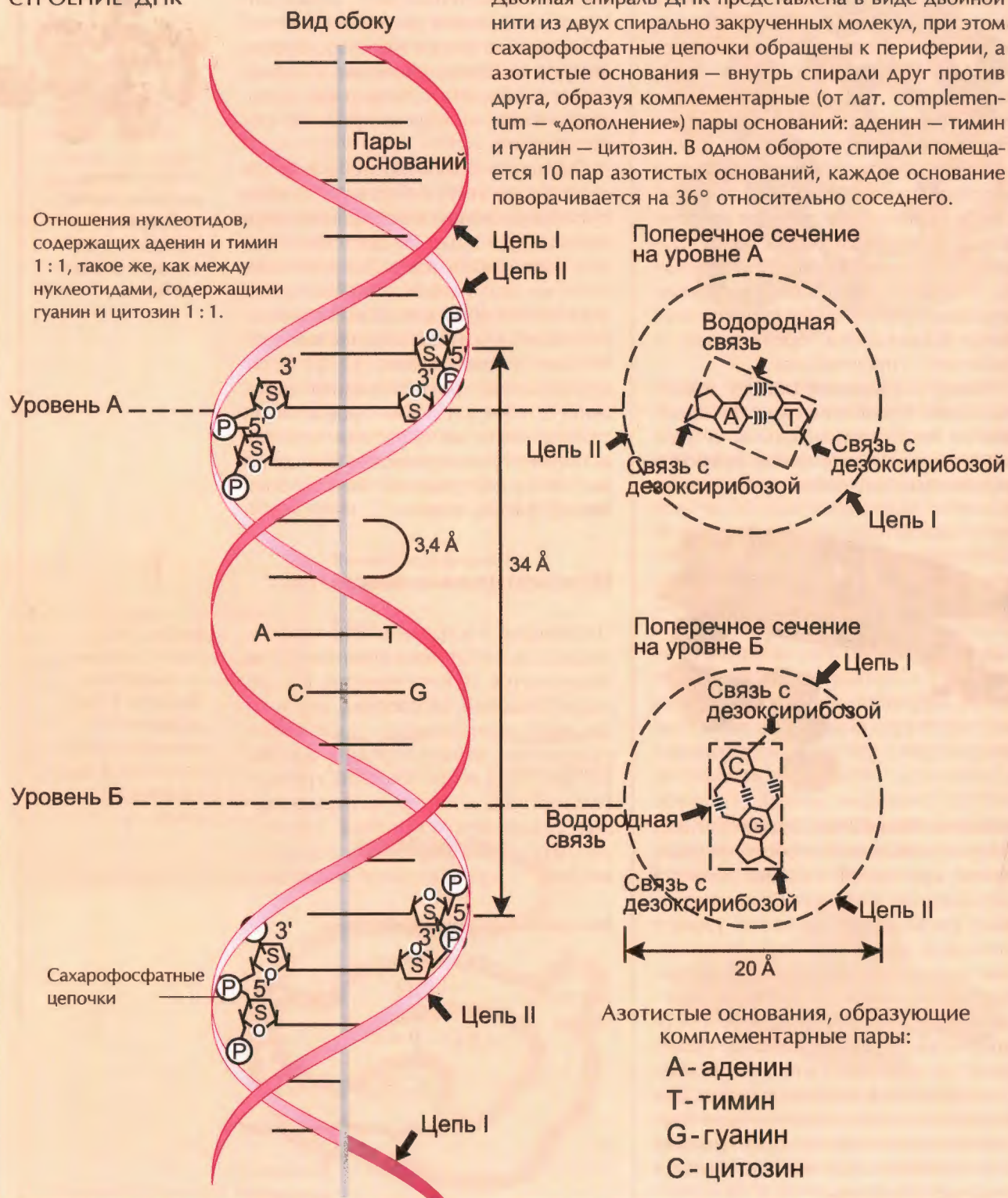
Химическая формула нуклеотида:

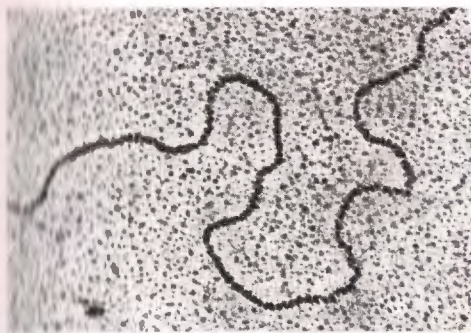


Горох — травянистое растение из семейства бобовых. В 100 г плодов гороха содержится 14,5 г углеводов, 5,4 г белков и 0,4 г жиров.



СТРОЕНИЕ ДНК





Нуклеотиды, содержащие сахар рибозу, образуют РНК (рибонуклеиновая кислота). Основные функции нуклеиновых кислот — обеспечение кодирования, хранение наследственной информации и передача информации о структуре белковых молекул.

Азотистые основания нуклеиновых кислот относятся к двум группам: пурины — аденин и гуанин и пиримидины — цитозин и тимин. В РНК тимин заменён на урацил. Первичная структура нуклеиновых кислот определяется линейной последовательностью азотистых оснований, которая несёт информацию о структуре белка (три пары азотистых оснований кодируют одну аминокислоту — триплетный код). Подробнее об этом смотри в статье «Нуклеиновые кислоты» в томе «Биология» «Энциклопедии для детей».

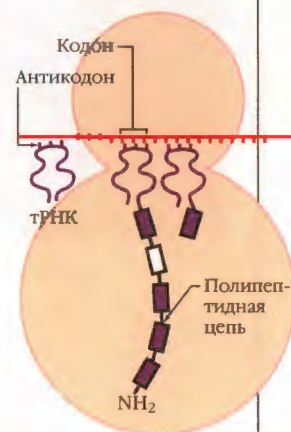
Американский молекулярный биолог Д. Уотсон и английский биофизик Ф. Крик в 1953 г. построили модель двойной спирали ДНК, за что в 1962 г. были удостоены Нобелевской премии. ДНК состоит из двух нуклеотидных цепей, закрученных одна вокруг другой в правовитковую спираль. Длина одной молекулы ДНК намного превышает её диаметр — 2 нм ($2 \cdot 10^{-9}$ м). ДНК состоит из 10 — 15 тыс. нуклеотидов, а в виде одной нити ДНК встречается лишь у некоторых вирусов и бактериофагов.

Молекулы ДНК при участии многочисленных белков-гистонов

образуют компактные структуры хромосом в ядрах клеток растений. Способность ДНК к самоудвоению (репликация) обеспечивает передачу информации в ряду поколений. Молекула ДНК служит основой для образования новой молекулы с точно такой же последовательностью азотистых оснований. Важную роль в этом процессе играют особые белки-ферменты (полимеразы), которые при копировании наследственного материала должны работать с большой точностью и скоростью. На молекуле ДНК есть одна или много точек начала репликации (инициалы). Конкретная часть ДНК, на которой воспроизводится синтез нуклеотидов, называется репликоном.

РНК представляет собой полинуклеотидную цепь, состоящую из 300 и более (до 3 тыс.) нуклеотидов. В них, в отличие от ДНК, пентоза (рибоза) соединена с азотистым основанием — урацилом (вместо тимина у ДНК). РНК представлена одной нитью, значительно меньшей величины по сравнению с ДНК. Существуют три типа РНК: информационные, транспортные и рибосомные. Информационные (иРНК, или матричные) считывают последовательность аминокислот в белке (кодоны) и передают информацию к присоединяющимся транспортным — тРНК. Последние связывают необходимые для синтеза аминокислоты и доставляют их к месту синтеза. Рибосомные — рРНК синтезируют белок на

Молекула ДНК на фотографии, сделанной с помощью электронного микроскопа.



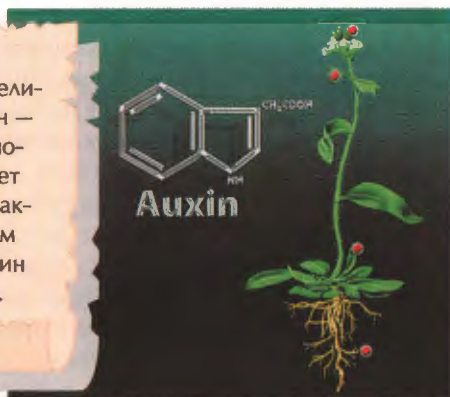
Рибосома состоит из двух неравных частиц, между которыми проходит нить информационной РНК. Транспортные РНК доставляют аминокислоты. Клеточные РНК образуются во время синтеза на матрице ДНК.

Объёмная модель ДНК.





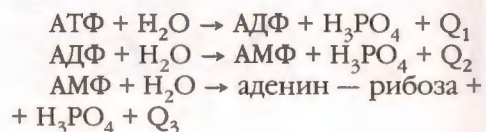
Ауксин (от греч. *аихо* — «увеличиваюсь», «расту») — гормон — стимулятор роста плодов (побегов) растений, он обладает высокой физиологической активностью. Красным цветом обозначены места, где ауксин стимулирует рост растения.



матрице и принимают участие в построении новых рибосом.

Два нуклеотида — АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) и АДФ (аденозиндифосфорная кислота) участвуют в процессах переноса энергии в клетке в виде химических связей. АТФ — нуклеотид, состоящий из азотистого основания, сахара (рибозы) и двух или трёх молекул фосфорной кислоты; она является важнейшим поставщиком энергии для многих ферментативных реакций и служит единым универсальным источником энергии для обеспечения жизненных процессов. С неё начинается ряд последовательных реакций гидролиза (реакции с участием воды) и пос-

тепленного освобождения энергии в несколько этапов за счёт перехода самой АТФ в более низкие энергетические состояния (АДФ и АМФ). На последнем этапе образуется аденинрибоза, которая вновь включается в синтез АТФ.



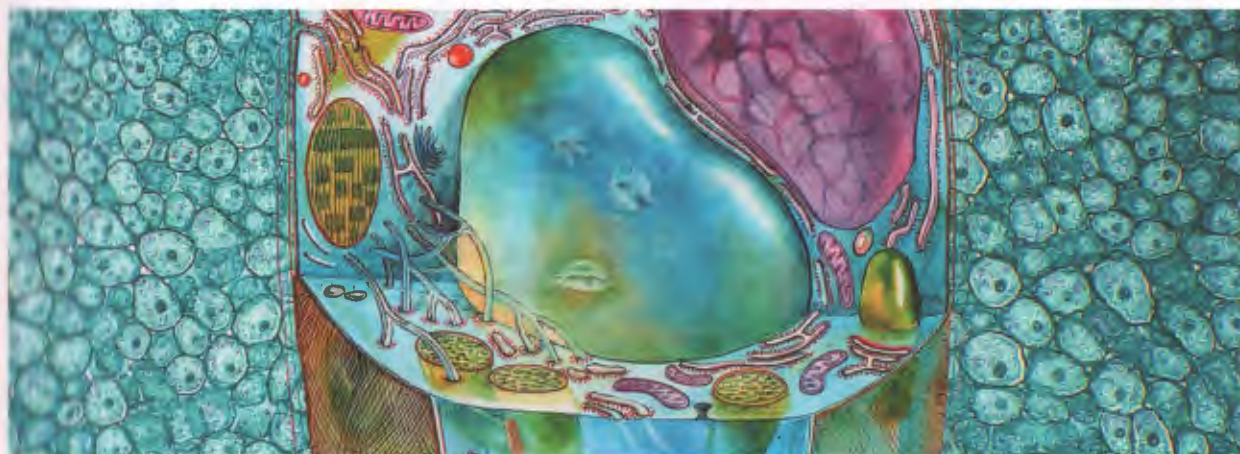
В функции нуклеиновых кислот входят кодирование, хранение и передача наследственной информации о составе и структуре белков. Нуклеиновые кислоты передают информацию в ряду поколений путём матричного удвоения ДНК и синтеза белков с той же последовательностью аминокислот, что определяет все жизненные процессы в каждой клетке и в целом организме растения.

Помимо перечисленных классов соединений, в клетке обычно имеется от 2 до 6 % неорганических веществ (в виде солей); витамины, контролирующие общий ход обмена веществ, и гормоны — физиологически активные вещества, регулирующие процессы роста и развития.

ГОРМОНЫ РОСТА

Механизмы внутреннего регулирования роста растения обеспечивает особое ростовое вещество — ауксин (по химическому составу он представляет собой индолилуксусную кислоту). Гормон ауксин образуется в очень малых количествах в верхушке побега и в кончике корня, но оказывает феноменальное действие как стимулятор роста растения. Если удалить верхушку побега у проростка, растение прекращает рост. Вместе с ростом побега ауксин спускается по стеблю вниз к растущим час-

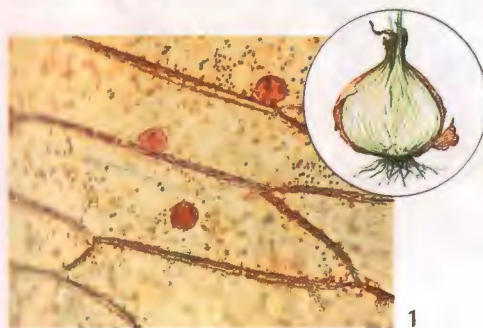
тям растения. Одна унция ауксина (28,35 г) обеспечивает такой прирост побегов, что, если бы их сложить по длине, они могли опоясать Землю. Для сравнения: одна унция сахара способна обеспечить прирост побегов, равный всего 320 м. Химически близкая к ауксину группа веществ — гиббереллины также стимулируют рост побегов, но при этом могут либо вызывать их резкое удлинение, либо приводят к формированию карликовых растений. Гормоны управляют не только ростом растений, они регулируют процессы опадения листьев и плодов у деревьев осенью.



РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА

Клетки — это крошечные структурные «кирпичики», из которых образованы все живые организмы. Одноклеточные организмы состоят всего из одной клетки, а многоклеточные — из огромного количества клеток. В одном листе дуба число клеток может достигать 100 млн, а во взрослом дереве их миллиарды. Растения растут благодаря тому, что молодые клетки постоянно делятся. По мере старения клетки теряют способность к делению и начинают вытягиваться, за счёт чего и происходит дальнейший рост растений.

Клетки растений многообразны; они различаются по размерам, форме, строению, выполняемым функциям. Размер большинства клеток колеблется от 0,01 до 0,1 мм; минимальный характерен для молодых, делящихся клеток. У медленно растущих растений клетки обычно крупнее, чем у быстро растущих. Большинство клеток растения вытянуты — их длина иногда в 100 раз превышает ширину. Лишь в некоторых органах эта закономерность нарушается: например, клетки клубней картофеля примерно оди-



1



2

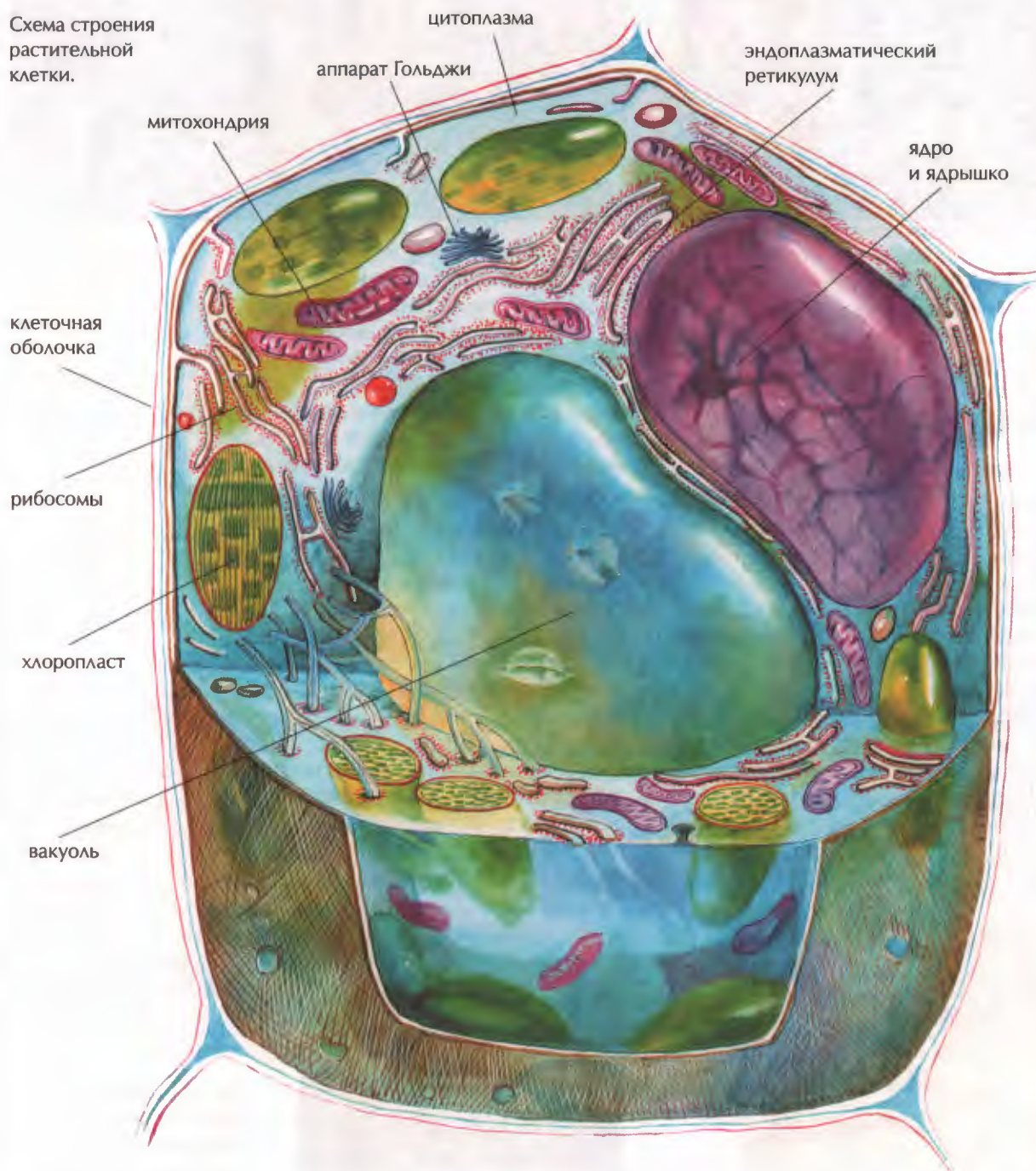
Так под микроскопом выглядят клетки лука, окрашенные йодом (1) и клетки шиповника (2).



наковой длины и ширины. Клетки растения, выполняющие одну и ту же функцию, образуются, как правило, из одной первичной клетки и формируют ткань — покровную,

основную и др. Таким образом, клетка является основной структурной и функциональной единицей растений. Она состоит из клеточной стенки (или оболочки) и протопласта.

Схема строения растительной клетки.



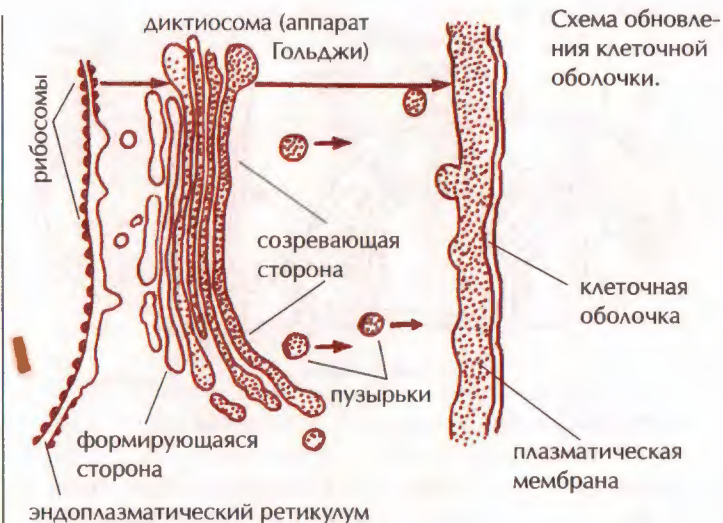
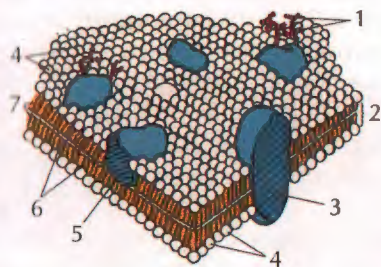


КЛЕТОЧНАЯ СТЕНКА

Воло живо́й растительной клетки окружает клеточная стенка, образуя её внешний скелет. Она представляет собой систему прочных тяжей (фибрилл) из полисахаридов — целлюлозы. Оболочка пронизана каналами, или порами (через них в клетку поступают вещества), и с их помощью клетки соединяются друг с другом. У молодых клеток стенка тонкая и эластичная, но по мере роста и старения клетки она становится твёрдой, утолщается и теряет эластичность. Во время старения в клеточной оболочке накапливаются пектин, лигнин и другие вещества (суберин, кутин, воск). С этим связано образование коры, одревеснение стеблей, поэтому молодые побеги всегда мягкие и гибкие, а старые — жёсткие и хрупкие.

Клеточная стенка выполняет важные функции: защищает клетку от внешних повреждений, обменивается веществами с окружающей средой и с другими клетками внутри организма.

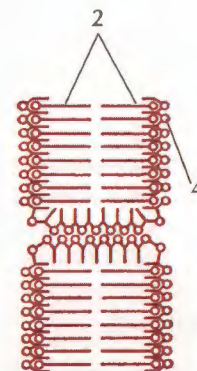
Клеточная мембрана (плазмолемма) окружает протопласт, отделяя его от клеточной стенки. Клеточная мембрана — тончайшая белково-липидная плёнка толщиной не более 10 нм. Как правило, она состоит из двух слоёв липидных молекул и примерно равного количества встроенных в них белков. Липиды определяют структуру мембран, а белки отвечают за их функции: транспорт молекул, обеспечение ферментами обменных реакций и др. Она обладает уникальной способностью — полупроницаемо-



эндоплазматический ретикулум

стью, т. е. избирательно пропускает в клетку необходимые для её жизнедеятельности вещества — воду и молекулы растворимых в воде веществ. Другие вещества (например, ионы химических элементов) проникают через мембрану только тогда, когда их переносят специальные белки.

Клеточные мембраны служат своеобразным барьером. Они регулируют в клетках концентрацию солей, сахаров, аминокислот и других продуктов обмена веществ.



ПРОТОПЛАСТ И ОРГАНЕЛЛЫ КЛЕТКИ

Живое содержимое клетки называется протопластом. Он состоит из цитоплазмы (полужидкого вещества), органелл (от лат. *organellum* — «маленький аппарат») — внутренних функциональных частиц клетки и ядра.

Основное вещество цитоплазмы — полужидкая среда матрикс (или гиалоплазма) заполняет пространство между клеточной мембраной и другими внутриклеточными структурами. В различных клетках матрикс отличается по составу липидов, белков, углеводов. В него погружены органеллы клетки. Цитоплазма объ-



Строение клеточной мембраны:
1 — углеводные фрагменты гликопротеидов;
2 — липидный бислой;
3 — интегральный белок;
4 — фосфолипиды;
5 — периферический белок;
6 — холестерин;
7 — жирнокислотные «хвосты» фосфолипидов.

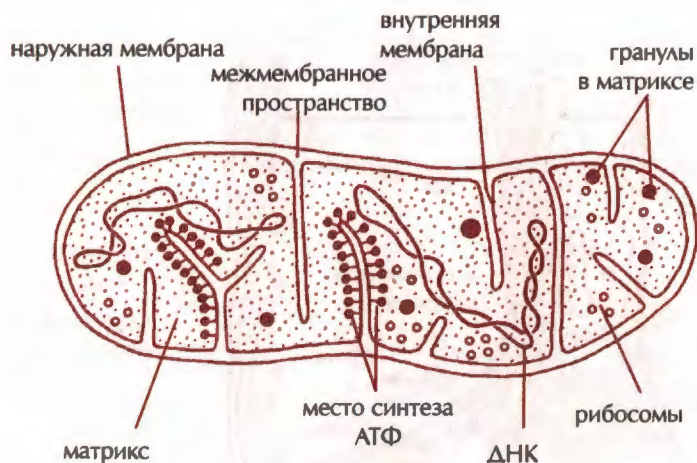


Схема строения
митохондрии.

единяет все клеточные структуры в единую систему и обеспечивает взаимодействие между ними в процессе внутриклеточного обмена веществ. В живой клетке цитоплазма находится в постоянном движении, которое называют током цитоплазмы. Благодаря движению цитоплазмы клетки через поры связаны между собой и с окружающей средой.

Вакуоли — пузырьки, заполненные жидкостью, — характерные структуры растительной клетки; в животных клетках вакуолей нет.

СТРОЕНИЕ ХЛОРОПЛАСТОВ

Строение хлоропластов достаточно сложное. Они имеют две липопротеидные (состоящие из липидов и белков) полупроницаемые мембраны, между которыми находится матрикс. Он пронизан системой пластидных мембран, называемых тилакоидами. В гранах (стопках) тилакоидов находятся основные пигменты — хлорофиллы и вспомогательные — каротиноиды. Именно здесь начинаются процессы фотосинтеза и проходит его первая световая фаза, темновая фаза фотосинтеза заканчивается в матриксе. В процессе фотосинтеза в хлоропластах солнечная энергия преобразуется в химические связи, формируется первичный углеводород, происходит синтез полисахаридов в присутствии ферментов. Последние осуществляют световую реакцию в тилакоидах и являются первым звеном в цепи синтеза АТФ и АДФ. Хлоропласты обычно содержат крахмальные зёрна (временные хранилища продуктов фотосинтеза), жировые капли, имеют собственные рибосомы, ДНК и ферменты. Это определяет их относительную автономию от других клеточных структур.

Они окружены элементарной мембраной — тонопластом, отделяющим внутреннее содержимое вакуоли от цитоплазмы. Именно в вакуолях собирается вода (клеточный сок), которую в избытке поглощает растительная клетка. Клеточный сок имеет кислую среду ($pH = 5,5$) и обогащён химическими веществами, он представляет собой водный раствор многих веществ: органических соединений, сахаров, витаминов, пигментов, неорганических солей, кислот и других продуктов обмена веществ. В центральных частях молодых клеток содержится много мелких вакуолей (они занимают около 20 % объёма клетки), по мере роста клетки вакуоли увеличиваются в размерах и сливаются в одну большую вакуоль, занимающую до 90 % объёма клетки. За счёт давления сока на тонопласт вакуоли поддерживают тонус клетки, собирают продукты её жизнедеятельности (кислоты, дубильные вещества, оксалат кальция, крахмальные зёрна и др.).

Органеллы являются постоянными структурами клетки, они погружены в цитоплазму и выполняют самые разные функции. Важнейшими из органелл являются пластиды — относительно крупные белково-липоидные тельца, их величина составляет в среднем 3—5 мкм). Пластиды представлены хлоропластами, хромопластами и лейкопластами. Хлоропласты содержат хлорофилл — зелёный пигмент (белково-липоидный комплекс), он встречается во всех зелёных частях растения и принимает участие в процессе фотосинтеза. Хлоропласты обычно достигают 5—10 мкм в длину и 2—4 мкм в ширину и располагаются в цитоплазме слоем, параллельным клеточной оболочке. Количество хлоропластов в одной клетке зелёного листа может быть от 15—20 до 50—100 штук (в клетке листа кукурузы обычно 40—50); в 1 мм² листа содержится около 500 тыс. хлоропластов; в целом в зелёном растении

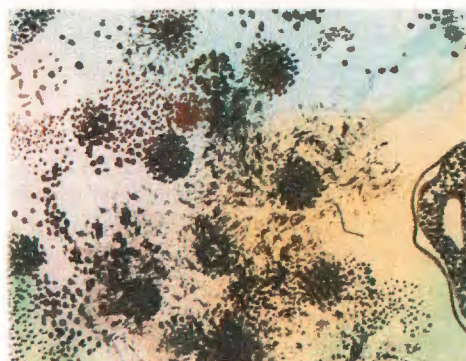


число их может достигать нескольких сотен миллиардов.

Хромопласты — это окрашенные пластиды, содержащие красящие пигменты: жёлто-оранжевые каротиноиды (каротин, ксантофилл, фукоксантин и др.), красные фикобилины (фикоэритрин и др.) и синий фикоциан. Эти пигменты поглощают свет разной длины волны и передают поглощённую энергию в виде химических реакций. Они придают характерную окраску плодам и цветкам, осенним листьям, реже корнеплодам (морковь, свёкла). Хромопласты имеют двойную внешнюю мембрану, но практически лишены внутренних мембран. Они синтезируют и накапливают каротиноиды, но у них нет хлорофилла. Хромопласты могут развиваться из зелёных хлоропластов при разложении хлорофилла, например в осенних листьях. Окраску плодам, цветкам и листьям придают не только хромопласты, но и пигменты, содержащиеся в соке вакуолей. Часто обе формы пигментации встречаются совместно.

Лейкопласты — бесцветные, без красящих пигментов, пластиды — участвуют в синтезе крахмала, липидов, белков. На свету они могут превращаться в хлоропласты.

Митохондрии (от *греч.* *mitos* — «нить» и *chondrion* — «зёрнышко», «крупинка») являются энергетическими фабриками клетки. В каждой клетке содержится до нескольких тысяч митохондрий, по размеру они мельче пластид, имеют разную форму и размеры. Здесь в процессе дыхания протекают окислительно-



Биосинтез белков на рибонуклеопротеиновых комплексах рибосом.

восстановительные реакции, идёт расщепление органического вещества с образованием углекислого газа (CO_2) и воды (H_2O) и освобождается энергия, необходимая для жизнедеятельности клетки, которая передаётся молекулам АТФ. Снаружи митохондрии окружены двумя элементарными липопротеидными мембранами, внутренняя мембрана образует выросты в полость митохондрии — кристы. Пространство между кристами заполнено прозрачным однородным веществом — матриксом, в котором находятся белки и некоторые растворённые вещества. В митохондриях есть рибосомы и ДНК (в виде кольцевых молекул), что придаёт им некоторую автономность в выполнении их функций.

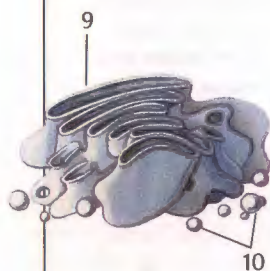


Хромопласты содержат красящие пигменты, которые придают цвет плодам и цветкам.



Работа комплекса Гольджи:

- 1 — ядерная оболочка (мембрана);
- 2 — цитоплазма клетки;
- 3 — шероховатый ретикулум;
- 4 — гладкий ретикулум;
- 5 — рибосомы;
- 6 — макромолекулы;
- 7 — двигающиеся пузырьки;
- 8 — аппарат Гольджи;
- 9 — цистерны аппарата Гольджи;
- 10 — выделяющиеся пузырьки;
- 11 — мембрана клеточной стенки;
- 12 — пузырьки, изливающие своё содержимое.

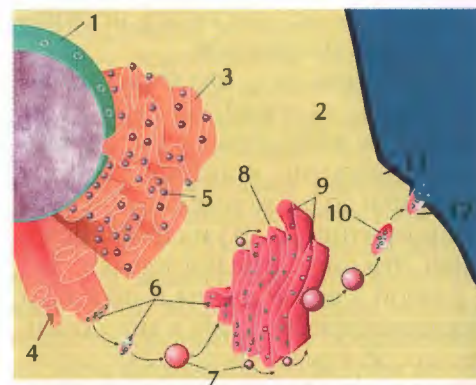


Фотографии комплекса Гольджи, сделанные с помощью электронного микроскопа.

При делении клетки митохондрии могут размножаться путём перетяжки тела, при этом каждая половинка получает свою долю генетической информации (ДНК).

Рибосомы — мелкие органеллы клетки — состоят из двух частей неравной величины и представляют собой комплекс рибосомных белков с молекулами рибонуклеиновой кислоты (рРНК). В клетке содержится до 5 млн рибосом. Они являются центрами синтеза различных белков, располагаются в цитоплазме поодиночке или группами, где отдельные рибосомы соединены между собой нитевидной молекулой РНК, образуя полисомы. В цитоплазме, в местах, где идёт активный обмен веществ, рибосомы сосредоточены в огромном количестве. Они есть также в ядре, митохондриях, пластидах.

Эндоплазматический ретикулум (ЭР) — система тяжёлых (нитей) и каналов, состоящих из двух элементарных мембран, между которыми находится узкое пространство. Эта мембранная система (эндоплазматическая сеть) часто пронизывает всю цитоплазму клетки и играет важную роль в образовании клеточных мембран и белков. Эндоплазматический ретикулум представлен двумя структурами: шероховатой и гладкой. Шероховатый ЭР включает плоские цистерны, к которым прикрепляются многочисленные рибосомы и полисомы; это место активного синтеза белков, где идёт образование ферментов,



происходит транспортировка аминокислот, образуются полипептидные цепи и синтезируются белковые молекулы. Гладкий ЭР образует сеть из разветвлённых мембранных трубочек, он лишён рибосом и участвует в синтезе липидов, которые затем встраиваются в мембраны клетки. Иногда ЭР играет роль запасной структуры клетки. Вместе с тяжами цитоплазмы (плазмодесмами) каналы ЭР проходят через поры клеточных стенок и связывают между собой соседние клетки.

Комплекс Гольджи (или аппарат Гольджи), состоящий из диктиосом и пузырьков Гольджи (углеводно-белковых соединений), отвечает за образование клеточной оболочки, участвует в синтезе полисахаридов и формировании вакуолей. Диктиосомы состоят из стопок цистерн Гольджи (от 10 до 40 цистерн-мембран), они рассеяны по цитоплазме растительной клетки, но всегда находятся рядом с эндоплазматическим ретикулумом. В диктиосомах синтезируются необходимые для построения клеточной стенки полисахариды, которые в виде пузырьков Гольджи отделяются от диктиосом и встраиваются в клеточную оболочку. В цистернах диктиосом образуются также мембранные белки и другие вещества, которые выводятся с пузырьками Гольджи из клетки или откладываются в вакуолях; здесь происходит временное хранение продуктов биосинтеза клетки и веществ,



полученных из соседних клеток. Диктиосомы — недолговечные образования; когда они разрушаются, эндоплазматический ретикулум создаёт их заново.

ЯДРО

Клеточное ядро открыл английский ботаник Р. Броун в 1831 г. Оно является центром управления всеми процессами, происходящими в клетке, и обеспечивает её жизнедеятельность. Ядро также хранит генетическую информацию о структуре клеточных белков и передает её дочерним клеткам при делении. Ядро состоит из двух биомембран, образующих ядерную оболочку с многочисленными порами, через которые происходит связь с эндоплазматическим ретикулумом клетки. Внутри ядра находится ядерное вещество — нуклеоплазма (или ядерный матрикс), состоящая из белков. В неё распределены хроматин, ДНК, гистоновые белки и РНК. Основные структурные элементы ядра — хромосомы состоят из большого числа молекул ДНК (нуклеотидов) и специальных белков — гистонов. В хромосомах ядра записаны все белки, способные производиться в клетке в разное

время её жизнедеятельности. Вегетативные клетки организма (все клетки тела растения, кроме половых) имеют двойной (диплоидный — $2n$) набор хромосом. У половых клеток одинарный (гаплоидный — n) набор хромосом. Например, у разных видов папоротников в ядре вегетативных клеток может быть от 4 до 1320 хромосом (самое большое число хромосом у растений). Ядрышко содержит около 5 % РНК, контролирует синтез рибосомных РНК и хроматина.

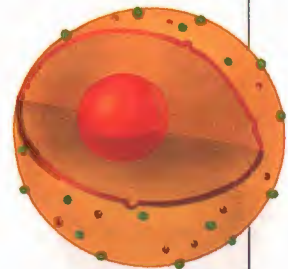
Ядро обеспечивает жизнедеятельность клетки, хранит и передаёт генетическую информацию, отвечает за синтез белков в рибосомах и перенос их в протоплазму через поры.

К началу XX в. в результате совершенствования микроскопической техники были описаны все клеточные органеллы — составные части клетки, видимые в световой микроскоп. С середины XX в. благодаря электронным микроскопам и новым технологиям стало возможным изучать клетку более детально — на молекулярном уровне. С появлением лазерных сканирующих микроскопов научились получать серию оптических «срезов» структур клетки, из которых затем в компьютере смоделировали их виртуальное пространственное изображение.



ядрышко ядро

Так под микроскопом выглядит ядро.



Ядро управляет всеми процессами, происходящими в клетке. На рисунке видны поры ядерной оболочки.

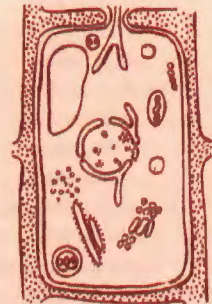
С ЯДРОМ И БЕЗ ЯДРА

Клетки делятся на ядерные и безъядерные в зависимости от того, есть у них ядро или нет. В безъядерных (прокариотических) клетках хроматиновые нити (ДНК) находятся в свободном состоянии и не организуются в хромосомы, у них нет оформленной структуры ядра, отделённой от цитоплазмы клетки мембраной — ядерной оболочкой. Такие клетки свойственны низшим организмам — прокариотам (к ним относятся вирусы, бактерии и синезелёные водоросли), которые имеют малые размеры, не более 0,5—3 мкм. Ядерные, или эукариотические, клетки имеют особое образование — ядро, в кото-



◀ Безъядерные клетки характерны для прокариот.

▶ Ядерные клетки обладают ядром с хорошо выраженной оболочкой.



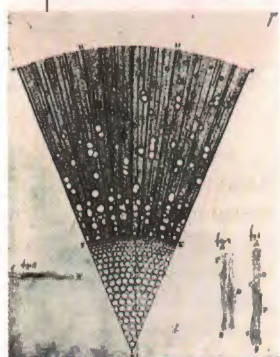
ром хроматиновые нити организуются в хромосомы, хорошо выражена ядерная оболочка. Среди них встречаются организмы с многоядерными клетками, например некоторые водоросли или грибы.



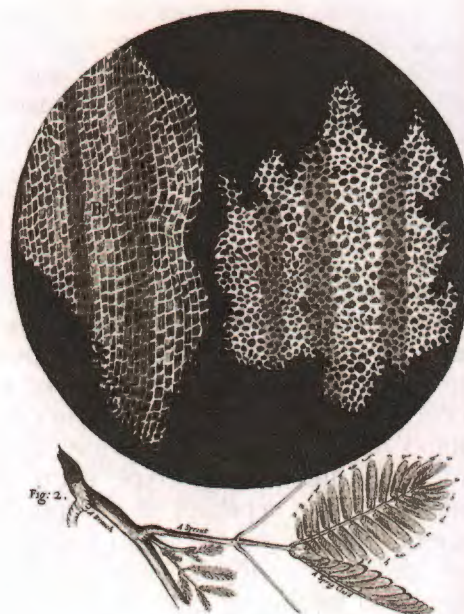
Первое изображение живых клеток. Рисунок из «Микрографии» Роберта Гука. 1665 г.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИЗУЧЕНИЯ КЛЕТКИ

Первые сведения о внутреннем строении растений (анатомии растений) можно найти в сочинениях учёных древности. Древнегреческий философ Теофраст различал у растений кору, древесину и сердцевину. Однако основы науки о клетке (цитологии) и представления о тканях растений были заложены только в XVII в. после изобретения голландцами отцом и сыном Янсенами микроскопа (примерно в 1509 г.). Английский физик Р. Гук (1635—1703) в середине XVII в. усовершенствовал микроскоп, собрав прибор из увеличительных стёкол. С его помощью в 1665 г. он обнаружил и описал растительную структуру в пробке коры дуба — ячейки с перегородками, которые назвал клетками — *cellus*. Позднее, исследуя сосуды и ткани растений, итальянский учёный М. Мальпиги (1628—1694) и английский врач и ботаник Н. Грю (1628—1711) в конце XVII в. почти одновременно представили свои первые итоги изучения анатомии растений в Лондонское королевское общество. В книге «Анатомия растений» (1675 г.)



Антони ван Левенгук — голландский натуралист. С помощью усовершенствованного им микроскопа он исследовал структуру различных форм живой материи. На рисунке учёного, выполненном в конце XVII в., изображены ткани растения.



Мальпиги впервые описал клеточное строение тканей коры, стебля, почек растений; он называл клетки «пузырьками», а длинным клеткам сосудов дал название «трахеиды», которое сохранилось до наших дней. Грю в своей книге «Анатомия растений» (1682 г.) описал многие ткани растений; сам термин «ткани» принадлежит ему. В 1676 г. голландский натуралист А. Левенгук (1632—1723), основоположник научной микроскопии, рассматривая пыльцу и зёрна крахмала под более совершенным микроскопом, обнаружил бактерии и дрожжи, о чём написал в книге «Тайны природы».

Немецкие учёные ботаник М. Я. Шлейден и гистолог и физиолог Т. Шванн изучали развитие клетки, они обобщили результаты работ своих предшественников и создали в первой половине XIX в. клеточную теорию — новое направление естествознания.

Основные положения этой теории были таковы: а) тела всех живых организмов состоят из клеток; на клеточном уровне все живые организмы сходны по строению и биохимии.



Маттиас Якоб Шлейден — немецкий биолог, один из авторов клеточной теории.



Теодор Шванн — немецкий гистолог и физиолог, один из авторов клеточной теории.

мическим свойствам, что говорит о едином их происхождении от предковых форм в процессе эволюции; б) самые маленькие живые организмы состоят из одной клетки, большие содержат миллиарды клеток, при этом весь организм функционирует и в том, и в другом случаях как единое целое; в) развитие любого многоклеточного организма начинается с одноклеточной стадии.

В 1827 г. русский эмбриолог К. М. Бэр (1792—1876) описал яйцеклетку млекопитающих и доказал, что все организмы начинают свою жизнь с одной клетки — зиготы; в 1855 г. немецкий медик и анатом Р. Вирхов (1821—1902) показал, что все клетки образуются только из клеток. Понимание клеточного строения живых организмов было одним из фундаментальных открытий биологии.

СОВРЕМЕННЫЕ МИКРОСКОПЫ

Разрешающая способность просвечивающего электронного микроскопа (трансмиссионного) больше, чем у светового, в 400 раз. Это позволяет изучать фиксированные препараты объектов размером около 0,5 нм: клетки, внутриклеточные структуры, вирусы и пр. Сканирующий электронный микроскоп даёт возможность получать трёхмерное изображение объекта.



Первый электронный микроскоп был создан в 1930-х гг.

Единицы измерения, используемые в работе с внутриклеточными структурами (в нанотехнологии):

1 сантиметр (см)	= 1/100 метра (м)	= 0,4 дюйма,
1 миллиметр (мм)	= 1/1000 м	= 1/10 см,
1 микрометр (мкм)	= 1/1 000 000 м	= 1/10 000 см,
1 нанометр (нм)	= 1/1 000 000 000 м	= 1/10 000 000 см,
1 ангстрем (А°)	= 1/10 000 000 000 м	= 1/100 000 000 см,
или 1 м = 10 ² см = 10 ³ мм = 10 ⁶ мкм = 10 ⁹ нм = 10 ¹⁰ (А°).		



Клетка — основная структурная и функциональная единица живых организмов. Она — самовоспроизводящаяся структурная и химическая система, каждая её составная часть (органелла) играет свою особую роль. Клетки различают по размерам, форме, строению и выполняемым функциям.

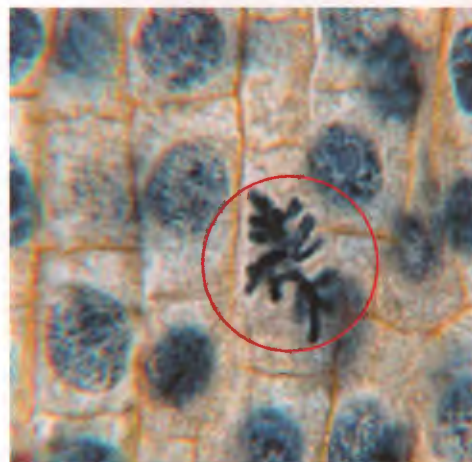


ДЕЛЕНИЕ КЛЕТОК

► На фотографии, сделанной с помощью электронного микроскопа, показан митоз в клетках лука. В клетках, обведённых красным, происходит редупликация хромосом.

Живые клетки растения дышат, питаются, поглощая вещества из окружающей среды, синтезируют новые структурные и функциональные молекулы и в результате растут. В своём развитии они проходят ряд этапов, составляющих клеточный цикл. Когда клетка достигает определённого размера, она начинает делиться. Одноклеточные организмы могут делиться каждый день или даже каждые несколько часов, образуя непрерывный ряд сходных организмов. Многоклеточные растения в результате деления клеток постепенно растут и увеличивают свою массу в течение одного (однолетники) или многих (многолетники) вегетационных сезонов.

Делению клетки предшествует деление ядра; оно бывает двух типов: митоз и мейоз. После того как ядро поделилось, происходит деление самой клетки — цитокinesis, он включает деление цитоплазматической части клетки, образование клеточной оболочки и дочерних клеток.



Центромера — участок хромосомы, играющий основную роль в процессе деления ядра клетки.

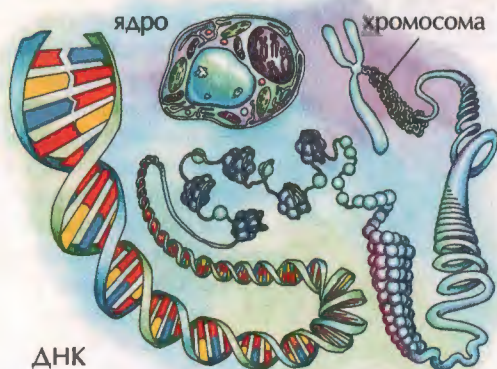
СТРОЕНИЕ ХРОМОСОМЫ

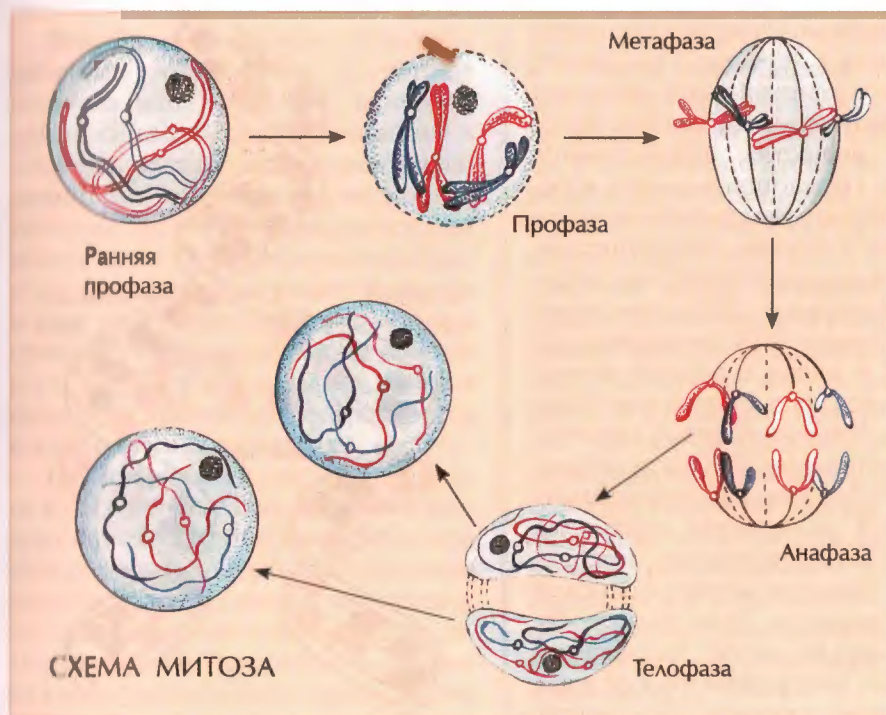
Хромосомы — основные структурные элементы клеточного ядра. Термин «хромосома» был предложен в 1888 г. немецким анатомом и гистологом В. Вальдейером.

Хромосомы состоят из большого числа молекул ДНК (нуклеотидов) и гистоновых белков. Молекула ДНК содержит 50—100 пар нуклеотидов.

Ген (от *греч.* *genos* — «происхождение», «род») — участок ДНК хромосомы, белок, каждый участок которого кодируется тремя нуклеотидами (триплетом); ген отвечает за состав определённого белка. Последовательность нуклеотидов в ДНК — зашифрованная запись состава белков в клетке, её наследственная информация. В хромосомах ядра записаны все белки, способные воспроизводиться в клетке.

Геномом называют совокупность всех генов организма (общее число пар оснований ДНК) в гаплоидном наборе хромосом.





Известно, что в растительных клетках митоз был открыт в 1874 г. русским ботаником, профессором МГУ И. Д. Чистяковым (1843—1877), описавшим стадии этого процесса у плаунов и хвощей. В 1875 г. немецкий ботаник Э. Страсбургер (1844—1912) дал развёрнутое описание митоза в семяпочке ели.

Большой вклад в детальное изучение этого процесса внесли немецкие цитологи Т. Бовери (1862—1915) и В. Флеминг (1843—1905). С именем Бовери связано также создание хромосомной теории наследственности.

Митоз

При митозе (от *греч.* mitoz — «нить») ядро клетки делится на два дочерних ядра, морфологически и генетически равных друг другу. Каждое новое ядро имеет такой же набор хромосом, как и в родительской клетке ($2n$). Продолжительность митотического цикла составляет в среднем 10—50 часов. Затем происходит деление цитоплазматической части клетки с образованием двух дочерних клеток, в каждую из которых переходит по одному дочернему ядру. Новые клетки сходны по структуре и функциям как с родительской клеткой, так и между собой. Две дочерние клетки, каждая из которых примерно в половину меньше исходной материнской, снова начинают расти и выполнять свои функции. Митоз у многоклеточных организмов определяет рост тела растения, поэтому его нередко называют соматическим делением (от *греч.* soma — «тело»; сомати-

ческими называются все клетки организма, кроме половых). Соматические клетки имеют двойной (диплоидный — $2n$) набор хромосом. Половые клетки имеют одинарный (гаплоидный — n) набор хромосом. Митотическое деление ядра происходит сходно у подавляющего большинства организмов.

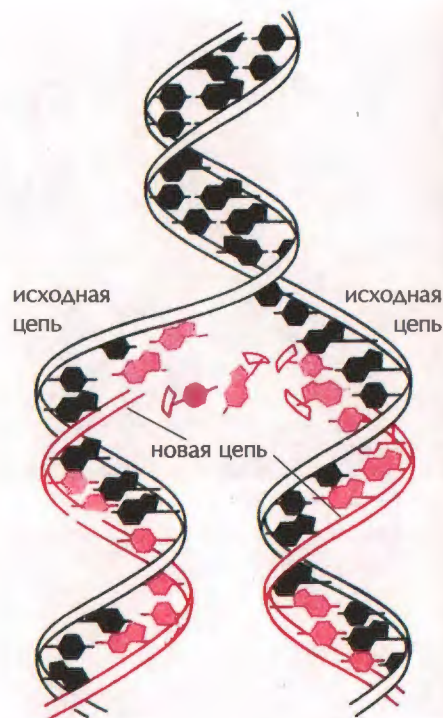
Главные события митотического цикла происходят при редупликации хромосом и достраивании ДНК, т. е. при удвоении наследственного материала материнской клетки, а затем равномерном распределении его между дочерними клетками. Биологическое значение митоза состоит в том, что он обеспечивает образование генетически равноценных ядер (по объёму и содержанию наследственной информации) в каждой новой клетке.

Митоз проходит несколько стадий (фаз). Большая часть клеточного цикла падает на интерфазу, меньшая — на процессы самого митоза и цитокинеза.



Схема редупликации ДНК.

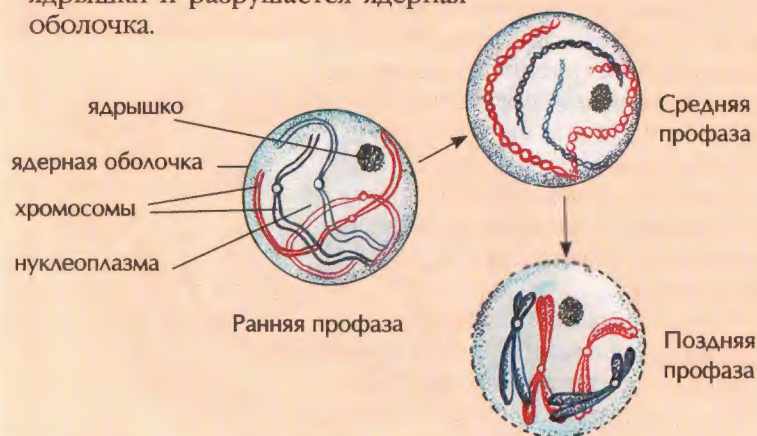
Интерфаза. На этой стадии клетка готовится к делению. Она растёт, удваивается генетический материал (ДНК), синтезируются многие необходимые вещества; формируются структуры (компоненты нитей веретена), необходимые для митотического деления. Удвоение (редупликация, или самовоспроизведение) наследственного материала ДНК происходит так: биспирали ДНК расходятся на две цепи, и рядом с каждой из них формируется соответствующая ей по составу (комплементарная) цепочка. При редупликации ДНК заключённая в генах биологическая информация копируется, и свойства организма передаются следующему поколению. Редупликация является основной наследственности. Если посмотреть в микроскоп на клетку, находящуюся в стадии интерфазы, то в её ядре, окружённом ядерной оболочкой, будут видны хроматиновое вещество (хроматин заполняет ядро в его спокойном состоянии и состоит из гистоновых белков и молекул ДНК) и одно или несколько ядрышек.



Метафаза. На этой стадии деления клетки хромосомы окончательно обособляются. Хроматиды начинают отделяться друг от друга, оставаясь связанными лишь в области центромер. Микротрубочки состоят из специфических белков, образующих ряд нитей, располагающихся между полюсами ядра подобно веретenu (оно ещё называется «митотическое веретено»). Хромосомы прикрепляются своими центромерами к нитям веретена и перемещаются по ним к его экватору, где собираются в одной плоскости — экваториальной (или метафазной) пластинке на месте бывшего ядра.

Анафаза. Каждая центромера расщепляется пополам, и каждая хромосома разделяется на две самостоятельные хроматиды, которые становятся дочерними хромосомами со своими центромерами. С помощью нитей веретена дочерние хромосомы постепенно укорачиваются, перемещаются к его полюсам.

Профаза. В ядре клетке, находящейся в стадии профазы, хромосомы начинают обособляться (при этом каждая хромосома состоит из двух нитей — хроматид, соединённых центромерой). Хромосомы утолщаются, укорачиваются (до 4 % своей длины) и располагаются более упорядоченно. В конце профазы исчезают ядрышки и разрушается ядерная оболочка.

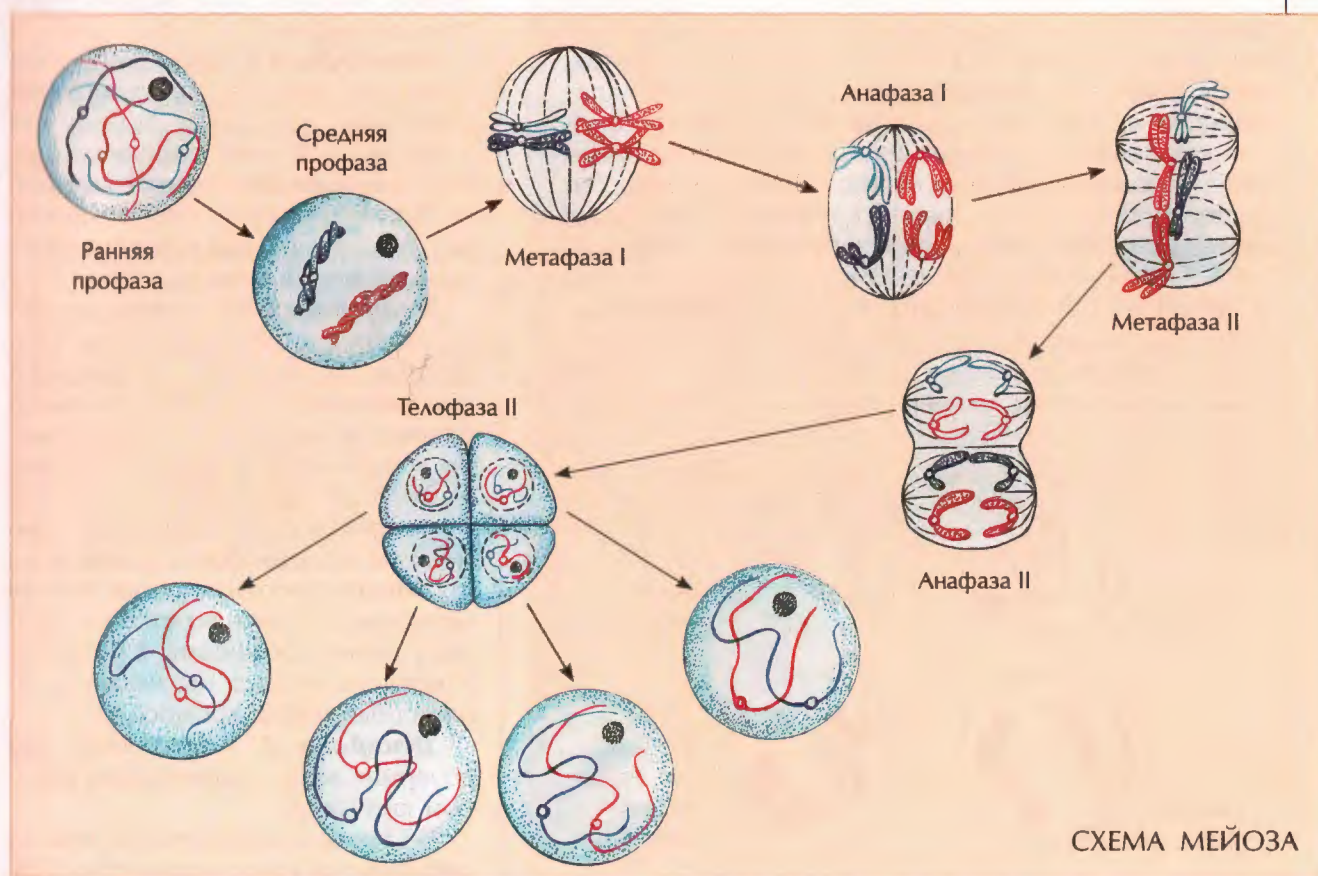




Телофаза. К началу телофазы дочерние хромосомы достигают полюсов ядра, веретено исчезает, хромосомы набухают, удлинняются и постепенно становятся вновь неразличимыми, принимая форму хроматиновых нитей. Формируются два новых ядра. Одновременно появляются ядрышки и ядерные оболочки вокруг двух новых ядер, хромосомы становятся невидимыми, и каждое ядро вступает в интерфазу. Вторая половина хромосом достраивается в ядре в стадии интерфазы.

Цитокинез. После митоза происходит деление самой клетки, или цитокинез. В процессе цитокинеза между двумя дочерними клетками образуется срединная пластинка, состоящая из пектиновых веществ. Первоначально срединная пластинка (или фрагмопласт) имеет форму

диска, растущего по направлению к стенкам материнской клетки за счёт достраивания целлюлозной (из полисахаридов) стенки новой клетки. В цитоплазме клетки образуется перетяжка, и органеллы равномерно распределяются в образующихся половинках. В результате формируются две новые дочерние клетки, каждая из которых примерно в половину меньше исходной материнской. Дочерние клетки начинают расти и достигают размеров взрослой клетки. В каждой клетке есть ядро с диплоидным набором хромосом ($2n$). Затем клетки могут снова делиться, проходя ряд клеточных циклов, или начинают специализироваться в выполнении какой-то функции в составе ткани. Постепенно они теряют способность к размножению.





Мейоз

При созревании растительных организмов в специализированных диплоидных ядрах клеток протекает мейоз (от *греч.* *meiōsis* — «уменьшение») — процесс, связанный с образованием половых клеток (мужских гамет, женской яйцеклетки) или спор. В дальнейшем при слиянии половых клеток (оплодотворении) двойное число хромосом в ядрах соматических (вегетативных) клеток восстанавливается.

Мейоз — особый способ деления, когда образуются четыре ядра, каждое из которых содержит вдвое меньше хромосом, чем ядра родительских клеток. Биологическая сущность мейоза состоит в том, что поддерживается постоянное для дан-

Профаза I. Хромосомы становятся заметными, вытягиваясь в виде двух длинных нитей — хроматид, соединённых центромерой. Затем образуются пары гомологичных хромосом, соответствующих друг другу, от материнского и отцовского организмов. Гомологичные хромосомы приближаются друг к другу, образуя биваленты (спаренные хромосомы), в которых происходит конъюгация хромосом, т. е. они обвивают друг друга и укорачиваются. Очень важная роль принадлежит процессу кроссинговера (обмен генами на отдельных участках гомологичных хромосом) в бивалентах, в результате чего возникают новые комбинации генов в хромосомах ядра. В конце профазы исчезает ядрышко и разрушается ядерная оболочка.



ного вида число хромосом. Половые клетки в результате мейоза содержат гаплоидный набор хромосом (n). Оплодотворение обеспечивает у нового поколения восстановление диплоидного кариотипа ($2n$), присутствующего всем особям данного вида.

Отличительной особенностью первого деления мейоза является сложная и сильно растянутая во времени профазы (профаза I). Далее деление ядра протекает как и при митозе, однако на стадии анафазы I каждое из формирующихся двух ядер получает гаплоидное число хромосом. Первое деление мейоза называют редукционным, так как оно приводит к образованию двух гаплоидных ядер. При втором делении мейоза наблюдаются стадии, аналогичные стадиям митоза: профазы, метафазы, анафазы и телофазы, в результате которых образуются четыре клетки с гаплоидным набором хромосом.

Интерфаза I. Накопление органических веществ, удвоение генетического материала, подготовка к делению. В ядре есть оболочка, видны хроматиновые нити и ядрышко. После интерфазы следует профазы I, о которой подробнее смотрите на выделенной плашке.

Метафаза I. Образуется веретено деления из микротрубочек. Спаренные хромосомы (биваленты) располагаются в экваториальной плоскости веретена, их центромеры направлены в разные стороны от экватора веретена.

Анафаза I. Гомологичные хромосомы разъединяются и движутся к противоположным полюсам. Каждая центромера и нити веретена оттягивают целые хромосомы к полюсам. У каждого полюса оказывается гаплоидный набор хромосом.

Телофаза I. Образуется два дочерних ядра с гаплоидным набором хромосом.

Во время второй стадии мейоза уменьшается вдвое количество ДНК,



не происходит редупликации хромосом, обособляются хроматиды, соединённые центромерами.

Профаза II. Хромосомы обособляются.

Метафаза II. Хромосомы в этой фазе выстраиваются в экваториальной плоскости, их центромеры лежат в области веретена, соединяя хроматиды.

Анафаза II. Центромеры делятся, хроматиды расходятся и движутся к противоположным полюсам.

Телофаза II. Хроматиды закончили движение. В этой фазе идёт образование четырёх ядер с гаплоидным набором хромосом с ядрышками и ядерными оболочками.

Цитокинез. Деление клетки происходит по тому же типу, что и при

митозе, при этом образуются четыре гаметы с гаплоидными ядрами.

Отличия митоза и мейоза

При митозе в результате деления ядра и последующего деления клетки образуются две дочерние клетки, в каждую из которых переходит по одному дочернему ядру с двойным набором хромосом.

Образовавшиеся путём деления клетки сходны по структуре и функциям. В процессе мейоза и последующего цитокинеза образуются четыре дочерние клетки, в каждой из которых находится гаплоидный набор хромосом.

ОТЛИЧИЯ МИТОЗА И МЕЙОЗА

Митоз	Мейоз
Ядро клетки делится на два дочерних ядра, каждое с таким же набором хромосом, как у родительской клетки ($2n$); образуются две дочерние клетки с одинаковым генетическим материалом.	Ядро клетки делится на четыре дочерних ядра, каждое с гаплоидным набором хромосом (n), несущих полноценный геном; образуются четыре клетки с гаплоидным набором хромосом в ядрах.
Одинаково распределяется наследственное вещество хромосом между дочерними ядрами.	В результате кроссинговера происходит обмен наследственной информацией в хромосомах; возникают новые комбинации генов в хромосомах ядра.
Митоз способствует сохранению генетической информации, свойственной растениям данного вида.	Поведение хромосом в мейозе имеет глубокие генетические и эволюционные последствия.





ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Благодаря Солнцу на планете Земля существует жизнь.

Физиология растений как биологическая дисциплина изучает функции живых организмов, протекающие в них жизненные процессы, обмен веществ и приспособление к окружающей среде. Среди главных функций зелёных растений прежде всего следует выделить фотосинтез (от *греч.* *fotos* — «свет», *syn* — «вместе» и *tihenai* — «помещать»), благода-

ря которому образуется первичная биопродукция, запасается солнечная энергия и в атмосферу поступает кислород, а также дыхание — противоположный фотосинтезу процесс.

ФОТОСИНТЕЗ

Земля — планета Солнечной системы, главным источником энергии в ней является Солнце. В недрах этой звезды, раскалённого газового шара, происходят термоядерные реакции, при которых выделяется колоссальное количество энергии. От светила к нашей планете идёт постоянный поток излучения — электромагнитные волны разной длины: ультрафиолетовые лучи (короче 290 нм) — 10 %, видимый свет (400—750 нм) — 45 % и инфракрасная радиация (750—4000 нм) — 45 %. Солнечная постоянная — суммарный поток излучения, достигающий Земли, составляет 1,353 кВт/м² и не-



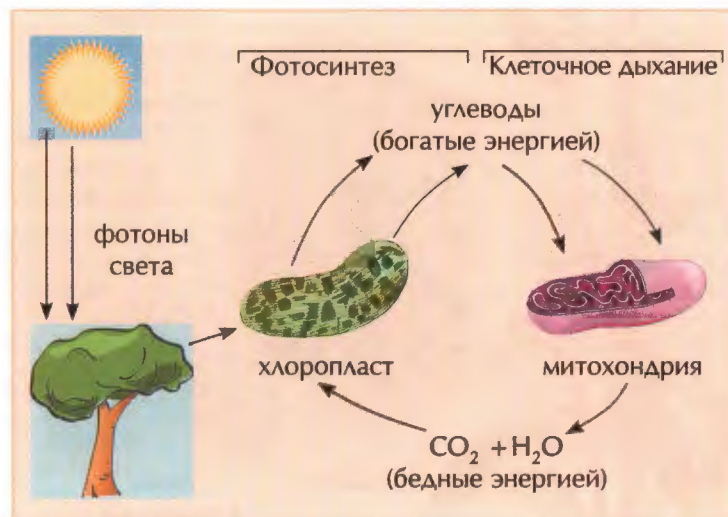


сколько колеблется в зависимости от процессов, происходящих на Солнце, и радиуса орбиты нашей планеты в конкретное время.

Энергия электромагнитного излучения достигает поверхности Земли в виде квантов (мельчайших порций излучения). Световые кванты именуют фотонами, именно они необходимы для реакции фотосинтеза. Свет с длиной волны 380—710 нм называется фотосинтетически активной радиацией.

Фотосинтез — процесс образования органических веществ в клетках растений при участии энергии света — одно из самых замечательных явлений природы. Благодаря фотосинтезу зелёный покров Земли ежегодно создаёт около 150 млрд т органической продукции. Это основной путь, по которому космическая энергия Солнца поступает в биосферу. Фотосинтез начал осуществляться цианобактериями в морской среде примерно 3,5—3,3 млрд лет назад, а менее 900 млн лет назад зелёные растения вышли на сушу и завоевали планету.

Существуют два типа фотосинтеза — анаэробный (в бескислородной среде) и аэробный (в присутствии кислорода). Анаэробный происходит у немногих фотосинтезирующих бактерий, которые относятся к подцарству настоящих бактерий. Фотосинтезирующим пигментом у них является бактериохлорофилл. Кислород в ходе анаэробного фотосинтеза не выделяется. Аэробный фотосинтез преобладает на Земле и характерен для всех оксифотобактерий и растений. Происходит он только в растительных клетках, содержащих фотосистемы — пластиды с фотосинтезирующими пигментами, основным из которых является хлорофилл. Фотосинтез заключается в том, что, используя энергию солнечного света, воду и углекислый газ, зелёные растения синтезируют органические вещества, необходимые для поддер-



жания жизни как одной клетки, так и целого многоклеточного организма. В результате реакции фотосинтеза выделяется кислород.

Механизм фотосинтеза заключается в следующем. Воду растения получают в основном из почвы, но иногда и из воздуха, насыщенного водяными парами. Углекислый газ находится в атмосфере в малом количестве — 0,0321 %, он поступает в растения через устьица листьев. Для успешного фотосинтеза необходимы также N, Mg, входящие в состав хлорофилла, и Fe, Co, Cu, содержащиеся в ферментах.

Схема фотосинтеза.

При анаэробном фотосинтезе фотосинтезирующим пигментом у бактерий является бактериохлорофилл.





Ночью фотосинтез прекращается, идут процессы дыхания и выделения CO_2 .

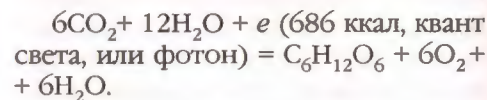


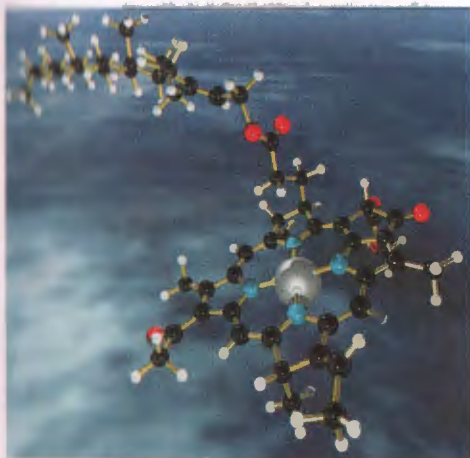
поглощённой листом лучистой энергии, а при низкой освещённости — до 10 %. Остальная энергия переходит в тепловую и расходуется на транспирацию и другие процессы.

Интенсивность фотосинтеза зависит от температуры и обеспеченности растений водой. При повышении температуры фотосинтез активизируется, однако до определённого предела; очень высокая температура (выше 30°C) замедляет работу клеток. В средних широтах для фотосинтеза оптимальная температура $15\text{--}20^\circ\text{C}$, в южных широтах — $15\text{--}30^\circ\text{C}$, тогда достигается максимальный (до 90 %) выход продуктов фотосинтеза. Ночью температура понижается, фотосинтез прекращается, уменьшается интенсивность дыхания и связанный с ним расход углеводов. Сокращается и транспирация, так как листья в темноте закрывают свои устьица.

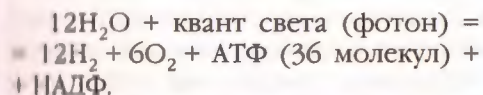
Голландский микробиолог Корнелис ван Ниль в 1940-х гг. установил, что первоначально световая энергия в фотосинтезе используется для расщепления молекулы воды. Это подтвердилось в последующих работах многих учёных. Свет служит «донором» электронов. Молекула хлорофилла благодаря поглощению кванта света приобретает способность связать один электрон, при этом последний переносится при помощи механизма «электронного насоса» на более высокий уровень. Затем хлорофилл переносит водород воды на CO_2 . Создаётся органическое вещество, а свободный кислород поступает в атмосферу. Первичное органическое вещество путём последовательных химических реакций синтеза переходит в углеводы, жиры, аминокислоты и белковые вещества.

Суммарное уравнение фотосинтеза имеет следующий вид:





Фотосинтез идёт в две стадии, последовательно связанные между собой. Это открытие сделал в 1905 г. английский физиолог растений Ф. Блэкмен. Первая (световая) стадия фотосинтеза начинается «фотолиз», происходит на свету в пигментной части пластиды — тилакоидах хлоропластов и состоит в поглощении и преобразовании энергии. Все пигменты фотосистемы могут поглощать фотоны, но только одна молекула хлорофилла данной фотосистемы (хлорофилл α — реакционный центр) может использовать энергию фотона в химической реакции. Остальные пигменты, как антенны, собирают энергию и передают её по цепочке другим молекулам, пока она не достигнет реакционного центра. Когда молекула хлорофилла поглощает энергию, электроны переходят на более высокий энергетический уровень, запуская поток электронов, которые переносятся на молекулы АТФ. Часть энергии превращается в химические связи, они используются в дальнейшем синтезе органических веществ:



Мембраны тилакоидов содержат кариотиноиды и белки, связанные с

ФОРМЫ ХЛОРОФИЛЛА

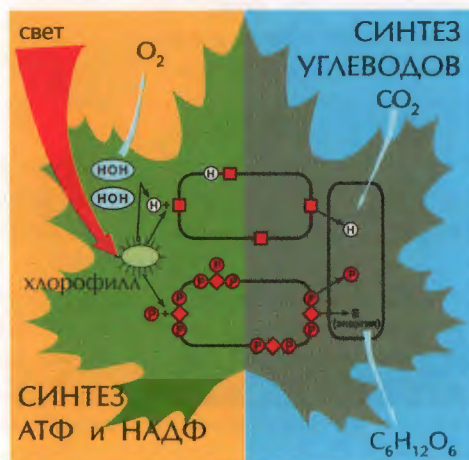
Обнаружено несколько форм хлорофилла. Хлорофилл α — основной зелёный пигмент, участвующий в фотосинтезе, характерен для всех фотосинтезирующих организмов. Только он поглощает волны длиной 520—700 нм — жёлто-оранжевые лучи, имеющие решающее значение для фотосинтеза.

Зелёный по цвету хлорофилл β — вспомогательный пигмент, он расширяет спектр поглощения света в процессе фотосинтеза. Хлорофилл β поглощает волны в фиолетовой и синей частях спектра (450—520 нм), при этом квант света возбуждает молекулу этого хлорофилла, затем возбуждённый электрон передаёт свою энергию хлорофиллу α , который потом в процессе фотосинтеза преобразует её в энергию химических связей.

хлорофиллом. В тилакоидах хлоропластов под воздействием солнечной энергии вода расщепляется на водород и кислород, при этом освобождается энергия, которая запасается на АТФ (аккумуляторе химической энергии), и образуется НАДФ (белок феррадонин — вещество-восстановитель, с которого начинается синтез более сложных органических веществ).

Вторая стадия фотосинтеза — темновая. Она проходит без участия света в строме хлоропластов — плазматической части пластид — и заключается в превращении веществ. В строме содержатся ферменты, необходимые для темновых реакций фотосинтеза. Здесь происходит восстановление углерода, образуется пятиуглеродный,

◀ Молекула хлорофилла, синтезированная Р. Вудвордом в 1960 г.



Световая и темновая фазы фотосинтеза.

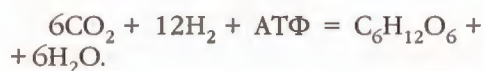


Цикл окисления глюкозы до диоксида углерода назван циклом Кребса в честь английского биохимика Ганса Кребса (1900—1981), который открыл этот путь распада вещества в 1937 г., а в 1953 г. получил за это Нобелевскую премию.



Строение хлоропласта.

а затем шестиуглеродный сахар. Этот процесс называется циклом Кальвина в честь американского биохимика Мелвина Кальвина (1911—1997), получившего в 1961 г. Нобелевскую премию за это открытие. В результате углерод накапливается в виде первичного органического вещества (сахара, жиры). Эту стадию называют ещё энергетической, так как она идёт с затратой энергии на синтез вещества:



ЗНАЧЕНИЕ ФОТОСИНТЕЗА

Фотосинтез — главное звено химических циклов на Земле и основа всех цепей питания. Энергия, запасённая в продуктах фотосинтеза, является основной для всех живых организмов планеты. Коэффициент полезного действия (КПД) фотосинтеза выражается в процентах поглощённой световой энергии, запасённой в форме химических связей на 1 г углевода. В процессе фотосинтеза на 1 г углевода используется в среднем 3,8 ккал энергии. КПД фотосинтеза листьев деревьев примерно 5—10 %, у злаков — до 15 %. Накопление CO_2 всеми растениями на Земле составляет 275 млрд т в год.

В результате фотосинтеза в год образуется около 150 млрд т органического вещества (первичная продукция), при этом в процессе участвуют 30 млрд т углерода. Кислород в атмосфере Земли биогенного происхождения. Он составляет 21 % её объёма, еже-

Итак, в ходе фотосинтеза при помощи поглощённой энергии вода и диоксид углерода в хлоропластах превращаются в энергетически богатые запасные вещества — углеводы, такие, как глюкоза, крахмал и т. п.

ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ

В растении одновременно с фотосинтезом протекает и противоположный процесс — дыхание, причём как в аэробных, так и в анаэробных условиях. В митохондриях — оргanelлах клетки — углеводы распадаются, в результате выделяется энергия, запасаемая в виде молекул АТФ. Этот процесс, называемый клеточным дыханием, приводит к образованию диоксида углерода и воды. Углерод в виде углекислого газа поступает в окружающую среду. При дыхании потребляется кислород — активный



Зелёные леса — лёгкие планеты.

годно в результате деятельности растений в атмосферу выделяется 200 млн т кислорода.

Круговорот кислорода, углерода и других элементов, вовлекаемых в процесс фотосинтеза, поддерживает современный состав атмосферы, необходимый для существования жизни на Земле. Фотосинтез препятствует увеличению концентрации CO_2 , предотвращая перегрев Земли вследствие так называемого парникового эффекта.

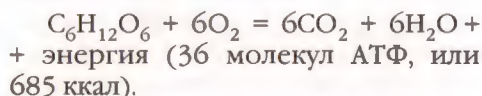


окислитель веществ, содержащихся в растениях. В результате их окисления (сжигания) выделяется энергия. Окислительные процессы составляют сущность дыхания у растений. В целом же дыхание — это весьма сложный, многоступенчатый процесс, в котором при недостатке углеводов могут использоваться жиры и белки (с участием соответствующих ферментов).

Основным источником энергии для большинства клеток является процесс полного окисления глюкозы. При аэробном дыхании глюкоза окисляется до CO_2 (гликолиз) с выделением значительного количества энергии. Расщепление глюкозы идёт в несколько стадий с помощью ферментов и АТФ. Весь процесс дыхания можно разделить на три стадии: гликолиз, цикл Кребса и электроно-транспортная цепь.

На первом этапе гликолиза в цитоплазме образуются молекулы полураспада глюкозы и молекулы с высокоэнергетическими связями. Затем в митохондриях в результате цикла Кребса продукты полураспада глюкозы последовательно окисляются до диоксида углерода. На заключительной стадии дыхания на внутренней мембране митохондрии образуются 36 молекул АТФ.

Суммарное уравнение дыхания имеет следующий вид:



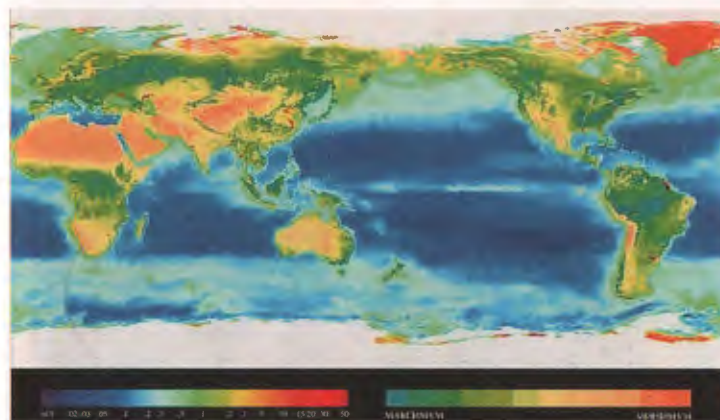
При отсутствии кислорода в анаэробных условиях дыхание представляет собой спиртовое брожение, в результате образуются продукты полураспада глюкозы и выделяется небольшое количество энергии (только 2 молекулы АТФ). Продуктами такой реакции являются спирт и углекислота. Спирты поступают по биохимическим цепям в дальнейшие реакции биосинтеза.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ

Энергия солнечного света, поступающая на верхнюю границу атмосферы во всём диапазоне волн, составляет в среднем 700 ккал/см^2 в сутки, и лишь около 55 ккал/см^2 в год энергии видимой части спектра достигает земной поверхности и может использоваться организмами. Способность накапливать энергию солнечного света в органическом веществе называется продуктивностью живых организмов. Даже при оптимальных условиях рас-

Растения — живые организмы.

Карта-схема биологической продуктивности суши и океана в 1998 г.



Океан: концентрация хлорофилла a (мг/м^3).

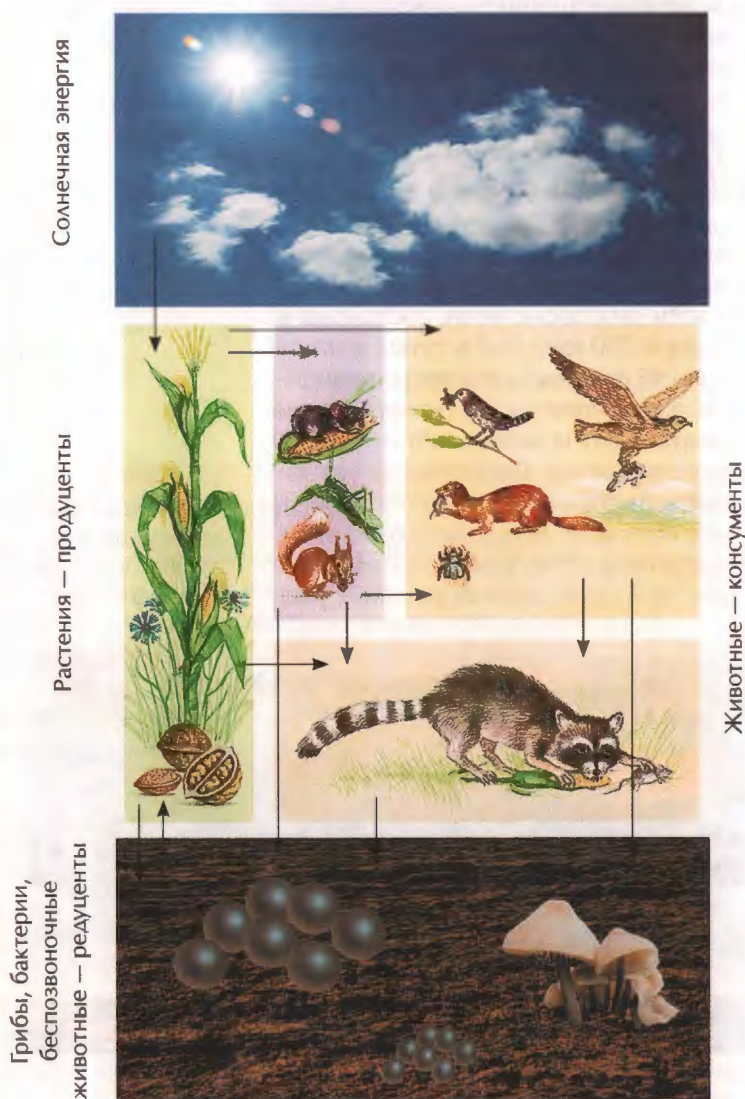
Показатель распределения растительности на суше.



тения на суше могут потреблять лишь несколько процентов видимого излучения Солнца, падающего на определённую площадь, а КПД для всей поверхности суши составляет 0,1—0,3 %.

В круговороте живого вещества участвуют три основные группы организмов: продуценты, консументы и редуценты. Продуценты — зелёные растения, способные к фотосинтезу, а также бактерии, осуществляющие хемосинтез; именно они производят первичную продукцию. Консументы — организмы, потребляющие первичную или вторичную продукцию,

Схема пищевых цепей.



т. е. готовое органическое вещество, и переводящие его в другие формы органических веществ (животные, паразитические растения и др.). Редуценты (деструкторы) — организмы, живущие за счёт мёртвых органических веществ и разлагающие их до минеральных веществ (многие бактерии, грибы и некоторые животные).

В свою очередь консументы подразделяются на три подгруппы: консументы первого порядка — фитофаги, растительноядные организмы, потребляющие органические вещества, поставляемые растениями; консументы второго порядка — хищники и паразиты, питающиеся растительноядными организмами; консументы третьего порядка — хищники и паразиты, питающиеся хищными животными и паразитами. Представителей последних двух групп называют зоофагами. Это разделение в известной степени условно: на Земле обитает и множество всеядных животных — эврифагов, питающихся и растительной, и животной пищей. Кроме того, почвенные животные, по мнению русского академика М. С. Гилярова (1912—1985), не только переводят органическое вещество из одного вида в другой, но и выделяют минеральные или органические легко минерализующиеся вещества, т. е. являются как консументами, так и, в некоторой степени, редуцентами. Таким образом, разделение организмов на три группы соответствует их роли в превращении вещества и круговороте элементов в природе.

Начиная трофические (пищевые) цепи, продуценты создают первичную продукцию, далее свои роли играют консументы и редуценты, создавая несколько уровней потребления. Обмен веществ, происходящий в природе, возможен только при участии представителей всех трёх групп организмов.

В первой четверти XX в. российский ботаник и лесовед В. Н. Сукачёв



БИОМАССА ЗЕМЛИ И ЕЁ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НА СУШЕ И В ОКЕАНАХ (сухое вещество в 10^9 т)

Биомасса	Континенты	Мировой океан
Фитомасса	1837	3,9
Зоомасса	1,005	0,997
Суммарная биомасса	1 838,057	4,897

(По книге «Ботаника» Э. Страсбургера и др. 2008 г.)



Растительная биомасса (фитомасса) почти в 1000 раз больше животной биомассы (зоомассы).

и развил представление о биогеоценозе — совокупности растений, животных, грибов, микроорганизмов, почвы и атмосферы на однородном участке суши. Английский ботаник А. Тенсли (1871—1955) в 1935 г. сформулировал понятие экосистемы, очень близкое к определению биогеоценоза. Экосистемы образованы живыми организмами, которые находятся во взаимосвязи между собой и средой их обитания; эти сообщества живых организмов обмениваются веществом и энергией. Каждая экосистема производит биологическую продукцию — массу растений, плодов, биомассу животных. Производительность экосистемы измеряется количеством органического вещества, которое создаётся за единицу времени на единицу площади: $г/м^2$ в день, $кг/м^2$ в год, $т/км^2$ в год.

Первичную биологическую продукцию производят растения в процессе фотосинтеза. Первичной валовой продукцией (Пв) называют суммарную продукцию фотосинтеза. Она определяется эффективностью фотосинтеза и зависит от площади фотосинтезирующих органов (стеблей, листьев) и длительности периода активного фотосинтеза. Чистой первичной продукцией (Пч) именуют вещество, которое осталось после расхода вещества на дыхание и выделение CO_2 , H_2O , O_2 в процессе жизнедеятельности растений. Чистая первичная продукция у большинства растений составляет примерно половину от суммарной продукции фотосинтеза.

Термин «вторичная продукция» (P_2) применяется к биомассе, создаваемой гетеротрофами (консументами и редуцентами). Биомассой называют суммарную массу организмов, присутствующих в экосистеме в момент наблюдения, которую учитывают на единицу площади; она может быть выражена в единицах массы или энергии (калориях). Например, биомасса в лесных сообществах велика, так как древесные растения

БАЛАНС УГЛЕВОДОВ

В буковых лесах Центральной Европы в возрасте от 40 до 60 лет активность экосистемы достигает максимума: за один год листья синтезируют 23,5 т вещества на 1 га. В ветви, ствол и корни при этом направляется 16,2 т, из них 40 % в течение года теряется при дыхании и опадании отмерших частей. Из 7,3 т вещества, оставшегося в листьях, 65 % затрачивается на дыхание. Если считать, что масса опавшей листвы составляет лишь 2,5 т, то почти половина углеводов, созданных в процессе фотосинтеза (более 10 т/га), расходуется на дыхание, следовательно, утрачивается.





Биомасса травяной растительности земного шара в 5—10 раз меньше биомассы растительности лесов.



Коралловые рифы обладают высокой биологической продуктивностью.



живут долго и из года в год накапливают её. А их биологическая продукция (новые листья, ветки, корни и пр.) обычно в 30—50 раз меньше. Запас биомассы в травяных сообществах (луга, степи), только в 3—5 раз больше по сравнению с их биологической продукцией.

Американский эколог Ю. Одум (1913—2002) в середине XX в. определил мировое распределение первичной продукции следующим образом:

1. Очень низка биологическая продуктивность в океанических глубинах и пустынях ($0,1 \text{ г/м}^2$ в день). В океа-

нах продуцирующими организмами являются водоросли, а в пустынях — высшие растения. Поскольку в океанах ограничено поступление питательных веществ, а в пустынях — воды, и глубины океанов, и аридные территории относятся к районам с низкой биологической продуктивностью.

2. Низкой продуктивностью ($0,5\text{--}3 \text{ г/м}^2$ в день) характеризуются растительные сообщества морских литоралей и плохо культивированных земель.

3. Значительные скопления биомассы на суше наблюдаются в лесах. Для лесов умеренного пояса характерна средняя продуктивность в день от 5 до 10 г/м^2 .

4. Способностью производить от 10 до 20 г/м^2 в день обладают влажные тропические леса, интенсивно используемые сельскохозяйственные земли, сообщества пойм, устьев рек и коралловых рифов. Максимально возможная продукция экосистемы, по-видимому, не может превышать 25 г/м^2 в день.

ПОГЛОЩЕНИЕ И ПЕРЕДВИЖЕНИЕ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯХ

Растения ведут неподвижный образ жизни, они прикреплены корнями к почве или другому субстрату. Питаются растения, поглощая из окружающей среды (почвы, воздуха, воды) необходимые для биохимических реакций вещества, которые распространяются по всем органам. Почва также создаёт газовый режим для дыхания корней.

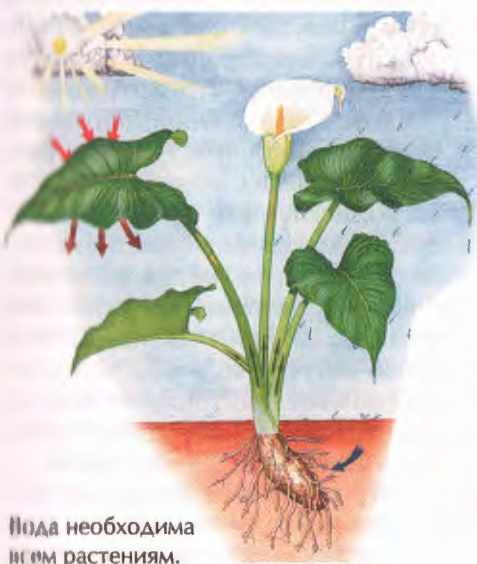
Вода в жизни растений

Вся жизнь растения связана с водой. Она необходима начиная с момента набухания и прорастания семени,



когда её содержание достигает 8—11 % от его объёма. Вода, поглощаемая корнями растения, используется во всех химических реакциях, переносит питательные вещества, поддерживает упругость органов и, наконец, удаляется при испарении в виде пара или жидкости. Для поддержания водообеспечения растения в процессе эволюции создали чрезвычайно эффективную водопроводящую систему и различные способы постоянного пополнения запасов воды.

На клеточном уровне в растениях существуют токи воды и растворённых веществ. Направление движения воды в клетках определяется водным потенциалом, таким же, какой существует и в масштабах планеты в целом. Например, вода в реке на вершине водопада обладает высоким водным потенциалом (высокой потенциальной энергией), поэтому она устремляется вниз. В растениях вода перемещается из области высокого водного потенциала в область более низкого. Плазматическая мембрана клетки регулирует передвижение веществ, растворённых в воде, в клетку и из неё. При этом вода движется объёмным потоком, а также за счёт осмоса и диффузии.



Вода необходима всем растениям.

МЕТАБОЛИЗМ

Метаболизмом называют все процессы, связанные с обменом веществ, и все химические реакции, происходящие в клетках организма: потребление питательных веществ, построение из них клеток, тканей, органов и всего тела растения (анаболизм), а также деградацию молекул, распад веществ в процессе жизнедеятельности организма (катаболизм). Реакции метаболизма проходят упорядоченными сериями, которые ещё именуют путями. Каждый этап пути играет определённую роль в клетке и контролируется специфическим ферментом. Любое вещество, возникающее в организме в результате метаболизма, называется метаболитом. Для каждого вида растения характерен особый, генетически закреплённый тип метаболизма.

Объёмный поток — общее движение воды под действием силы тяжести или под давлением. Вода перемещается из области более высокого потенциала в область более низкого потенциала независимо от причины, создающей это различие. Воду, текущую вниз, можно заставить подниматься вверх, но только до тех пор, пока водный потенциал, создаваемый давлением, превышает водный потенциал силы тяжести. Вода перемещается таким путём, например, по межклеточным пространствам в тканях.

Осмос — это проникновение воды через биологическую полупроницаемую мембрану клетки, которая пропускает воду и не пропускает растворённые в ней вещества. Осмотическое движение воды происходит из области более низкой концентрации растворённого вещества (среды с более высоким водным потенциалом) в область более высокой концентрации растворённого вещества (в среду с более низким водным потенциалом). Давление, которое следует приложить к раствору, чтобы остановить поступление воды, называется осмотическим. Осмотическое давление в растительной клетке в среднем составляет от 10 до 20 атмосфер. Осмотический путь поступления воды в клетки растения очень



важный, особенно в зоне корневых волосков, но он не единственный.

Тургор (или упругость) растительных клеток — это внутреннее давление, возникающее в результате осмоса. При хорошем тургоре оболочки клеток становятся упругими и обеспечивают упругость всего растения. Потеря тургора клетками в результате испарения (транспирации), когда растение теряет больше воды, чем может поглотить через корни, ведёт к увяданию, листья и стебли у травянистых растений опускаются. В клетке при этом плазматическая мембрана отделяется от клеточной оболочки, протопласт сжимается, и клетка теряет упругость. Тургор особенно важен для поддержания зелёных, не одревесневших частей растения в деятельном состоянии.

Молекулы растворённых веществ проходят через мембраны клеточных



Упругие листья капусты говорят о том, что клетки растения в избытке содержат воду.

оболочек благодаря трём процессам: простой диффузии, облегчённой диффузии и активному транспорту.

Диффузией называют хаотичное движение молекул по градиенту, т. е. из области высокой концентрации в область более низкой концентрации вещества. Молекулы вещества при этом стремятся выровнять свою концентрацию в системе. Углекислый газ, кислород и вода — главные вещества, перемещающиеся в клетках путём простой диффузии. Это связано с тем, что их молекулы малы и слабо полярны (гидрофильны). Диффузия наиболее эффективна на малых расстояниях, при большом градиенте концентрации и в малых объёмах.

Большинство необходимых для жизни растения веществ полярны (имеют разные соединения на концах химических цепей) и переносятся через мембрану с помощью погружённых в неё транспортных белков (белков-переносчиков). Существуют две основные формы транспорта с помощью переносчиков: облегчённая диффузия и активный транспорт. Облегчённая диффузия обусловлена градиентом концентрации. Обычно вещества синтезируются в одном месте, а потребляются в другом. В результате устанавливается градиент концентрации и вещества могут диффундировать по градиенту из области высокой концентрации к месту потребления. Перенос растворённых веществ против градиента концентрации требует затрат энергии, он получил название активного транспорта. Одним из наиболее важных механизмов активного транспорта является так называемый калиево-натриевый насос, который поддерживает в цитоплазме низкую концентрацию ионов натрия и высокую концентрацию ионов калия.

Контролируемое движение веществ в клетку и из клетки может происходить также с помощью эндо-

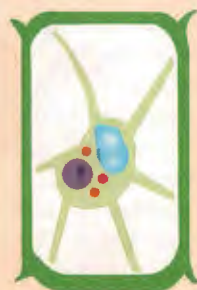


питоза и экзоцитоза — процессов транспортировки молекул в специальных пузырьках. Они образуются в результате выпячивания мембраны и отделяются от мембраны и поступают в цитоплазму клетки с захваченным веществом. Захват твёрдых частиц (эндоцитоз), например бактерий, называют фагоцитозом, а растворённых веществ — пиноцитозом. Механизмы переноса веществ зависят от способности мембран улавливать определённые молекулы. Обмен веществ между растительными клетками может осуществляться через плазмодесмы — тонкие тяжи цитоплазмы, связывающие между собой протопласты соседних клеток. Такое движение называют симпластным транспортом. Скорость движения веществ внутри клетки увеличивается за счёт постоянного тока цитоплазмы.

Вода циркулирует в растении в различных направлениях. Два основных её потока обеспечивают жизнедеятельность всего растения. Один из них — восходящий ток воды — начинается в тонких корневых волосках, которые являются одноклеточными образованиями. Благодаря осмотическому давлению почвенная вода проникает сквозь полупроницаемые оболочки клеток корневых волосков и разбавляет содержащиеся в них растворы сахаров, солей и прочих компонентов клеточного сока. Воды становится всё больше, осмотическое давление повышается, клетки увеличиваются, их оболочки растягиваются до возможного предела, наконец клетки достигают полного тургора. Возросший тургор в этих клетках создаёт корневое давление, достаточное, чтобы подать воду в стебель и листья растения.

Однако сила, которая поднимает тонны воды к вершине гигантской секвойи или какие-то граммы её к цветку фиалки, имеет другую природу.

ТРИ СОСТОЯНИЯ КЛЕТКИ



плазмолиз —
потеря клеткой
воды



нормальное
содержание
воды в клетке



клетка
максимально
насыщена водой

ду. Она возникает в результате транспирации — потери растением воды в виде пара через миллионы мельчайших устьиц на поверхности листьев. Транспирация (испарение) происходит непрерывно у всех живых растений в течение всей жизни. Если воздух насыщен влагой, то испарение затрудняется или приостанавливается. Тогда растения помогают себе тем, что выжимают воду из отверстий, расположенных на концах крупных жилок, на зубцах или краях листьев; это явление называют «гуттация». Оно характерно для утренних часов, когда капли воды

Растения влажных экваториальных лесов нуждаются в воде каждый день. Рисунок из Энциклопедического словаря, составленного Д. Мейером. XIX в.





Подсчитано, что с 1 га поля пшеницы испаряется около 2 тыс. т воды, кукуруза испаряет до 3,2 тыс. т/га, а капуста даже 8 тыс. т/га. У кактусов, напротив, устьица почти всегда закрыты, поэтому они очень медленно растут. У погружённых в воду листьев водных растений устьица вообще отсутствуют.

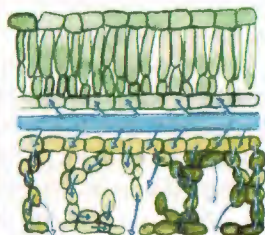


Известно, что одно растение кукурузы транспирирует более 2 л воды за сутки, а гектар посевов кукурузы — более 2 362 500 л воды за сезон. Механизм осмоса был открыт примерно 200 лет назад французским физиологом растений Рене Дютроше (1776—1847).

Верхушка побега

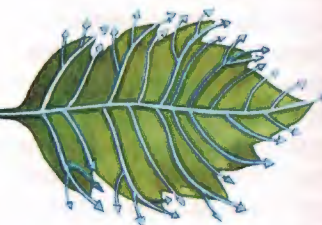


Нисходящий ток органических веществ по флоэме из листьев к органам растения

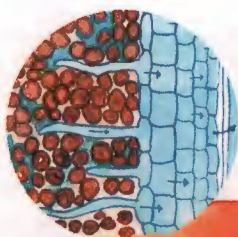


Фотосинтезирующая часть листа

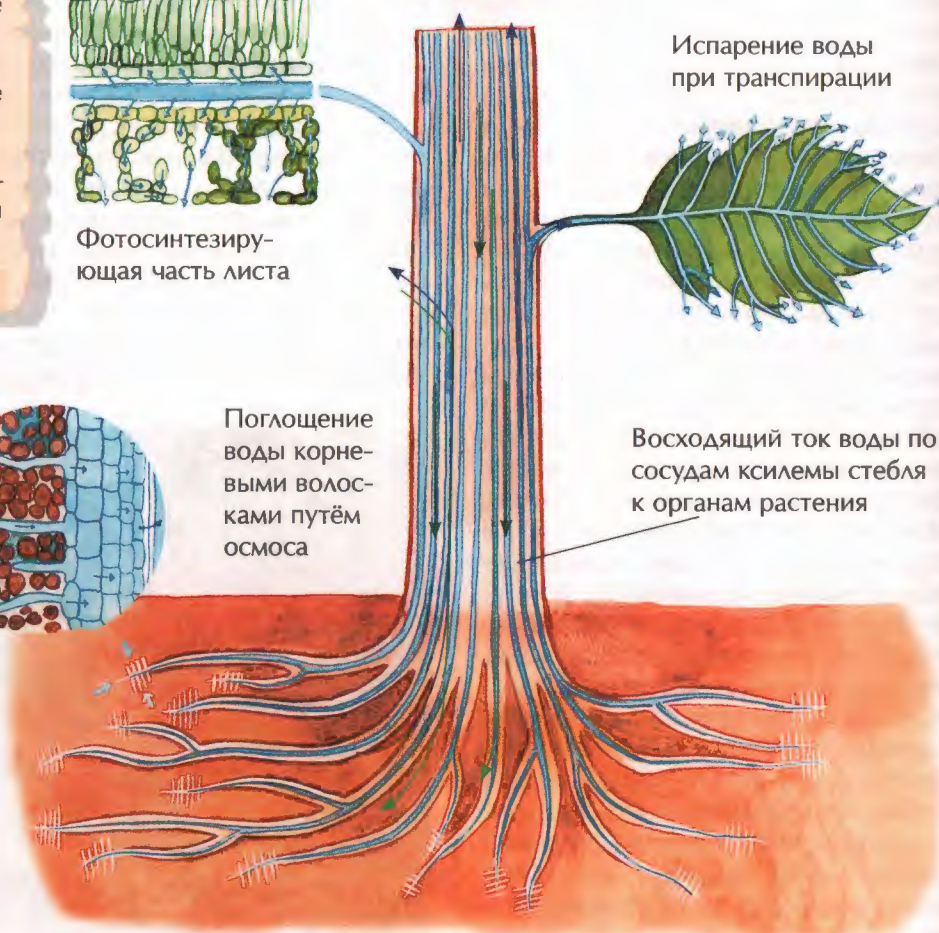
Испарение воды при транспирации



Поглощение воды корневыми волосками путём осмоса



Восходящий ток воды по сосудам ксилемы стебля к органам растения



Постоянный ток воды в растении.



попадают на концах жилок в краевых частях листьев. Такие капельки можно видеть во влажную погоду на листьях многих растений.

Такая потеря воды в результате транспирации может быть восполнена только за счёт деятельности корней. Вода поднимается по мириадам тонких трубок проводящих сосудов в стеблях и ветках растения благодаря сосущей силе листьев, причём неразрывность этих тысяч поднимающихся столбиков поддерживается силами сцепления самих молекул воды. Вода поступает в корневые волоски путём осмоса и испаряется с поверхности листьев путём транспирации. Поэ-

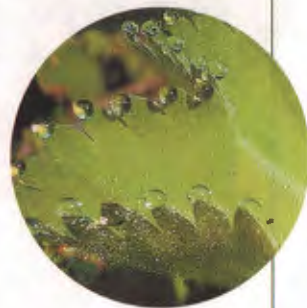
тому существует довольно постоянный ток воды в растении. Скорости поступления воды и её испарения примерно сопоставимы. Существует и такой совершенный аппарат листа, как устьица, которые способны регулировать не только доступ атмосферной углекислоты для фотосинтеза, но и скорость потери воды на транспирацию. Эта система отличается высокой эффективностью и работает бесперебойно.

Для растений характерен и так называемый нисходящий ток растворённых в воде питательных веществ, образуемых в клетках листьев в процессе фотосинтеза и последующих биохимических реакций. Нисходящий ток обеспечивает перенос готовых органических веществ по живым сосудам от листа вверх и вниз к другим органам растения.

Вода является основным веществом, циркулирующим из клетки в клетку. Она нужна растениям для основного процесса, идущего в их клетках, — фотосинтеза, главного источника энергии, а также для получения питательных веществ из почвы, необходимых для роста и развития.

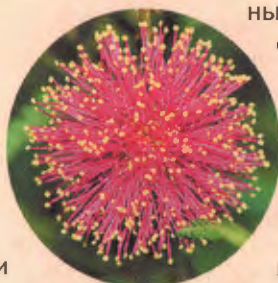


Избыточная влага выделяется из листьев растений через устьица и на краях крупных жилок листа.



«ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ» РАСТЕНИЯ

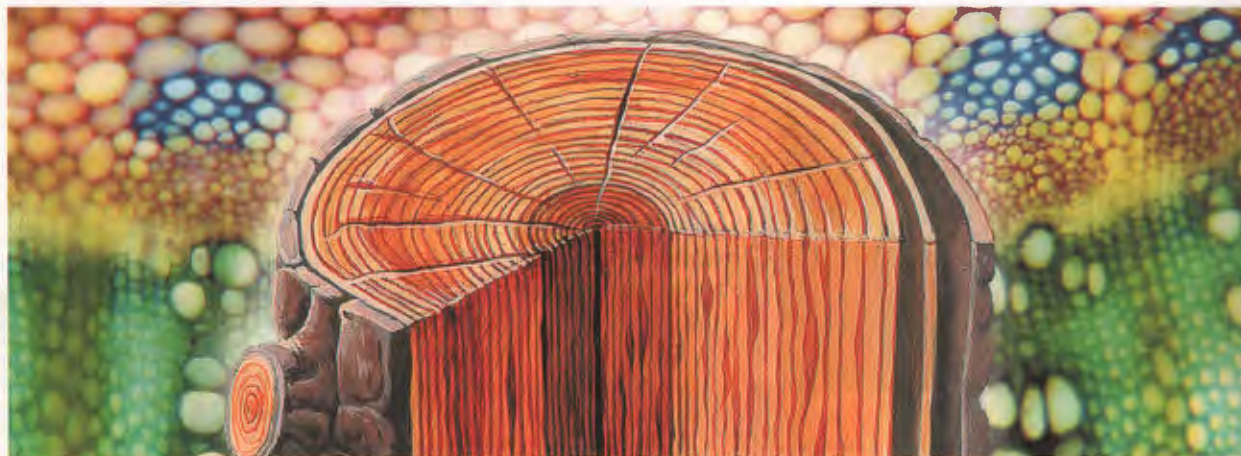
Многие растения, включая злаки, бобовые и известный вид мимозы *Mimosa pudica*, часто называемый «стыдливой мимозой», реагируют на прикосновение, тепло или иные раздражители свёртыванием и кажущимся увяданием. Это обусловлено внезапными изменениями водного баланса. Структура листа мимозы сложна: вдоль каждого его разветвления симметрично расположено много мелких листочков. Каждый листочек у места своего прикрепления имеет утолщение, аналогичные утолщения есть и у главных черешков сложного листа в местах их присоединения к стеблю. Эти утолщения и являются «чувствитель-



Цветок мимозы.

ными» органами: их тонкостенные клетки снабжаются водой через тонкие ответвления центральной водопроводящей системы растения. Любое лёгкое прикосновение нарушает водный баланс в одном или во всех утолщениях мелких листочков одновременно; более сильное вызывает аналогичную реакцию и в утолщённых клетках главного черешка.

В некоторых случаях на прикосновение реагируют все листья «стыдливой мимозы». При полном коллапсе мимоза с плотно прижатыми листьями кажется съёжившейся и увядшей. Такое состояние наступает всего лишь через пару секунд, а на восстановление утраченного тургора уходят часы, после чего растение обретает прежнюю форму.



ТКАНИ РАСТЕНИЙ

Растения прошли огромный путь исторического развития от доклеточных, одноклеточных и колониальных форм жизни до сложных, многоклеточных организмов. У большинства древних многоклеточных водорослей клетки ещё мало

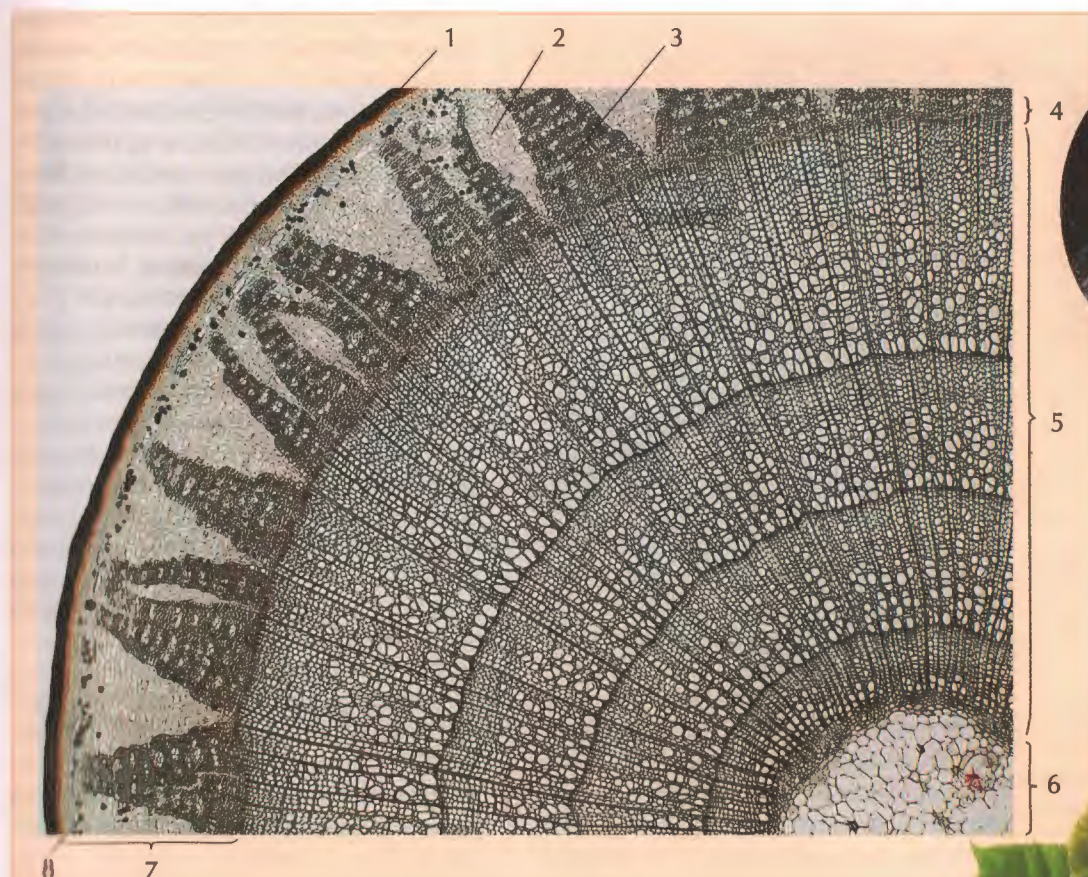
отличались друг от друга по строению и функциям. Ведь в основном водоросли проводили и проводят всю свою жизнь в водной среде. В ходе эволюции наземных растений клетки организма приобрели специализацию: они стали отличаться по строению и выполнять различные функции. Благодаря этому в целом клетки начали функционировать более эффективно, но в то же время увеличилась зависимость одних частей тела от других.

Специализированные клетки вегетативного тела современных высших растений обычно собраны в группы. Такие сходные по происхождению и строению, выполняющие одинаковую функцию группы клеток называются тканями. Настоящие ткани появились после выхода растений на сушу и имеются почти у всех высших растений, исключая лишь большинство печёночных мхов.

По форме составляющих их клеток ткани бывают паренхимные



Впервые термин «ткань» был введён в 1671 г. английским ботаником Н. Грю. Он и итальянский учёный М. Мальпиги являются основоположниками анатомии растений.



Поперечный срез стебля липы (возраст 4 года) под электронным микроскопом:

- 1 — пробка;
- 2 — участки первичной коры;
- 3 — участки вторичной коры (луба);

- 4 — камбиальное кольцо;
- 5 — годичные кольца древесины;
- 6 — сердцевина;
- 7 — кора;
- 8 — друзы кристаллов в первичной коре.



Неемия Грю — английский ботаник и врач, основоположник анатомии растений.



и прозенхимные. Паренхимные ткани, или паренхима (*греч.* буквально «налитое рядом»), состоят из клеток более-менее одинакового размера по всем направлениям и занимают наибольший объем в органах многих растений. Проzenхимные клетки (название можно перевести как «налитое в определенном направлении») — вытянутые, их длина более чем в 3—4 раза превышает ширину. Ткани из таких клеток служат, например, чтобы проводить воду и растворённые в ней вещества по телу растения.

В зависимости от выполняемой ими функции ткани растений делятся на образовательные, покровные, основные, механические, проводящие и выделительные (секреторные).

Ткани могут быть простыми и сложными. Простые состоят из одного вида клеток, а сложные — из различных по строению, выполняющих кроме основных ещё и дополнительные функции. В зависимости от основной функции различают две крупные группы тканей: образовательные, или меристемы (от *греч.* *merizein* — «делиться»), и постоянные.



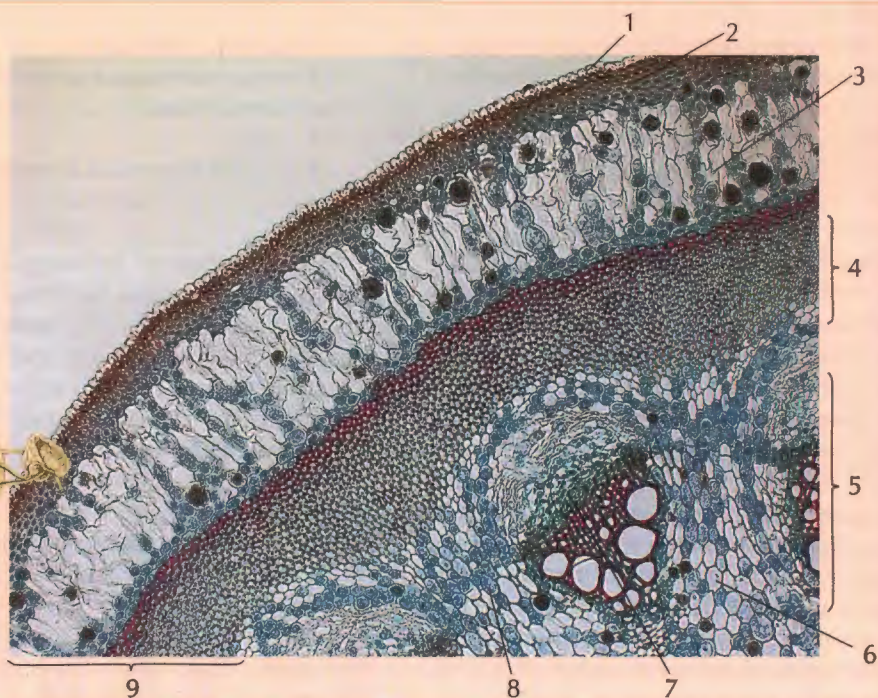
Большинство клеток зародыша могут делиться (обладают меристематической активностью). Часть из них сохраняет эту способность в течение длительного времени — это так называемые инициальные клетки, они задерживаются на эмбриональной стадии развития в течение всей жизни растения. У многих высших споровых растений рост происходит за счёт единственной инициальной клетки. Производные от инициальной клетки делятся один или два раза и начинают превращаться в клетки различных тканей, лишённые способности к дальнейшему делению. Так образовательные ткани дают начало постоянным. По своему происхождению все типы тканей могут быть первичными или вторичными.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ

Образовательные ткани (меристемы) долго сохраняют способность к де-

Поперечный срез стебля двудольного растения кирказон:

- 1 — эпидермис;
- 2 — колленхима;
- 3 — паренхима коры;
- 4 — склеренхима;
- 5 — открытый пучок;
- 6 — сердцевинный луч;
- 7 — пучковый камбий;
- 8 — межпучковый камбий;
- 9 — кора.



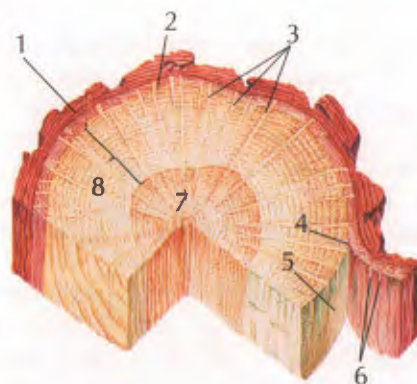


деление клеток, участвуют в образовании всех постоянных тканей растения и определяют его длительный рост. Клетки образовательной ткани тонкостенные, многогранные, плотно сомкнутые, с густой цитоплазмой, крупным ядром и очень мелкими вакуолями. Они способны делиться в разных направлениях.

По расположению в растении выделяют два основных типа меристем: верхушечные (апикальные) и боковые (латеральные).

Верхушечные меристемы обеспечивают нарастание стеблей и корней в длину. Такой рост называют первичным, а сами меристемы — первичными. Первичная меристема сохраняется в зародыше семени, а у взрослого растения сохраняется на кончиках корней и верхушках побегов.

К первичным помимо верхушечных относят и те боковые меристемы, которые образовались за счёт верхушечных, но не потеряли способность к дальнейшему делению. Это, в частности, протодерма (от *греч.* *protos* — «первый» и *derma* — «кожа»), формирующая покровную ткань, основная меристема, дающая начало системе основных тканей, и прокамбий (от *лат.* *pro* — «вперёд», «вместо» и *cambium* — «обмен»), из которого образуются первичные проводящие ткани и пучки.



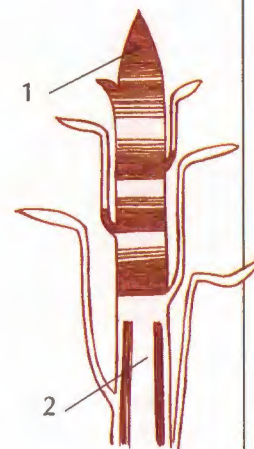
Поперечный срез
ствола дуба:

- 1 — наружная кора;
- 2 — внутренняя кора;
- 3 — ксилемные лучи;
- 4 — камбий;
- 5 — поверхность камбия;
- 6 — флоэмные лучи;
- 7 — ядро;
- 8 — заболонь.

У однодольных растений из прокамбия слагается ткань закрытых проводящих пучков. Узкая полоска клеток прокамбия двудольных сохраняет способность делиться и формирует камбий — вторичную латеральную меристему, которая обеспечивает разрастание стеблей в толщину. Клетки камбия можно увидеть на спилах или пнях деревьев в виде камбиальных колец.

Кроме камбия латеральной меристемой является феллоген (от *греч.* *phellos* — «пробка» и *genos* — «рождающий»), или пробковый камбий, он образует у растений вторичную покровную ткань — пробку.

Помимо апикальных и латеральных меристем у некоторых растений встречаются меристемы ещё двух типов. Вставочные (интеркалярные) меристемы сохраняются в виде отде-



Образовательные
ткани:

- 1 — верхушечная (апикальная) меристема;
- 2 — проводящие первичные, образованные боковой меристемой.

РАБОТА КАМБИЯ

Работа камбия начинается с деления каждой его клетки вдоль на две дочерние. Одна из них сохраняет меристематический характер, оставаясь собственно камбиальной, а другая преобразуется в клетку постоянной ткани. При следующем делении камбиальной клетки одна из дочерних образуется уже по другую сторону от линии камбиального кольца. То есть камбиальная клетка поставляет новые дочерние попеременно то во внешнюю от себя область стебля или корня, то во внутреннюю. Именно так происходит разрастание стебля или корня в толщину. Ткани, отложенные камбием снаружи и внутри камбиального кольца, выполняют разные функции и имеют разное строение.



Раневые меристемы образуются в местах повреждения стеблей растений.



льных участков в зонах активного роста, например в основании междоузлий и черешков листьев у злаков. Раневые меристемы формируются в местах повреждения тканей и органов и дают начало каллусу — особой паренхимной ткани, прикрывающей место поражения.

Неорганизованно растущая каллусная ткань состоит из клеток, которые делятся хаотично и неограниченно, и теоретически каждая из них в соответствующих условиях может дать начало целому организму. На этом свойстве основан метод культуры тканей.

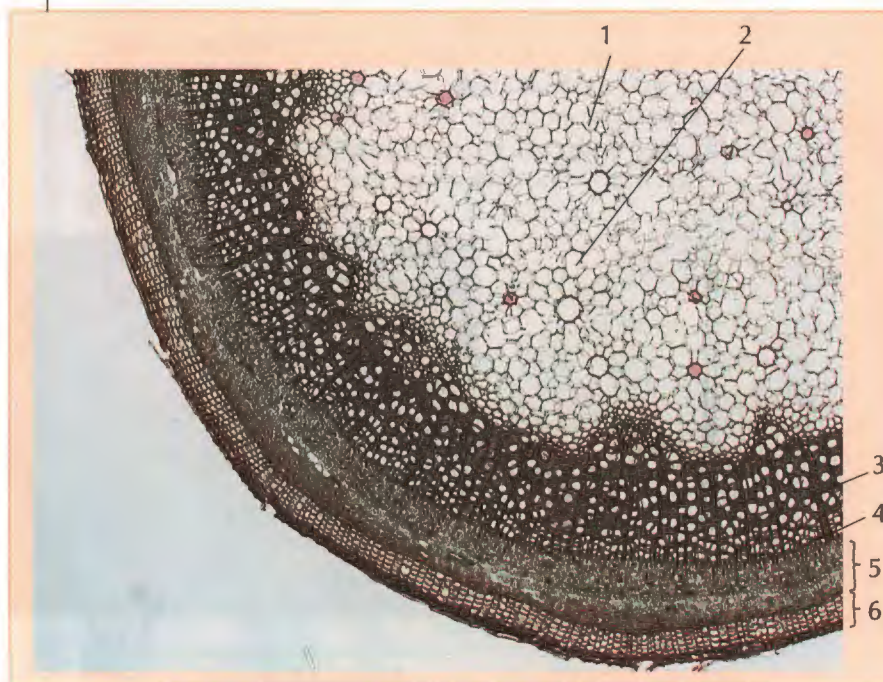
ПОКРОВНЫЕ ТКАНИ

Покровные ткани располагаются на поверхности всех органов растения. Они выполняют главным образом защитную функцию — оберегают растения от механических повреждений, проникновения микроорганизмов, резких колебаний температуры, излишнего испарения и т. п. На кон-

чиках корней имеется также особая первичная покровная ткань с корневыми волосками — эпиблема (*греч.* «покрытие»), сочетающая функции защитной и поглощающей ткани. Но она недолговечна и по мере роста корня сменяется наружной частью коры — экзодермой (от *греч.* *εχο* — «вне», «снаружи» и *derma* — «кожа»).

К покровным тканям относятся эпидерма, перидерма (включая пробку) и корка.

Первичная покровная ткань — кожица, или эпидерма (от *греч.* *ερί* — «снаружи» и *derma* — «кожа»), покрывает поверхность листьев и молодых зелёных побегов. Эпидерма предохраняет растения от излишнего испарения и высыхания, ожогов и переохлаждения, от проникновения внутрь паразитов и спор патогенных (болезнетворных) грибов. Эпидерма формируется из первичной меристемы — протодермы и состоит чаще всего из одного слоя (изредка многослойна) живых, плотно сомкнутых клеток, не имеющих хлоропластов. Хлорофилл содержится лишь в клет-



Поперечный срез стебля бузины:

- 1 — основная паренхима;
- 2 — сердцевина (первичная ксилема);
- 3 — древесина (вторичная ксилема);
- 4 — кольцо камбия;
- 5 — луб;
- 6 — перидерма.



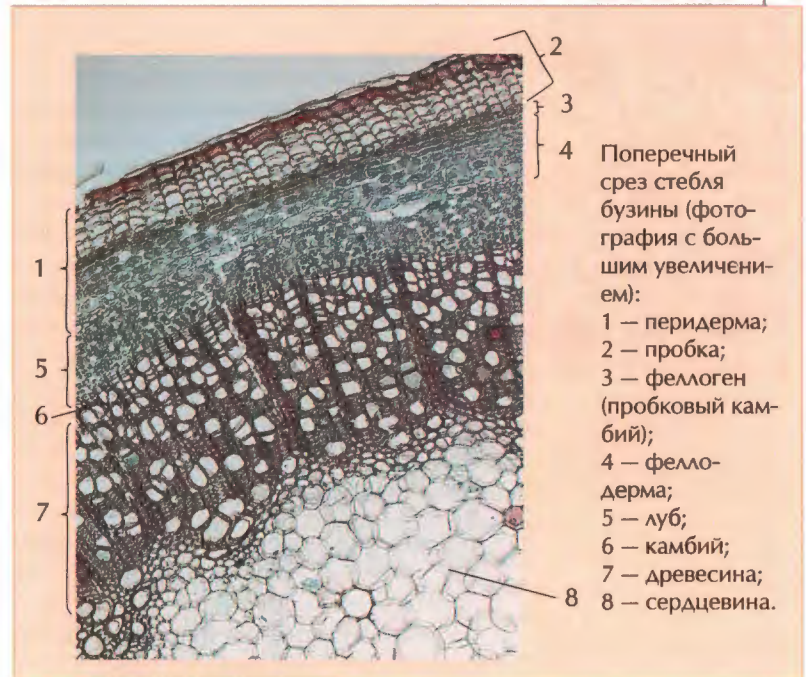


нах эпидермы папоротников, некоторых тенелюбивых и водных цветковых растений. Наружные стенки клеток могут быть утолщены и пропитаны воскообразным веществом — кутикулом. Благодаря такой пропитке поверхность клеток эпидермы покрыта плёнкой — кутикулой (от лат. *cutis* — «кожа»), а иногда и восковым налётом разной толщины, который даёт дополнительную защиту. Мощность кутикулы и воскового налёта зависит от вида растения и условий его местообитания. Наиболее толстые они у обитателей засушливых



регионов. А в тропических лесах кутикула и восковой налёт делают листья несмачиваемыми и препятствуют закреплению на них мелких эпифитов (растений, поселяющихся на других растениях). У нежных листьев тенелюбивых растений и у подводных листьев гидрофитов кутикула отсутствует.

Для защиты от перегрева и излишнего испарения на поверхности эпидермы множества растений есть разнообразные чешуйки, желёзки и волоски — выросты эпидермальных клеток, или трихомы. По форме, раз-

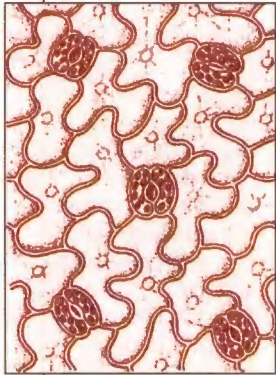


мерам, цвету, характеру размещения они могут быть самыми разными: длинными и короткими; прижатыми и оттопыренными; прямыми, извилистыми и курчавыми; белыми, серебристыми, желтоватыми или рыжими; дву-, трёх- раздельными и даже ветвистыми.

Клетки эпидермы у разных групп растений могут иметь прямоугольные, извилистые очертания или быть вытянутыми, например у однодольных. Извилистые оболочки клеток помогают им прочно смыкаться.



Волоски на края листьев некоторых растений представляют собой выросты клеток эпидермы.



Устьица регулируют испарение воды растением.

Благодаря кутикуле и плотному смыканию клетки эпидермы почти непроницаемы для воды и газов. Но как же тогда осуществляются газообмен и испарение воды, так необходимые растениям для фотосинтеза и дыхания?

В эпидерме листьев и зелёных стеблей есть мельчайшие отверстия — устьица, которые выполняют одну из важнейших функций покровных тканей — регулируют испарение воды, или транспирацию (от *фр. transpiren* — «потеть»), и газообмен. Устьица появились у высших споровых растений после выхода их на сушу и прошли долгий эволюционный путь, совершенствуя механизмы обмена с окружающей средой (см. дополнительный очерк «Строение и работа устьичного аппарата» в статье «Лист и его видоизменения»).

Транспирация — необходимое условие для возникновения и сохранения в растении тока воды и растворённых в ней минеральных солей, поглощаемых из почвы; она предотвращает перегрев листьев, поддерживает их

ткани в состоянии недостаточной насыщенности водой и тем способствует сохранению на определённом уровне сосущей силы клеток.

Через особые водяные устьица — гидатоды, расположенные на зубчиках и верхушках листьев, происходит выделение капельно-жидкой влаги (гуттация) во влажное время. Особенно это явление характерно для растений тропических лесов.

Кроме устьичной транспирации и гуттации идёт испарение и со всей поверхности листа — кутикулярная транспирация. Её объём составляет в среднем до 15 % объёма устьичной транспирации и зависит от стадии развития листа (молодой или старый), состава и мощности кутикулы, времени суток и экологических потребностей растения. Наиболее высокая кутикулярная транспирация характерна для растений влажных местообитаний, у суккулентов и ксерофитов она практически отсутствует.

Вторичная покровная ткань — перидерма (от *греч. peri* — «вокруг», «возле» и *derma* — «кожа») сменяет эпидерму у многолетних (реже однолетних) растений. Она образуется за счёт вторичной меристемы — феллогена (пробкового камбия), клетки которого делятся и дифференцируются, откладывая наружу пробку (феллему), а внутрь — слой живых запасующих паренхимных клеток (феллодерму).

Клетки пробки отмирают и заполняются воздухом, смолами или дубильными веществами. Стенки клеток пробки пропитаны жироподобным веществом суберином и не пропускают воду и воздух. Многослойная пробка образует своеобразный чехол стебля, надёжно предохраняющий растение от неблагоприятных воздействий окружающей среды.

По мере того как формируется пробка, зелёный цвет побегов переходит в бурый. Защищённые пери-



Известно, что для растений вредны полив или опрыскивание в жаркий день на солнце. Ведь это вызывает быстрое раскрытие устьиц, в то время как вода не успевает дойти до корней растения.



дермой от высыхания побеги первого года способны выдерживать зимние морозы. Пробка развивается часто и на местах повреждений, например на стислах деревьев по краям морозобойных трещин. Пробка многослойная, её толщина у разных растений составляет от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. Особенно мощная пробка развивается у некоторых деревьев — амурского бархата (*Phellodendron amurense*) и пробкового дуба (*Quercus suber*, *Q. occidentalis*).

Для газообмена и транспирации живых тканей, лежащих под пробкой, в ней имеются особые образования — чечевички — разрывы, заполненные рыхло расположенными клетками.

Пробка, феллоген и феллодерма вместе составляют перидерму. Под феллодермой у многих многолетних растений может возникнуть новый слой феллогена и начать формирование новой перидермы, оттесняя к наружной стороне старые слои. Так может повторяться несколько раз. Вследствие образования новой пери-

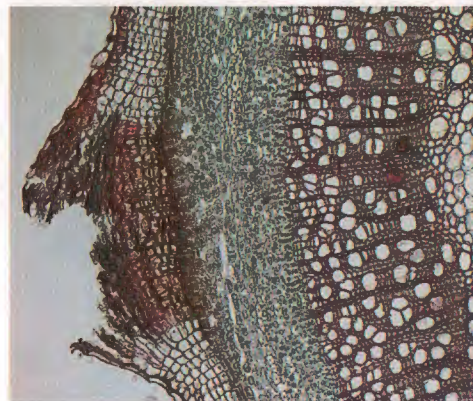
ПРОБКА

Кора пробкового дерева служит человеку с древности. Из неё мастерили поплавки, обувь, пробки для закупорки сосудов. В качестве промышленного материала используется пробка, получаемая из коры двух видов дуба — пробкового и западного. Под именем пробкового дерева известна также древесина некоторых деревьев, весьма сходная по физическим свойствам с пробкой. Это, например, отдельные виды гибискуса (семейство мальвовых) и бомбаксовых. Пробка — самое лёгкое из природных твёрдых тел, причём обладающее упругостью. Этими свойствами, а также плохой тепло- и звукопроводностью и непроницаемостью для многих жидкостей обуславливаются сферы применения данного материала. В наше время пробка используется не только для закупоривания бутылок, это прекрасный экологически чистый материал для отделки жилища: пробка не подвержена гниению, воздействию грызунов, неуязвима для плесени, не поддерживает горения. Считается, что пробковые покрытия отличаются уникальными свойствами, которых нет ни у одного другого отделочного материала.

Пробку у дуба снимают раз в десять лет, при этом толщина её достигает 25 см. Пробка разных пород деревьев имеет специфическую окраску: так, у сосны она оранжево-жёлтая, а в пробке берёзы содержится белое смолистое вещество бетулин.



Поперечный спил ствола пробкового дуба.

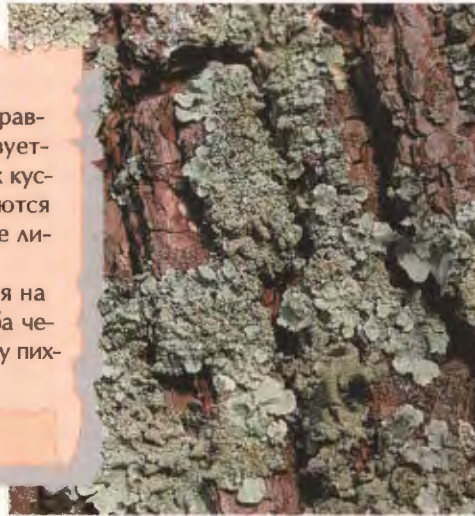


Чечевичка в пробке бузины.



Корка более прочна по сравнению с пробкой и образуется у деревьев и некоторых кустарников. На ней поселяются многие грибы, эпифитные лишайники и мхи.

У сосны корка появляется на 8–10-м году жизни, у дуба черешчатого — в 25–30 лет, у пихты и граба — в 50 лет.



Корка защищает не только стволы и ветви деревьев, но и их корни.

ОСНОВНЫЕ ТКАНИ

Большую часть тела растений образуют основные ткани. Основная ткань, или паренхима, состоит из живых, обычно тонкостенных клеток, которые являются основой орга-

нов (откуда и происходит название ткани). Именно в ней размещены механические, проводящие и другие постоянные ткани.

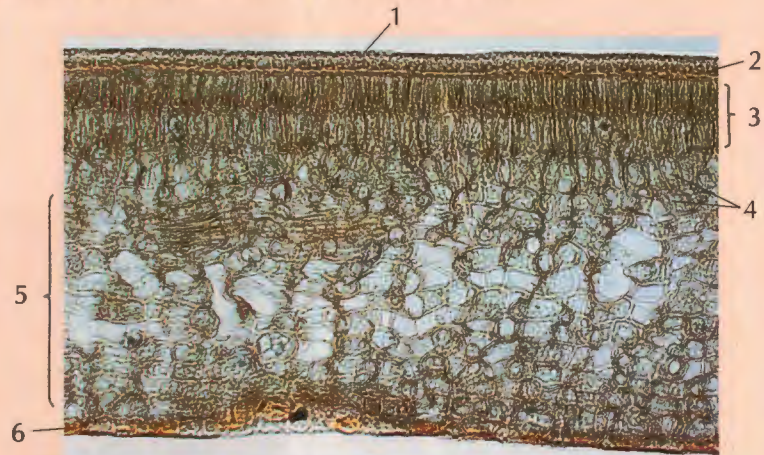
В первичном теле растения паренхима основных тканей формируется из первичной меристемы и не претерпевает таких сильных изменений, как, например, механическая или проводящая ткань. Она обычно встречается в виде массива периферической (коровой) части стеблей и корней, сердцевины стеблей, мякоти листьев и плодов. Основные ткани в разных участках органов растений выполняют несколько функций, в связи с чем различают ассимиляционную, запасную, воздухоносную, водоносную, а также поглощающую паренхимы.

В клетках ассимиляционной ткани (хлорофиллоносной паренхимы) происходит важнейший для зелёных растений процесс — фотосинтез. Эта ткань состоит из тонкостенных живых клеток, содержащих хлоропласты, поэтому часто называется хлоренхимой. Основная её масса находится под эпидермисом

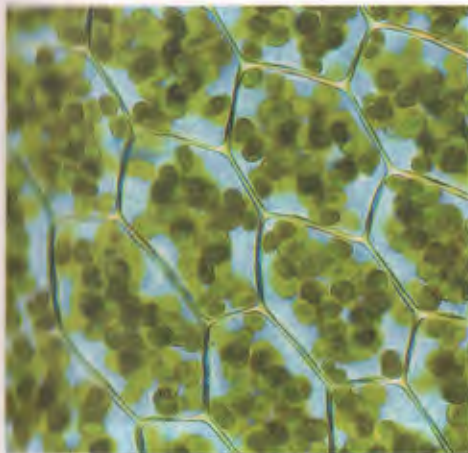


Камелия.

ПОПЕРЕЧНЫЙ СРЕЗ ЛИСТА КАМЕЛИИ



- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 — верхний эпидермис и кутикула; | 4 — ряд собирательных клеток; |
| 2 — эпидерма; | 5 — губчатая паренхима; |
| 3 — столбчатая паренхима; | 6 — нижний эпидермис с устьицами. |



листьев, составляя мякоть, или мезофилл, листа. У некоторых растений хлоренхима есть и в молодых зелёных стеблях.

В клетках запасающей паренхимы откладываются избыточные, запасные продукты метаболизма. У семенных растений запасающие ткани имеются в эндосперме и зародыше семени. Они хорошо развиты также в стеблях древесных растений, в корнеплодах, клубнях и луковицах. Запасающая паренхима состоит из живых клеток, приспособленных к накоплению питательных веществ: крахмала, сахаров, растительных белков, капелек жира. При определённых условиях запасающая ткань может превращаться в хлоренхиму (часто наблюдается

позеленение на свету клубней картофеля или верхушек корнеплодов моркови).

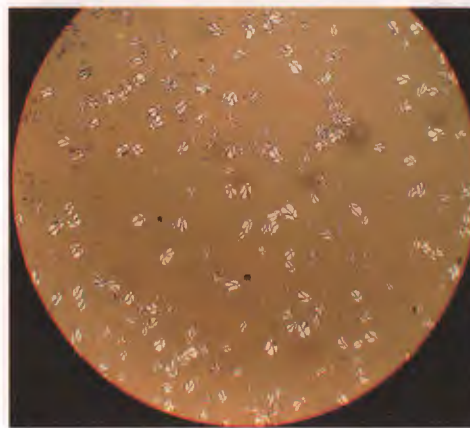
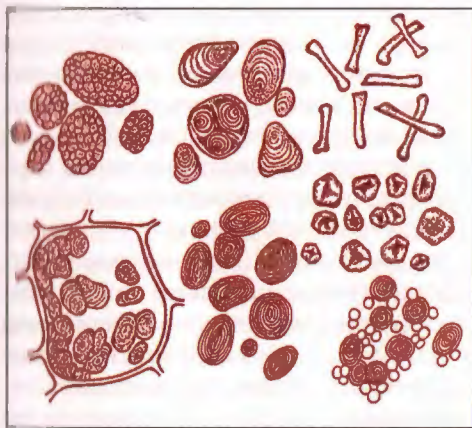
Ассимиляционный, или первичный, крахмал, синтезирующийся в хлоропластах, преобразуется и откладывается в амилопластах как запасной, или вторичный. Амилопласт может содержать одно или несколько крахмальных зёрен. Крахмальные зёрна имеют разную форму и образуют слоистость вокруг одной точки, называемой образовательным центром.

Клубень картофеля практически полностью состоит из тонкостенных крупных клеток, наполненных овальными крахмальными зёрнами с концентрической слоистостью. У риса и пшеницы крахмальные зёрна иной формы и в несколько раз меньше, чем у картофеля. В клетках корнеплодов сахарной свёклы откладывается тростниковый сахар.

Местом хранения запасных веществ являются также клетки паренхимы проводящих тканей, в частности у корнеплодов.

Созревающие семена растений обычно богаты не только крахмалом, но и белковыми веществами — протеинами. Они растворены в клеточном соке вакуолей, который становится при созревании семян чрезвычайно густым. Потом эти

Так выглядит под микроскопом хлорофиллоносная паренхима.



Разнообразные формы крахмальных зёрен.

Крахмальные зёрна в срезе клубня картофеля под микроскопом.



ВОДОНОСНАЯ И ВОЗДУХОНОСНАЯ ПАРЕНХИМЫ

У пустынных растений (кактусы, алоэ, агавы) и обитателей солончаков (солерос) в стеблях и листьях имеется водоносная паренхима, служащая для накопления воды. Эта крупноклеточная ткань содержит особые слизистые вещества, удерживающие влагу.

У водных и болотных растений для их лучшего снабжения кислородом и углекислым газом развивается особый тип основной ткани — воздухоносная паренхима, или аэренхима. Её клетки образуют крупные воздухоносные межклетники. Аэренхима служит также для обеспечения плавучести побегов и листьев.

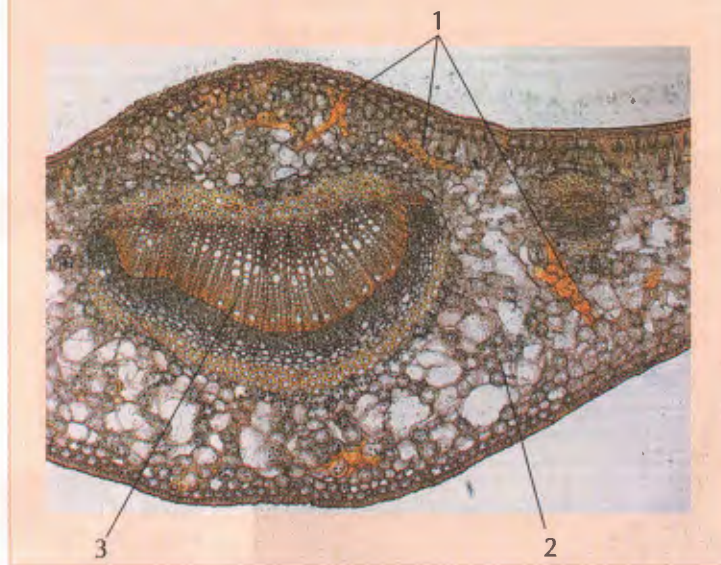
► Воздухоносная паренхима.

вакуоли высыхают в виде так называемых алейроновых зёрен, которыми особенно богаты семена бобовых растений.

В клетках семян растений (горчица, лён), околоплодниках некоторых плодов, в корневище ириса могут откладываться и капельки жира.

Поглощающая паренхима находится на кончиках корней и всасывает воду с растворёнными в ней минеральными веществами. Эта ткань представлена эпibleмой с корневыми волосками.

Склерейды в листе камелии: 1 — склерейды; 2 — губчатая паренхима; 3 — «пучок» — жилка листа.



МЕХАНИЧЕСКИЕ ТКАНИ

Прочность растений создают механические ткани. Эти опорные, или арматурные, элементы составляют каркас растения, поддерживают крону, придают прочность при изломе, изгибе. Механические ткани наиболее развиты в осевой части побега — стебле растения. Для них характерно утолщение клеточных стенок.

Первичные и вторичные механические ткани различаются по толщине стенок клетки, химическому составу стенок, происхождению и положению в органах.

В самых молодых, растущих частях органов растений механические ткани отсутствуют. Форма этих участков поддерживается благодаря высокому тургору и упругим оболочкам клеток. По мере развития органов в них появляются специализированные механические ткани.

Имеются два основных типа механической ткани: колленхима и склеренхима (включая склерейды).

В процессе развития растения первой формируется колленхима (от *греч.* kolla — «клей» и *enhima* — «налитое», «наполняющее», здесь «ткань»). Это опорная ткань, состоящая из удлинённых живых клеток с неравномерно утолщёнными и неодревесневшими оболочками. Ткань колленхимы служит для укрепления молодых, расту-

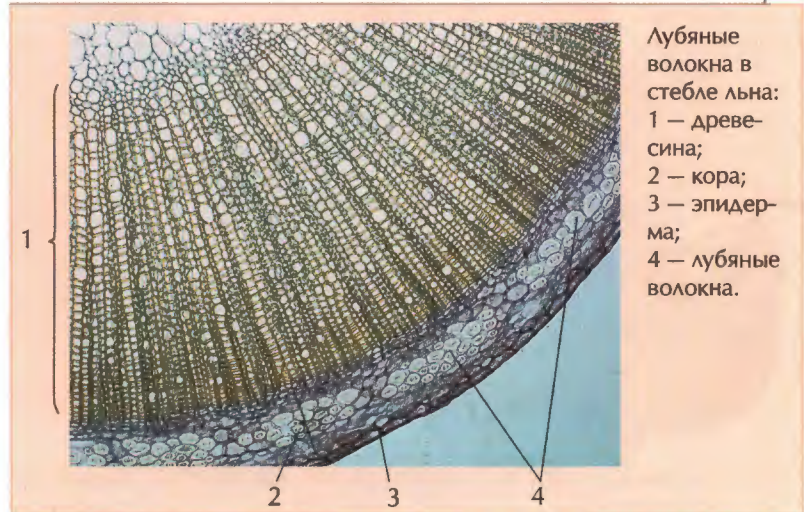


них органов, её клетки легко растягиваются и практически не мешают удлинению той части растения, в которой находятся. Обычно колленхима располагается отдельными тяжами (жгутиками) или непрерывным цилиндром под эпидермой стебля и черешков листьев, а также окаймляет жилки в листьях двудольных растений. В зависимости от характера утолщений различают уголковую (утолщённую по углам клеток), пластинчатую (равномерно утолщённую) и рыхлую (с межклетниками) колленхиму.

Позже развивается первичная, а затем и вторичная склеренхима (от греч. *skleros* — «твёрдый»). Она состоит из вытянутых клеток с равномерно утолщёнными, часто одревесневшими оболочками, содержимое которых отмирает на ранних стадиях. Оболочки клеток склеренхимы обладают высокой прочностью, близкой к прочности стали. Эта ткань широко представлена в вегетативных органах наземных растений и составляет их осевую опору. Молодые стенки клеток склеренхимы состоят из целлюлозы, позже они могут пропитываться лигнином и одревесневать.

Различают два типа склеренхимных клеток: волокна и склереиды. Волокна — длинные тонкие клетки — обычно собраны в тяжи или пучки. Волокна, входящие в состав лубяной части (проводящей органические вещества), называются лубяными, а расположенные между сосудами водопроводящей ткани — древесинными. Оболочки волокон очень толстые, а полость клетки узкая (не более 160 мкм), при этом длина лубяных волокон может достигать 10–40 мм у льна, 80 мм — у крапивы и до 500 мм — у китайской крапивы рами (*Boehmeria nivea*). Лубяные волокна льна, коры липы не одревесневают и остаются целлюлозными, поэтому сохраняют эластичность.

Склереиды — это округлые или ветвистые (в листьях) мёртвые



Лубяные волокна в стебле льна:
1 — древесина;
2 — кора;
3 — эпидерма;
4 — лубяные волокна.

клетки с очень толстыми одревесневшими оболочками. Они встречаются группами или поодиночке. Ими образованы семенная кожура, скорлупа орехов, косточки вишни, сливы, абрикоса; они придают мякоти груш

КАК ИСПОЛЬЗУЮТ ЛУБЯНЫЕ ВОЛОКНА

В прошлом в тех губерниях России, где росло много липы, с неё получали лыко и мочало. Лыко драли с молодых деревьев, а на мочало шла кора старых лип. Сдирали её особыми ножами — кочедыками, использовавшимися также при плетении лаптей. Кору долго вымачивали, потом отделяли мочало. Лыко служило материалом для лаптей, корзин, кузовов, сбруи. Мочало применяли для изготовления кулей, циновок, рогож, верёвок.

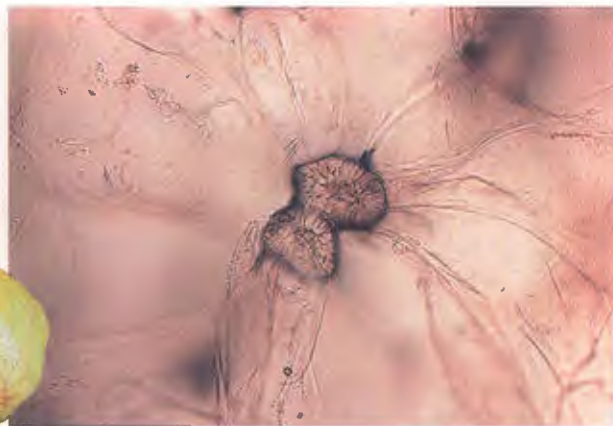
Лубяные волокна льна, рами и кенафа называют мягкими и после сложной обработки используют для производства различных тканей, пеньки (конопля), верёвок и канатов (сизаль, новозеландский лён).



На китайских миниатюрах показан процесс превращения волокон льна в нити. 1820 г.



Склереида под микроскопом.



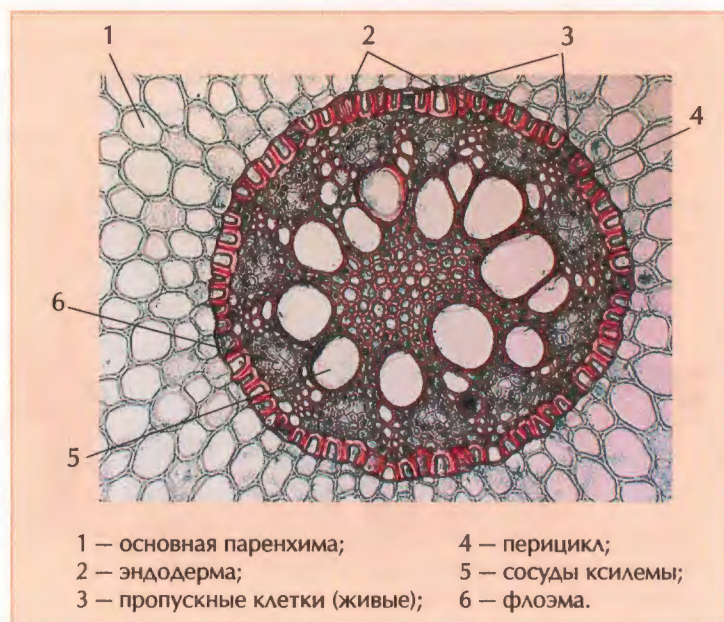
Склереиды часто образуются в семенной кожуре и мякоти груш.

характерный крупчатый характер. При созревании плодов склереиды мякоти «растворяются» под действием ферментов. Склереиды находятся также в листьях многих жестколистных растений (камелия) и даже в стеблях (хинное дерево).

ПРОВОДЯЩИЕ ТКАНИ

Первичное строение корня (центральная часть) однодольного растения (ириса).

В процессе эволюции растительного мира проводящая система появилась не сразу в том виде, в каком она представлена у современных высших



растений. Первые проводящие элементы возникли у некоторых бурых водорослей. У большинства мхов они так и не сформировались. Наиболее сложно проводящая система развита у высших растений, часто называемых сосудистыми. Исключение составляют только некоторые водные виды, у которых эта система вторично редуцирована: водные растения легко впитывают воду всеми своими клетками. Наиболее развита она у семенных растений.

Проводящие ткани обеспечивают передвижение по растению воды с растворёнными в ней минеральными и органическими веществами. Эти ткани возникли как приспособление растений к жизни на суше в двух средах — почвенной и воздушной, в связи с чем появилась необходимость транспортировки питательных веществ в двух направлениях. От корня к листьям идёт восходящий ток водных растворов солей, поддерживаемый транспирацией. Ассимиляционный, нисходящий ток органических веществ направлен, наоборот, от листьев к корням. В связи с необходимостью выполнять эти две функции различают два вида проводящей ткани — ксилему и флоэму.

Все проводящие ткани состоят из сильно вытянутых, прозенхимных клеток. Существуют первичные и вторичные проводящие ткани. Первичные ткани закладываются в листьях, молодых побегах и корнях из клеток прокамбия: это протоксилема и протофлоэма. Вторичные проводящие ткани, обычно более мощные, возникают из камбия. Клетки камбия делятся продольно и откладывают в органах растения по одну сторону (к центру стебля или корня) клетки ксилемы, а по другую — флоэмы. Вторичную ксилему называют древесиной, а вторичную флоэму — лубом.

Ксилема (от *греч.* *xýlon* — «дерево») — водопроводящая ткань выс-



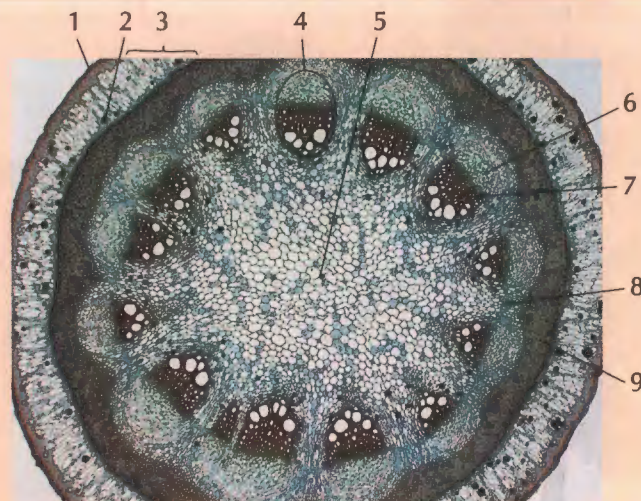
ных сосудистых растений, обеспечивающая передвижение воды с растворёнными минеральными веществами от корней к другим органам (восходящий ток). Благодаря своим прочным, одревесневшим клеткам она также выполняет опорную функцию, особенно у деревьев. В состав ксилемы входят трахеиды и трахеи (сосуды), клетки основной паренхимы и механические элементы.

Трахеиды представляют собой узкие, сильно вытянутые мёртвые клетки с заострёнными концами и одревесневшими оболочками. Длина трахеид составляет около 1—4 мм, а у араукарии они могут достигать 10 мм. Продольные стенки трахеид имеют утолщения в виде колец, сетки или ступенчато расположенных рубцов.

Из одной трахеиды в другую раструбы проникают, медленно просачиваясь через поры мембраны. Трахеиды есть у всех высших растений, но у большинства споровых и голосеменных они служат единственным проводящим элементом ксилемы.

У покрытосеменных наряду с трахеидами имеются более совершенные водопроводящие элементы — трахеи, или сосуды. Они появились независимо в разных линиях эволюции наземных растений, но у покрытосеменных достигли наивысшего развития. Возникновение сосудов — важное свидетельство эволюционного прогресса, так как они существенно облегчают транспирационный ток воды по всему телу растения.

Сосуды — это полые трубки, состоящие из отдельных члеников (клеток), расположенных друг над другом. На их поперечных стенках образуются сквозные отверстия — перфорации разного типа, или эти стенки полностью разрушаются (простая перфорация). Оболочки сосудов пропитываются лигнином, одревесневают и придают стеблю дополнительную прочность.



- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------------|
| 1 — эпидермис; | 6 — вторичная флоэма (луб); |
| 2 — колленхима; | 7 — вторичная ксилема (древесина); |
| 3 — кора; | 8 — камбиальное кольцо; |
| 4 — открытый проводящий пучок; | 9 — механическое кольцо из склеренхимы. |
| 5 — паренхима сердцевины; | |

Изнутри стенки обычно неравномерно утолщены, что препятствует разрыву или сжатию сосудов. В зависимости от характера утолщения оболочек различают кольчатые, спиральные, лестничные, сетчатые и пористые сосуды. Кольчатый и спиральный типы являются более примитивными и древними с точки зрения эволюции. Они возникают у растений на ранних этапах развития, у молодых, растущих органов, так как могут растягиваться из-за небольшого утолщения стенок.

Флоэма (от *греч.* phloos — «кора», «луб») проводит органические вещества, синтезированные в листьях, ко всем органам растения (нисходящий ток). Как и ксилема, она является сложной тканью и состоит из ситовидных трубок с клетками-спутницами, основной паренхимы и механической ткани.

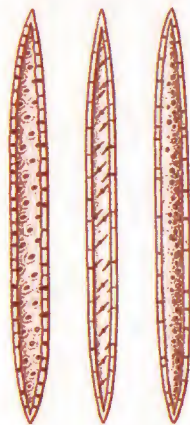
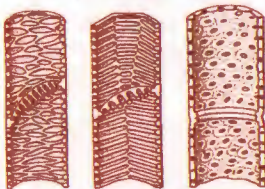
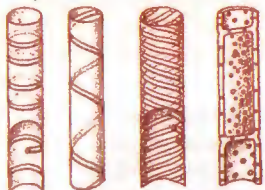
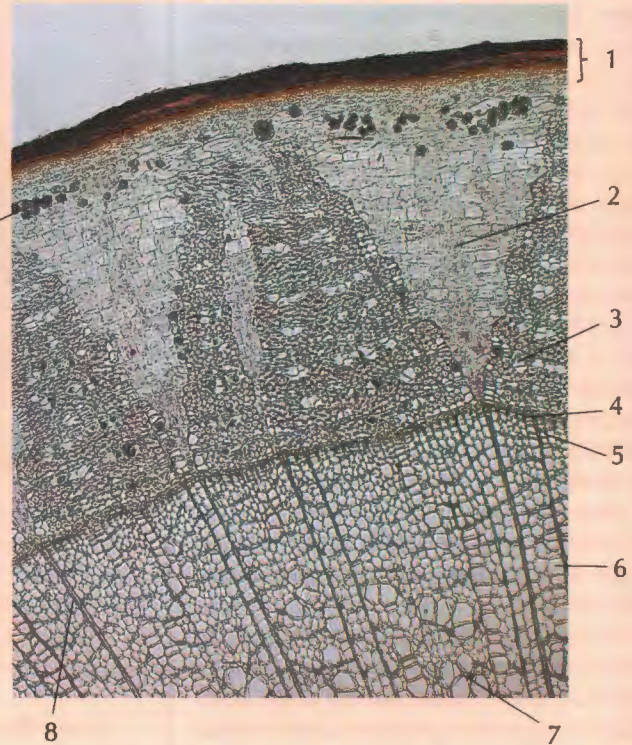
Ситовидные трубки служат для передвижения органических веществ и образованы живыми клетками с протопластом и ядром. Они расположены одна над другой, а их попе-

Кольцевое расположение разделённых пучков в стебле двудольного растения (кирказона).



Срез ветки липы:

- 1 — перидерма;
- 2 — участки первичной коры;
- 3 — участки вторичной коры;
- 4 — камбий;
- 5 — «осенние» сосуды — плотная древесина;
- 6 — древесина;
- 7 — «весенние» сосуды — плотная древесина;
- 8 — первичный сердцевинный луч;
- 9 — друзы (срастание кристаллов).



Формы трахей и сосудов.

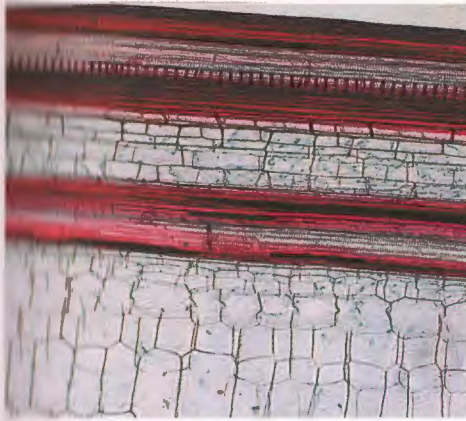
речные стенки пронизаны мелкими отверстиями наподобие сита. Стенки трубок с возрастом утолщаются, но остаются целлюлозными и не одревесневают. Длина клеток составляет около 0,5—2 мм.

Ситовидные клетки цветковых растений снабжены сопровождающими клетками, или клетками-спутницами, с густой цитоплазмой. Они соединены с ситовидными трубками через поры и выполняют часть функций, утраченных последними (синтез ферментов, образование АТФ). На длинной стороне ситовидной трубки имеются одна-две клетки-спутницы. У некоторых цветковых, у голосеменных и высших споровых таких клеток нет.

Формируясь из одной и той же меристемы, оба типа проводящих тканей — ксилема и флоэма — располагаются рядом и находятся в тесном взаимодействии, образуя в органах растения особые комплексные груп-

пы — проводящие пучки. Поскольку они обычно окружены клетками основной паренхимы и волокнами механической ткани, эти пучки называются сосудисто-волокнистыми. Они пронизывают всё растение от корней до листьев и представляют собой те самые жилки, которые мы наблюдаем, например, на листьях даже невооружённым глазом.

Пучки различаются по взаимному расположению ксилемы и флоэмы и по наличию или отсутствию камбия. Пучки, в которых весь прокамбий израсходовался на образование протоксилемы и протофлоэмы, именуются закрытыми. Они не способны к вторичному росту и характерны для однодольных цветковых растений. Пучки, в которых имеется камбий, называются открытыми. Со временем за счёт образования всё новых клеток вторичной ксилемы и флоэмы они увеличиваются в раз-

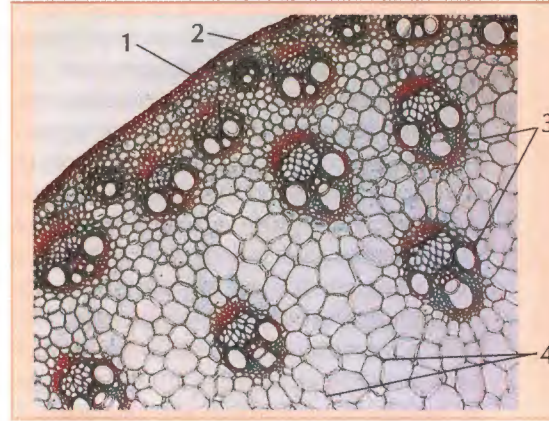


мерах. Открытые пучки и вторичное утолщение характерны для двудольных цветковых растений.

По взаиморасположению ксилемы и флоэмы различают пучки концентрические, коллатеральные, биколлатеральные и радиальные. В концентрических пучках флоэма окружает ксилему (папоротники) или наоборот (многие лилейные, щавель, бегония). В коллатеральных пучках, типичных для большинства растений, флоэма и ксилема лежат бок о бок. В биколлатеральных пучках флоэма расположена с двух сторон от ксилемы (стебель тыквенных и паслёновых). Радиальное (лучевое) расположение участков ксилемы и флоэмы характерно, например, для молодых корней.

Помимо проводящих элементов ксилема и флоэма включают сердцевинные лучи, образованные тонкостенными паренхимными клетками. По сердцевинным лучам и участкам лубяной и древесинной паренхимы осуществляется «ближний транспорт» веществ и воды от коровой части к сердцевине в горизонтальном направлении. В паренхимных элементах флоэмы и ксилемы откладываются запасные питательные вещества.

Сами пучки располагаются в растениях по-разному: разбросаны по стеблю или образуют кольцо (кольцевое расположение). Некоторые растения (чаще древесные) вообще



Стебель однодольного растения кукурузы:
1 — эпидермис;
2 — кольцо склеренхимы;
3 — первичные сосудисто-волокнистые пучки закрытого типа;
4 — основная паренхима.

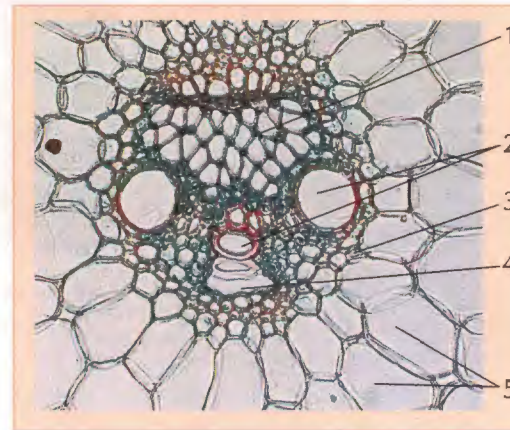
не имеют пучков, у них непучковое или кольцевое расположение проводящих элементов.

Центральная часть стебля с первичной проводящей системой и связанная с ней паренхима называются «стела». Большую её часть составляют проводящие ткани, по-разному расположенные в разных типах стелы. Они обычно окружены кольцом (перидиклом), состоящим из механических и паренхимных клеток. Вокруг стелы находится первичная кора.

◀ Продольный срез стебля кукурузы.

ВЫДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ И КЛЕТКИ

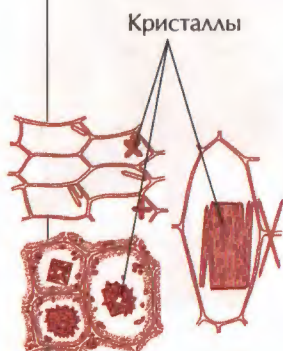
Выделительные, или секреторные, ткани способны выделять из растения или изолировать в его тканях



Закрытый проводящий (сосудисто-волокнистый) пучок в стебле кукурузы:
1 — первичная флоэма;
2 — сосуды первичной ксилемы;
3 — кольцо первичной склеренхимы;
4 — воздушная полость;
5 — основная ткань.



► Нектарники представляют собой желёзки, выделяющие нектар, который привлекает опылителей.



Клетки идиобласты — места хранения токсичных веществ в кристаллах различной формы.

продукты метаболизма и капельно-жидкую воду. Эти жидкие или твёрдые продукты называются секретами.

Секреты представляют собой сложнейшие вещества (в том числе терпеноиды, полифенольные соединения, оксалат кальция и др.) и относятся к продуктам вторичного метаболизма. Некоторые биологически активные вещества, способные вызвать повреждение цитоплазмы, быстро перемещаются в вакуоли или межклетники, а другие превращаются в относительно безвредные химические вещества.

Клетки выделительных тканей — живые, паренхимные, чаще тонкостенные, но иногда с возрастом стенки могут утолщаться и даже пробковеть. Выделительные ткани и их элементы встречаются во всех органах растений. В зависимости того, выделяют ли они вещества наружу или внутри растения, их делят на две группы: ткани наружной и внутренней секреции.

Продукты наружной секреции эффективно защищают растения от поедания животными, повреждения насекомыми или патогенными микроорганизмами. Смолы и бальзамы, выделяемые в местах поражений, играют роль «бактерицидного пла-



тыря». Ароматические и сахаристые вещества, выделяющиеся в цветах многих растений и часто называемые нектаром, привлекают насекомых-опылителей. От избыточной воды и соли растения избавляются через гидатоды — желёзки, выделяющие влагу из внутренних частей листа на его поверхность.

Одиночные клетки-идиобласты являются местами длительного «захоронения» токсичных для растения веществ в виде кристаллов различной формы (одиночные кристаллы в сухой чешуе лука, рафиды в мякоти листьев, друзы в коре липы). Эти исключённые

МЛЕЧНИКИ КАУЧУКОНОСНЫХ РАСТЕНИЙ

У особых каучуконосных растений в млечном соке содержится каучук — высокомолекулярный углеводород (производное изопрена), используемый для производства резины и латексных изделий. Промышленное значение имеют латексные деревья, которые не только накапливают каучук в большом количестве, но и легко его отдают. Главный источник природного каучука — гевея бразильская (*Hevea brasiliensis*), обеспечивающая по разным оценкам от 90 до 96 % мирового производства натурального каучука.

Сырой каучук из других растительных источников обычно засорён примесями смол, которые приходится удалять. Такие сырые каучуки содержат гуттаперчу — продукт некоторых тропических деревьев



Резиновое дерево на Яве. Рисунок Э. Геккеля. XIX в.

семейства сапотовых (*Sapotaceae*). Полоса шириной 1300 км по обе стороны от экватора известна как «каучуковый пояс». Здесь каучук добывается и поступает для продажи во все страны мира.



из метаболизма вещества — шлаки — удаляются из растений при опадении листьев, стлуживании корки и пр. Идиобласты часто содержат кристаллы оксалата кальция, терпеноиды, танины и слизи. Слизь весьма обычна для мясильных, а терпеноиды — для лавровых и магнолиевых.

Ткани внутренней секреции могут быть представлены также вместилищами выделений, смоляными и эфиромасляными ходами, млечниками. Вместилища выделений разной формы образуются в межклетниках при распаде (лизисе) части клеток. Такие вместилища чаще содержат слизи, реже — эфирные масла (плоды цитрусовых) и смолы. Смоляные и эфиромасляные каналы выстланы эпителиальными клетками, вытянуты и могут ветвиться. Смоляные ходы содержат смолы, а эфиромасляные, соответственно, эфирные масла.

Особым типом выделительной ткани являются млечники, пронизывающие всё растение. В вакуолях млечников находится сок — латекс, который при отмирании протопласта заполняет всю клетку или систему клеток. Млечный сок — это эмульсия белого, а у чистотела — оранжевого цвета, содержащая различные вещества, в частности терпеноиды, алкалоиды, танины, жирные масла. Млечники развиты у маковых, сложноцветных, молочайных, тутовых и других растений.

Наружные выделительные ткани по происхождению обычно связаны с покровными. Это железистые волоски, желёзки и нектарники. Железистые волоски содержат эфирные масла, воду, соли и могут покрывать различные органы растений. Железистое опушение можно наблюдать у многих гераней, камеломок, табака. Желёзки в отличие от железистых волосков сидят на коротких ножках и выделяют эфирные масла, они характерны для сложноцветных и губоцветных.

У многих растений имеются нектарники — разнообразные желёзки, выделяющие сахаристый сок с примесью белков, спиртов и ароматических веществ. Они бывают самой разнообразной формы (трубчатые, лепестковидные, мясистые) и располагаются в цветках — на чашелистиках, лепестках, цветоложе — и даже на вегетативных органах. Иногда нектарники по происхождению являются видоизменёнными лепестками или тычинками. За время цветения отдельный цветок выделяет в среднем около 14 мг нектара. Он привлекает опылителей — не только насекомых, но и некоторых тропических птиц и даже летучих мышей.



Добыча каучука.

КУЛЬТУРА ТКАНЕЙ

Основным методом культуры тканей является регенерация целого организма из отдельной клетки. Технология *in vitro* (лат. «в пробирке») — это совокупность методов сверхэффективного вегетативного размножения растений, позволяющая выращивать растения из очень маленьких фрагментов (эксплантов) любых органов и тканей в условиях, обеспечивающих питание, газообмен, удаление продуктов метаболизма и соблюдение стерильности путём добавления антибиотиков.

Такое ускоренное размножение позволяет из одного экспланта получать до 1 млн растений в год, причём все они будут генетически идентичны и весьма устойчивы к заболеваниям. Получение здоровой рассады и саженцев методом культуры тканей широко используется в питомниках различных стран. Многочисленные декоративные горшечные и срезочные растения являются результатом генной инженерии.

Метод используется также для получения здоровых, безвирусных растений, так как оздоровление заключено в самой технологии культуры тканей, когда для размножения берут меристему — крошечный кусочек верхушки активно растущего побега или кончика корня, совершенно свободный от вирусов и патогенов. Культуру тканей широко применяют и для выведения полиплоидов у сельскохозяйственных культур, для последующей работы селекционеров. Полиплоиды содержат в ядрах клеток не двойной ($2n$) набор хромосом, а в два-три раза большее их число ($4n$ или $6n$), что повышает их продуктивность по сравнению с нормальными, диплоидными особями. Поэтому именно полиплоидные овощи и фрукты в настоящее время используются для выращивания в культуре.



МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

КОРЕНЬ И ЕГО ВИДОИЗМЕНЕНИЯ

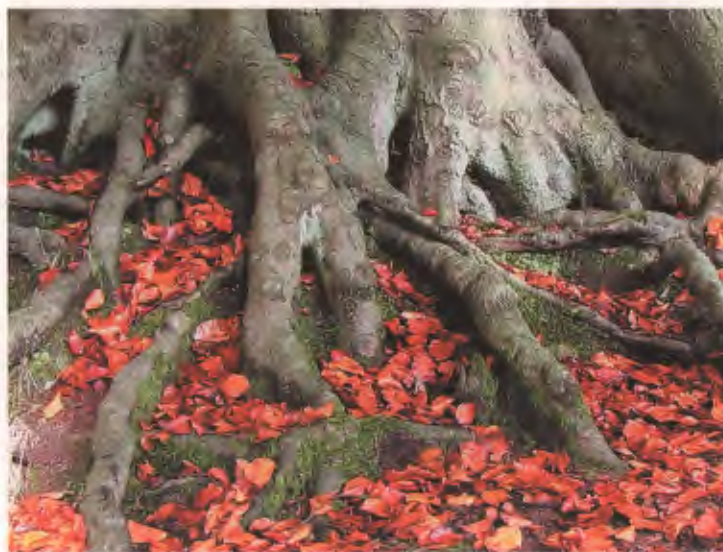
Корни укрепляют растение в почве и обеспечивают его водой и минеральным питанием.

Корень — основной осевой вегетативный орган листостебельных растений. Он представляет собой подземную часть растения и слу-

жит для его укрепления в почве и поглощения воды с растворёнными в ней минеральными веществами. В корне образуются многие вещества, влияющие на развитие всего растения, в том числе гормоны роста. С помощью корня растения могут вегетативно размножаться, кроме того, в корне запасаются питательные вещества. Некоторые корни съедобны или содержат вещества, применяющиеся в медицине.

Как и стебель, корень способен долго расти в длину, создавая новые клетки в верхушечной точке роста; он также может разветвляться и формировать корневую систему, обеспечивающую растение водой и питательными веществами; но корень никогда не несёт на себе листьев. Под влиянием силы притяжения Земли (гравитации) корень растёт вниз, это его свойство получило название «геотропизм».

Корням нужен воздух для дыхания, поэтому многие растения не





могут жить на болотах, где в почвах нет воздушных полостей. Растения, приспособившиеся к сырым почвам, называются гигрофитами, а водные растения — гидрофитами. Их корни снабжены особыми воздухоносными тканями, а некоторые растения образуют надземные дыхательные корни (пневматоры).

В каждом растительном сообществе обитатели разных ярусов располагают свои корни на разной глубине, что позволяет им получать достаточное количество воды и минерального питания.

Строение корня

Корень имеет радиальное строение — обладает лучистой симметрией благодаря наличию радиальных проводящих пучков (см. статью «Ткани растений»).

Корень можно разделить на зоны, которые различаются по функциям: зону клеточного деления, роста, всасывания и проведения. Переходы между ними постепенные, без чётких границ.

У верхушки корня располагается зона клеточного деления длиной около 1 мм. Она состоит из образовательной ткани — апикальной меристемы, защищённой от повреждений корневым чехликом, напоминающим напёрсток. Здесь образуются новые клетки будущих тканей корня. Клетки корневого чехлика живут от 4 до 9 дней и, разрушаясь, заменяются новыми. Кончик корня вместе с чехликом продвигается между частицами почвы. Чтобы облегчить скольжение чехлик покрыт слизью. В зоне клеточного деления нарастают кожица корня — эпидерма (она несёт корневые волоски), а также первичная кора и центральный цилиндр. Кончики придаточных корней плавающих водных растений (ряска, водокрас) не имеют чехлика,



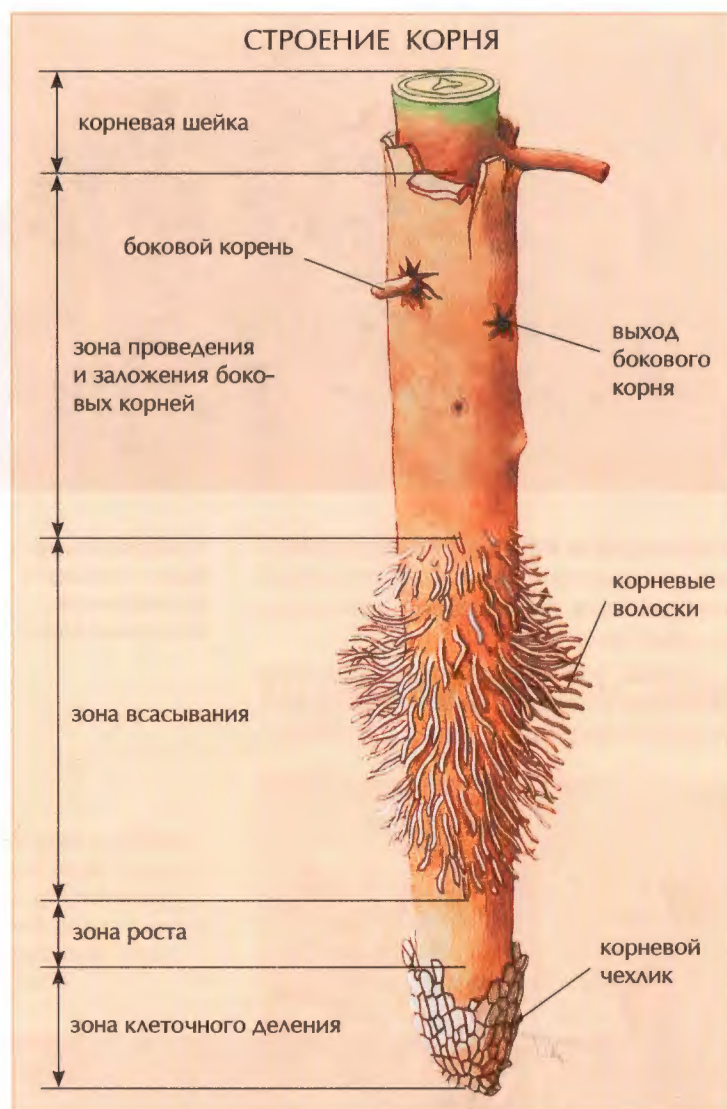
а прикрыты корневыми кармашками, защищающими клетки от неблагоприятных воздействий и мелких водных животных.

Выше зоны клеточного деления располагается небольшая зона роста, или растяжения, её длина составляет

У растений мангровых сообществ формируются воздушные корни.



В корнях цикуты, растущей в сырых местах, имеются воздушные полости. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.



всего несколько миллиметров. Здесь происходит рост клеток, благодаря которому корень удлиняется. Поэтому кончик корня, включающий зоны клеточного деления и роста, постоянно продвигается в почве.

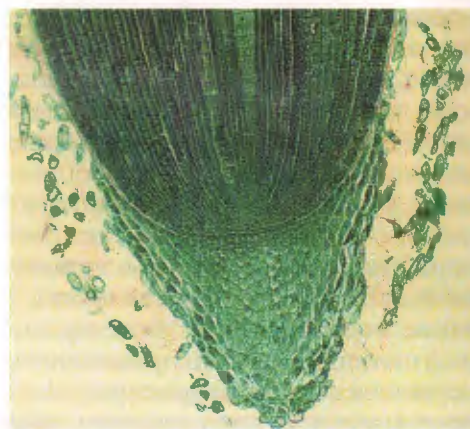
Далее находится зона всасывания длиной до нескольких сантиметров. Она отличается обилием корневых волосков, и иногда её так и называют — зоной корневых волосков. Они представляют собой трубчатые выросты клеток наружной кожицы (эпидермы). Длина их составляет

0,15—8 мм, а продолжительность жизни — 10—20 дней.

Значение корневых волосков огромно: с их помощью растения всасывают воду и растворённые в ней питательные вещества. Благодаря волоскам площадь поглощающей поверхности корня увеличивается. Они также выполняют и механическую роль — служат опорой верхушке корня. На корнях каждого растения таких волосков очень много. Волоски недолговечны и в процессе роста корня быстро образуются в нижней части зоны всасывания и отмирают в верхней.

Ещё выше расположена зона проведения, или зона боковых корней. Боковые корни образуются как ответвления первичного корня, и в дальнейшем они также могут разветвляться, формируя сложную корневую систему.

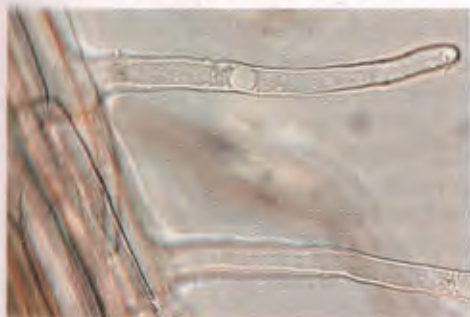
Боковые корни закладываются во внутренних частях материнского корня — в перицикле, поэтому их называют эндогенными (внутренними). У покрытосеменных растений в образовании бокового корня участвуют клетки перицикла и эндодермы. Постепенно боковой корень увеличивается, проходит через первичную кору, проникает в почву и сразу же начинает формировать корневой чехлик, апикальную и первичную меристемы. Боковые корни образу-



► Так выглядит корневой чехлик на конце корня.



Корневые волоски при сильном увеличении. На 1 мм² поверхности корня развивается от 100 до 400 корневых волосков.



ются не одновременно, обычно вначале они формируются из тех участков перикарпа, которые находятся напротив проводящих пучков первичной древесины, и поэтому располагаются вдоль материнского корня правильными рядами. Затем боковые корни образуются из других участков перикарпа, и их правильное расположение нарушается.

Над зоной проведения располагается корневая шейка, соединяющая корень со стеблем.

Первичная структура корня

В самом начале роста корня уже имеются три системы первичных тканей, сформировавшиеся в зародыше семени: покровные, основные и проводящие.

Система покровных тканей, или кожица, называется также эпидермой. У молодых корней все клетки эпидермы имеют примерно одинаковые размеры, и они плотно прилегают друг к другу. С поверхности молодая покровная ткань покрыта прозрачной плёнкой — кутикулой.

Система основных тканей образует первичную кору. На её долю приходится основная масса первичных тканей корня; в ней накапливаются крахмал и другие запасные веществ-

ПЕРИЦИКЛ

Центральный цилиндр корня состоит из проводящей ткани, вокруг которой расположены один или несколько слоёв клеток образовательной ткани, называемых перикарпом (от греч. «окружаю»). Именно в нём закладываются боковые корни. Перикарп может быть и сплошным, и прерывистым (осоковые, хвойные). У некоторых хвойных он включает смоляные, а у зонтичных — масляные ходы. В перикарпе могут находиться также млечники, содержащие млечный сок — латекс (некоторые сложноцветные, колокольчиковые), и механическая ткань — склеренхима (лютиковые). У многих злаков клеточные стенки перикарпа утолщаются в процессе роста и одревесневают.

ва. Ткань первичной коры включает многочисленные межклетники — воздушные полости, необходимые для снабжения корня кислородом. Протопласты соседних клеток связаны плазмодесмами — цитоплазматическими нитями, по которым вещества могут проходить из одной клетки в другую.

Первичная кора состоит из двух слоёв: наружного — экзодермы и внутреннего — эндодермы. Наружный слой прилегает к кожице корня. У однодольных растений стенки этих клеток в процессе роста корня подвергаются опробковению и начинают выполнять защитную функцию.

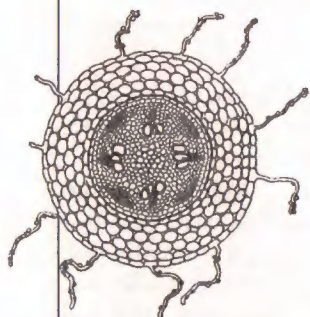
Внутренний слой первичной коры, эндодерма, окружает расположенную в центре проводящую ткань — центральный цилиндр. Клетки эндодермы



Проростки белой горчицы:
1 — с корневыми волосками;
2 — с приклеившимися частицами почвы.



Корень моркови в разрезе и его строение.



Строение корня с отходящими от него корневыми волосками.

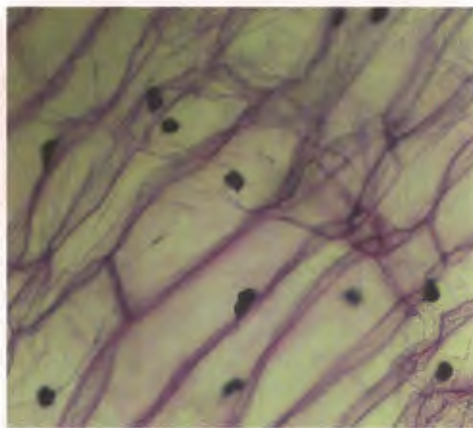
► Эндодерма — внутренний слой первичной коры (тёмные клетки на фотографии) окружает центральный цилиндр.

плотно прилегают друг к другу. Каждая из них имеет на клеточных стенках пояс Каспари (названный по имени открывателя — немецкого ботаника Роберта Каспари).

Поясок Каспари — лентовидная зона в эндодерме, пропитанная жироподобным веществом суберином, а иногда и лигнином — сложным органическим соединением, нерастворимым в воде. Пояски Каспари предохраняют клеточные оболочки внутреннего слоя первичной коры, препятствуя передвижению через них веществ, содержащихся в экзодерме и в центральном цилиндре.

Вода и растворённые вещества поступают в центральный цилиндр только по плазмодесмам, при этом стенки клеток эндодермы пропускают ионы избирательно. Эндодерма также препятствует вытеканию растворов из центрального цилиндра. Таким образом, все вещества, поступающие в центральный проводящий цилиндр и выходящие из него, должны пройти через протопласты клеток эндодермы по плазмодесмам, связывающим клетки первичной коры и центрального цилиндра. В этом состоит физиологическая функция эндодермы и поясков Каспари.

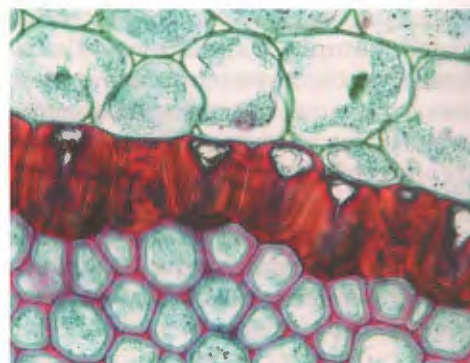
У однодольных растений первичная кора сохраняется на протяжении всей жизни корня, у многих её клеток образуются вторичные оболоч-



Так под электронным микроскопом выглядят плазмодесмы — цитоплазматические нити, соединяющие соседние растительные клетки.

ки. Со временем по всей внутренней поверхности клеточных оболочек первичной коры откладывается субериновая пластинка, состоящая из чередующихся слоёв суберина и воска, а затем — целлюлозы. Большинство двудольных растений первичную кору сбрасывает довольно быстро, на её месте образуется вторичная кора.

Система проводящих тканей корня включает ксилему и флоэму (см. статью «Ткани растений»). У большинства корней проводящие ткани образуют сплошной цилиндр, а у некоторых — полый цилиндр вокруг



Эпидерма, или кожа, — первичная однослойная покровная ткань, состоящая из живых, плотно прилегающих друг к другу клеток.

Экзодерма — наружные слои первичной коры, окружающие расположенную в центре проводящую ткань (центральный цилиндр).

Эндодерма — внутренний слой первичной коры, окружающий расположенную в центре проводящую ткань (центральный цилиндр).

Паренхима — ткань, состоящая из клеток примерно одинакового размера по всем направлениям.

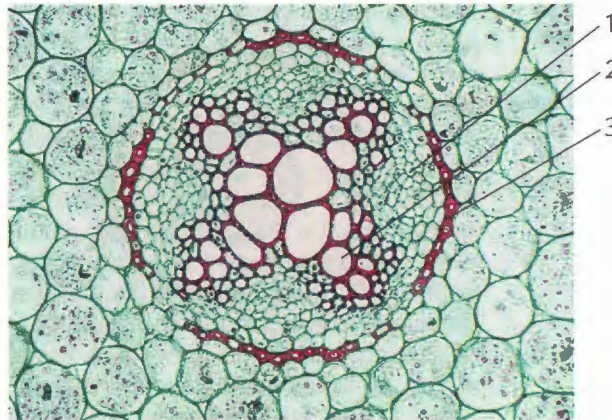
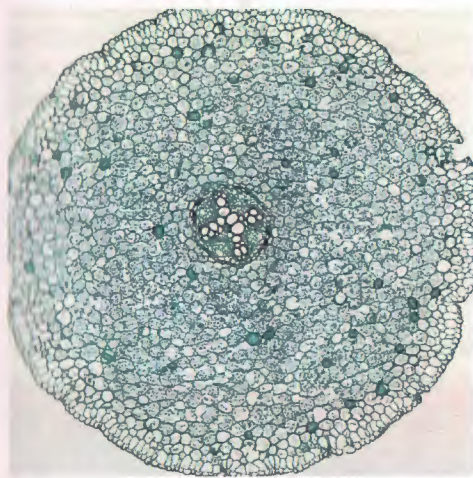
Перицикл — образовательная ткань, расположенная между эндодермой и флоэмой.



сердцевины (кукуруза). В молодых корнях центральный цилиндр состоит из проводящих тканей, окружённых перидиклом. Ксилема занимает центральную часть корня, а флоэма располагается вокруг неё.

Из клеток перидикла не только формируются боковые корни, он участвует в образовании первого слоя вторичной образовательной ткани — пробкового камбия, или феллогена. Снаружи пробкового камбия откладываются слои мёртвых клеток пробки, их оболочки пропитываются суберином и становятся непроницаемыми для воды и газов; с другой стороны откладываются внутренние слои покровной ткани, состоящие из живых клеток, — феллодерма. В молодом корне перидикл состоит из примерно одинаковых по размерам клеток, имеющих первичные оболочки, которые по мере роста корня заменяются вторичными.

Первичный центральный цилиндр корня называют протостелой. Её внутреннюю часть занимает сплошной тяж первичной ксилемы. Наружная поверхность центрального цилиндра ребристая, количество рёбер различается у разных видов растений. Пространство между рёбрами заполнено первичной флоэмой. А вершины рёбер называются протоксилемными полюсами.



Все первичные ткани центрального цилиндра постепенно, по мере роста корня, заменяются вторичными, и центральный цилиндр увеличивается в диаметре.

Вторичный рост корня

Вторичный рост корня у большинства двудольных и голосеменных растений происходит благодаря камбию. Камбий образуется в корне между первичными ксилемой и флоэмой из меристематических прокамбиальных клеток. Эти клетки относятся к образовательной ткани, имеют плотную цитоплазму, крупные ядра и большое количество мелких вакуолей. Меристематические прокамбиальные клетки делятся много раз. К середине корня откладывается вторичная ксилема (древесина), а к наружной стороне — вторичная флоэма (луб). Толщина древесины и луба постепенно увеличивается. Камбий располагается по окружности, разделяя ксилему и флоэму. Сначала он откладывается в тех участках паренхимной ткани, которые примыкают со стороны центрального цилиндра к флоэмным тяжам, формируя так называемые зоны камбиальной активности. Клетки перидикла делятся, образуя перегородки напротив протокси-

Протостела — первичный цилиндр корня лютика обыкновенного:

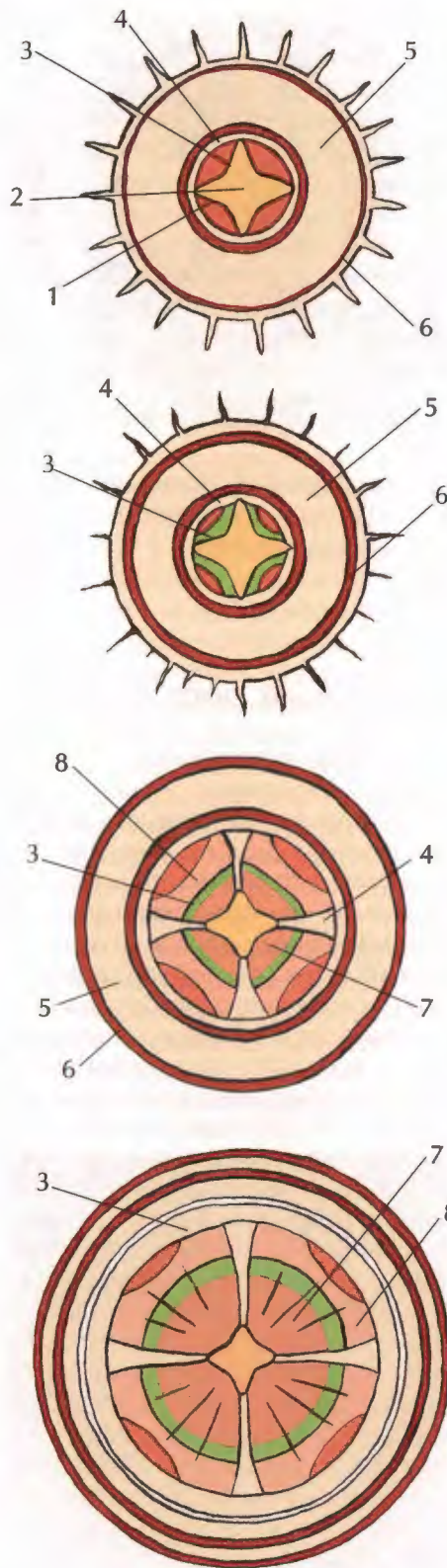
- 1 — первичная флоэма;
- 2 — первичная ксилема;
- 3 — перидикл.

На разрезе молодого корня лютика видно, что хорошо развитая основная паренхима окружает центральный цилиндр.



Переход от первичного строения корня к вторичному:

- 1 — первичная флоэма;
- 2 — первичная ксилема;
- 3 — камбий;
- 4 — перицикл;
- 5 — мезодерма;
- 6 — экзодерма;
- 7 — вторичная ксилема;
- 8 — вторичная флоэма.



► Придаточные корни, отходящие от подземного стебля (корневища) осоки.

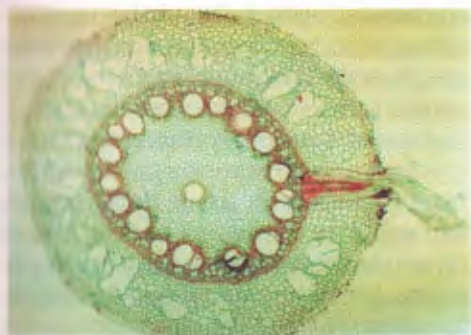
лемных полюсов, в результате формируются внутренние сестринские клетки, которые добавляются к камбию, полностью окружающему ксилему.

Типы корней и корневых систем

У растений различают главный корень, боковые и придаточные корни. Главным называют центральный корень, он имеется уже в зародыше семени и при его прорастании выходит наружу и растёт вертикально вниз. Корни, которые отходят от главного или от его ответвлений, называются боковыми. Из них самые старые располагаются возле корневой шейки, а молодые — ближе к кончику корня. Такие разветвлённые корни, направленные вглубь или располагающиеся в верхнем слое почвы, формируют, соответственно, глубокую (дуб) или поверхностную (ель) корневую систему.

Придаточными называют корни, отходящие от стебля, в частности от





подземного колена, а также от ползучих стеблей, подземных стеблей (корневищ); у некоторых растений они образуются и на листьях. Они могут заменять собой главные и боковые корни. Это даёт возможность искусственного вегетативного размножения растений: листьями (бегония, узумбарская фиалка), луковицами (лук, чеснок, лилия), стеблевыми черенками (смородина, крыжовник) и ползучими побегами (земляника). Придаточные корни увеличивают поверхность корневой системы, улучшают питание и придают растениям большую устойчивость. Это свойство используют в растениеводстве, стимулируя рост придаточных корней при помощи окучивания (капуста и другие культуры).

Корневая система включает все корни одного растения. Её строение, а также глубина, на которую она проникает в почву, зависят от внешних условий и сильно различаются у разных жизненных форм растений. Неглубокая корневая система характерна для однолетних растений, а также для некоторых многолетних, например кактусов, а самая глубокая — для обитателей песчаных и скалистых мест. Корневые системы могут быть стержневыми или мочковатыми.

У стержневой корневой системы наиболее сильно развит стержневой, или главный, корень. Стержневая система глубоко проникает в почву. Например, у голосеменных (сосна)

и двудольных растений (дуб) корни уходят на глубину до 5 м.

Мочковатая корневая система состоит из придаточных корней, отходящих от нижних частей стебля, на которых, в свою очередь, могут образоваться боковые ответвления. Такая система формируется, например, у взрослых однодольных растений (злаки), когда главный корень отмирает, а его функцию выполняют придаточные, отходящие от стеблевых побегов. Мочковатая корневая система залегает обычно поверхностно, но очень густо пронизывает почву. Поэтому растения с такой корневой системой подходят для закрепления почвы и создания дернового покрова. Для устройства газонов часто используют райграс, или плел многолетний (*Lolium perenne*), широко распространённый на лугах в Европе и Азии. Он образует тёмно-зелёные дерновины, формирующие плотный травяной покров.

На молодых корнях многих растений поселяются почвенные грибы, образуя с ними микоризу — взаимовыгодное сожительство гриба и высшего растения. Гифы (основное

На поперечном срезе корня виден боковой корень, который начинает расти от центрального цилиндра основного корня.



Корни пустынного кустарника прозописа из семейства мимозовых (распространён в Аризоне) проникают на глубину более 50 м, верблюжьей колючки — до 20 м.

1. Мочковатая корневая система ковыля красивейшего.
2. Стержневая корневая система верблюжьей колючки.



На луковицах крокусов образуются придаточные корни.

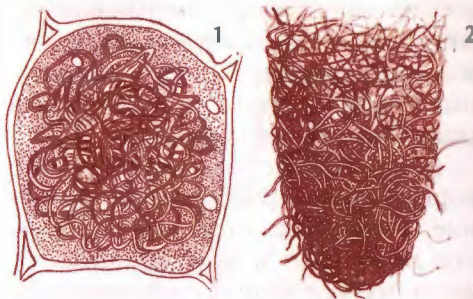


► 1. Внутренняя микориза у корней ятрышника — растения из семейства орхидных (гифы гриба проникают внутрь клеток растения). 2. Внешняя микориза у корней дуба (гифы гриба оплетают корень снаружи).

тело гриба) доставляют для растения из почвы воду с питательными веществами, выделяют ростовые вещества и витамины, стимулирующие развитие корня. Гриб получает от растения органические соединения, ферменты, способствующие прорастанию спор гриба. Микориза может быть или внешняя, или внутренняя. В первом случае гифы оплетают корни растений, образуя вокруг них плотные чехлики, и отходят во все стороны, заменяя собой отмирающие корневые волоски. Это так называемый грибокорень, он характерен для дуба, грецких живородящей. При внутренней микоризе гифы гриба проникают в

клетки коровой паренхимы, но корневые волоски сохраняются и выполняют свою функцию (тополь, отдельные виды семейства орхидных).

Некоторые растения вступают в симбиоз (сожительство) с хемоавтотрофными бактериями, получающими энергию путём окисления неорганических веществ — азота, серы и др. Азотфиксирующие бактерии проникают в клетки корневых волосков растений на стадии проростков, и клетки увеличиваются, образуя опухолообразные клубеньки. На корнях бобовых поселяются бактерии рода ризобиум, на корнях деревьев (ольха, восковница) — актиномицеты. Таким образом, растения создают условия для обитания бактерий и поставляют для них соединения углерода, а взамен получают азот в форме, удобной для построения белков и других продуктов биосинтеза. Хемоавтотрофные бактерии тиаобациллы окисляют серу, содержащуюся в почве, до сульфатов, что делает её доступной для растений.



БАКТЕРИИ-ПОМОЩНИКИ

Почвенные бактерии из рода ризобиум проникают в покровные ткани корней растений из семейства бобовых (мапина и др.), в результате развиваются корневые клубеньки. Живущие в клубеньках бактерии используют для своей жизнедеятельности вещества, производимые растением, при этом сами усваивают азот из почвы и делают его доступным для растения.



Видоизменения корней

Своеобразную роль в жизни многих растений играют придаточные корни, образующиеся на луковицах, клубнелуковицах (тюльпан, крокус) и корневищах. Они обычно длинные и могут сокращаться, поэтому их называют вытягивающимися или контрактильными. С их помощью луковица глубже погружается в почву перед началом неблагоприятного периода (зимы или засухи).



Нередко корни служатместилищем запасных питательных веществ, они становятся сочными, мясистыми, превращаясь в корнеплоды. Например, у двулетних растений (моркови, свеклы, репы, петрушки) в первый год главный корень или подземное основание стебля разрастается и накапливает питательные вещества, а во второй год они расходуются на образование цветков, плодов и семян.

Запасные питательные вещества могут откладываться в боковых или придаточных корнях, образуя мясистые корневые клубни, которые служат также для размножения. Клубневидно утолщённые боковые корни имеют георгин, лютик иллирийский, фиалка, батат; клубневидно утолщённые придаточные корешки — чистяк весенний.

У многих тропических растений придаточные корни развиваются и на надземных органах — стволах, ветвях. Поскольку они зарождаются в воздушной среде, а не в почве, их называют воздушными корнями. Их назначение очень многообразно и порой настолько неожиданно, что кажется выдумкой.

Например, для древовидной вечнозелёной лианы — плюща колхидского это корни-прицепки. С их помощью плющ закрепляется в трещинах на стволах деревьев, стенах зданий или скалах и поднимает стебель вверх до высоты 30 м. У некоторых тропических орхидей воздушные корни лентовидные и имеют с нижней стороны множество корневых волосков, служащих для прикрепления, а также поглощающих воду и соли. Верхняя же сторона корней содержит хлорофилл, так что они выполняют функцию листьев. У других орхидей образуются висящие в воздухе длинные корни, покрытые особой тканью — веламеном, состоящим из нескольких слоёв мёртвых клеток с дырочками в стенках. Веламен впитывает дождевую воду,

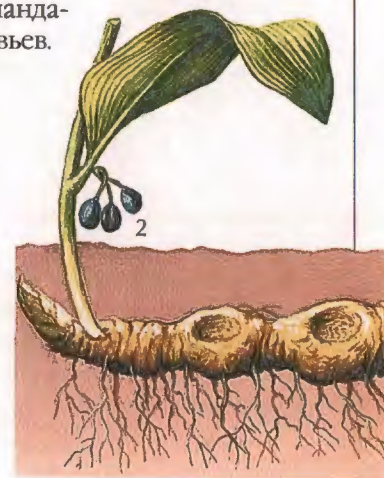


У мандрагоры — ядовитого растения из семейства паслёновых — в сочных подземных стеблях запасается крахмал.

как губка, а затем вода постепенно используется растением.

Придаточные корни могут служить опорой стеблю. Такие корни-подпорки, или столбовидные, образуются на ветвях у тропических деревьев (например, у многих фикусов, некоторых пальм). Достигнув почвы, они укрепляются и начинают поглощать воду и минеральные вещества.

Ходульными называются прочные воздушные корни, образующиеся на ветвях и в нижней части ствола, которая отмирает после того, как корни достигнут почвы и укрепятся в ней. В результате дерево стоит на этих подпорках, как на ходулях. Такие придаточные корни формируются у пандануса и многих мангровых деревьев.



1. Клубнеобразные корни георгина.
2. Из корневища купены каждый год формируются новые придаточные корни и надземные побеги.



Самые длинные ходульные корни имеет панданус Джумлянетти, растущий на побережье Новой Гвинеи, их высота — 13–14 м.

У некоторых тропических растений формируются ходульные корни.



Болотный кипарис.

Мангры

В тропических странах на морских побережьях образуются мангры — заросли вечнозелёных деревьев и кустарников высотой иногда до 15 м. Они находятся под постоянным влиянием морских приливов и отливов, поэтому здесь могут жить только особенные растения, выдерживающие затопление солёной морской водой вплоть до самых макушек крон, а также сильные удары волн во время штормов.

По мангровым зарослям практически невозможно передвигаться из-за очень плотного переплетения стволов и крон. Густоту зарослей увеличива-

ют ходульные корни, образующиеся вдоль стволов у растений семейства пандановых и ризофоровых, а также корни-подпорки, спускающиеся с нижних веток и сильно ветвящиеся у поверхности почвы. Корни выдерживают напор волн, а в почве на них формируются тонкие корешки, всасывающие питательные вещества. Некоторые воздушные корни панданусов, не достигая почвы, повисают, образуя на кончике мощный корневой чехлик размером с кулак, и на нём поселяются эпифиты, напоминая подвешенные на верёвках цветочные горшки. Необычное ощущение возникает во время прилива, когда всё колеблется и деревья, стоящие на ходулях, как будто осторожно передвигаются по воде, покачивая «цветочными горшками».

Заросли труднопроходимы ещё и потому, что повсюду из почвы и из воды торчат выросты. У соннератии они похожи на заострённые зубья, а у других растений — на согнутые в коленях ноги или большие петли. Эти выросты снабжают корни воздухом с помощью развитых воздухоносных межклетников, и такая важная особенность отражена в названии: дыхательные (или вентиляционные), корни — пневматофоры. В верхнем слое почвы на дыхательных корнях развиваются корешки, питающие растение. Приливные волны приносят с собой ил и песок, и каждый раз, когда уровень ила поднимается, образуются новые корешки.

БАМЬЯН

Во влажном климате тропической Индии образуется необычная форма деревьев — бамьян. Такую форму принимают священный для этой страны фикус бенгальский, а также комнатное растение фикус эластичный. На горизонтальных ветвях взрослого дерева появляется множество воздушных корней, многие из них высыхают, так и не дорастая до поверхности земли, и только единичные, достигнув почвы, могут

укорениться. Эти корни начинают быстро утолщаться, вскоре корень-подпорка ничем не отличается от основного ствола, при этом крона дерева расширяется. Дерево как бы продвигается и захватывает новые участки с помощью корней-подпорок. Постепенно дерево разрастается в большую рощу, которая может занимать несколько сотен квадратных метров. Таков, например, гигантский бамьян в ботаническом саду Колкаты (бывшая Калькутта), имеющий около 1000 стволов, возникших из воздушных корней.



РАСТЕНИЯ-УДУШИТЕЛИ

С помощью воздушных корней некоторые фикусы образуют совершенно фантастическую жизненную форму. Их семена заносятся ветром, птицами и другими животными на стволы и ветви деревьев, там они укореняются, и первое время фикусы развиваются как эпифиты, используя дерево только для прикрепления. Затем они выпускают воздушные корни, которые достигают почвы, укореняются и тут

же начинают разрастаться, срастаясь друг с другом и обхватывая дерево плотной сеткой. Сдавленное со всех сторон, дерево гибнет, а фикус-удушитель таким способом поднимает свою крону ближе к свету. Вот почему в странах Карибского бассейна такие фикусы служат символом предательства.

Воздушные корни фикуса — растения из семейства тутовых — плотно оплели ствол дерева-«хозяина».



Во влажных тропических лесах многие деревья для укрепления своих стволов, поднимающихся ввысь до 40 м, образуют досковидные корни. Они отходят от ствола и значительно выступают над поверхностью почвы, напоминая доски. Высота таких корней у фикуса сердцелистного достигает 3–4 м. В умеренном климате подобные корни, но значительно меньших размеров можно обнаружить у тополя, вяза, бука и других деревьев.

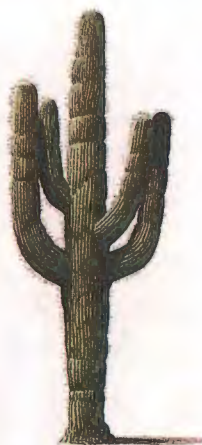
На тропических болотах на подземных корнях некоторых деревьев, например соннератии, таксодиума двурядного, или болотного кипариса, образуются специфические дыхательные корни (пневматофоры) в виде вертикально стоящих

трубок. Они, в отличие от всех других корней, имеют отрицательный геотропизм и снабжают кислородом корни, расположенные в насыщенной водой илистой почве с малым содержанием кислорода.

Таксодиум двурядный, или болотный кипарис, — крупное дерево, достигающее в обхвате 12 м, растёт на болотах и в заболоченных поймах рек юго-восточной части Северной Америки (штат Флорида). Его горизонтальные корни образуют конические или бутылевидные пневматофоры, которые поднимаются над уровнем почвы до 1–2 м, а иногда срастаются в сплошную стенку. Они укрепляют ствол и обеспечивают дерево кислородом.



Слева — воздушные корни болотного кипариса, справа — досковидные корни.



Побеги выполняют и запасную функцию, например, в них запасается вода у суккулентов.

ПОБЕГ И СТЕБЕЛЬ

Побег — осевой вегетативный орган высших растений, состоящий из стебля, листьев и расположенных в их пазухах почек. Из пазушных почек развиваются боковые побеги. На стебле выделяются узлы — места прикрепления листьев и междоузлия — участки между двумя ближайшими узлами. Повторяющееся чередование этих частей называется метамерностью. Побеги бывают укороченными и удлинёнными (в зависимости от длины междоузлий), они различаются по направлению роста и расположению в пространстве (прямостоячие, наклонные, выющиеся, ползучие и др.).

Главные функции побега — опорная и проводящая. Побеги растут вверх, вынося листья, цветки и плоды к свету, ветвятся и создают прочный каркас растения. По ним от корней непрерывно поднимается вода с растворёнными в ней минеральными веществами, а в обратном направлении, из листьев в корень, поступают растворы органических соеди-



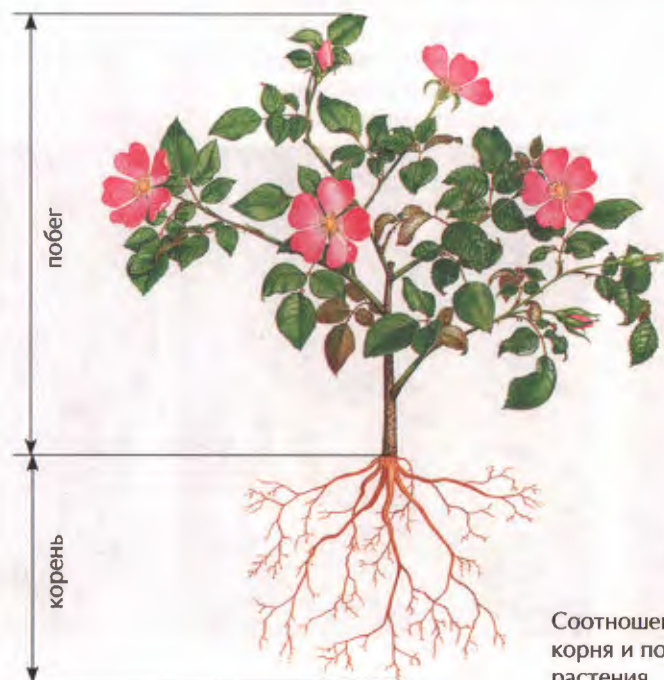
Побеги несут вверх ветки и листья и служат растениям опорой.

нений. Иногда побеги участвуют в фотосинтезе. Они могут выполнять запасную функцию, накапливая питательные вещества, реже — воду (как, например, суккуленты). Побеги играют большую роль в формировании скелетной части кроны и облика растений.

Строение стебля

Побег заканчивается верхушечной почкой, внутри которой находится конус нарастания, состоящий из меристематической ткани — апекса. Апекс, в свою очередь, состоит из туники — наружного слоя клеток (они делятся и увеличивают поверхность) и корпуса — внутреннего слоя (из него развиваются клетки стебля и зачаточные листья). Апекс активно растёт, его клетки многократно делятся, формируя в результате все ткани и части стебля. Образовательная ткань на верхушке побега, так называемая апикальная меристема, даёт начало основной меристеме, из которой развиваются основные ткани, и прокамбию, из которого формируются первичные проводящие ткани.

Вначале узлы и междоузлия на стебле практически неразличимы, потому что листовые зачатки быстро образуются из апикальной меристемы и сидят очень плотно. Затем эти



Соотношение корня и побега растения.



клетки вытягиваются, участки между прорастающими листьями постепенно увеличиваются, оформляются в междоузлия, а места прикрепления листьев преобразуются в узлы — благодаря этому происходит рост стебля в длину. Так как верхняя сторона листьев растёт быстрее, листья отгибаются вниз, а из конуса нарастания образуются новые зачаточные листья. Скорость верхушечного роста небольшая — в среднем всего 0,005 мм в минуту, только у некоторых бамбуков она составляет до 0,6 мм в минуту, поэтому за сутки их стебель может вырасти на 30—50 см, а иногда и на 90 см.

У многих растений (рожь, пшеница, овёс и другие злаки) нижняя часть междоузлий растёт довольно долго, а растущие зоны стебля отделяются друг от друга тканью, которая уже перестала расти, поэтому такой рост называется вставочным или интерка-

лярным (от лат. *intercalare* — «вставлять»). В районах с умеренным климатом стебли травянистых растений живут один сезон, за это время у них формируется первичная анатомическая структура. У древесных растений она образуется в первый год жизни. Основными элементами анатомической структуры стебля являются кожица (эпидерма), первичная кора, внутренняя часть стебля — центральный цилиндр, в который входят перицикл, проводящие ткани и иногда сердцевина. Диаметр таких стеблей может увеличиваться только благодаря разрастанию первоначально образовавшихся клеток.

Строение побега.



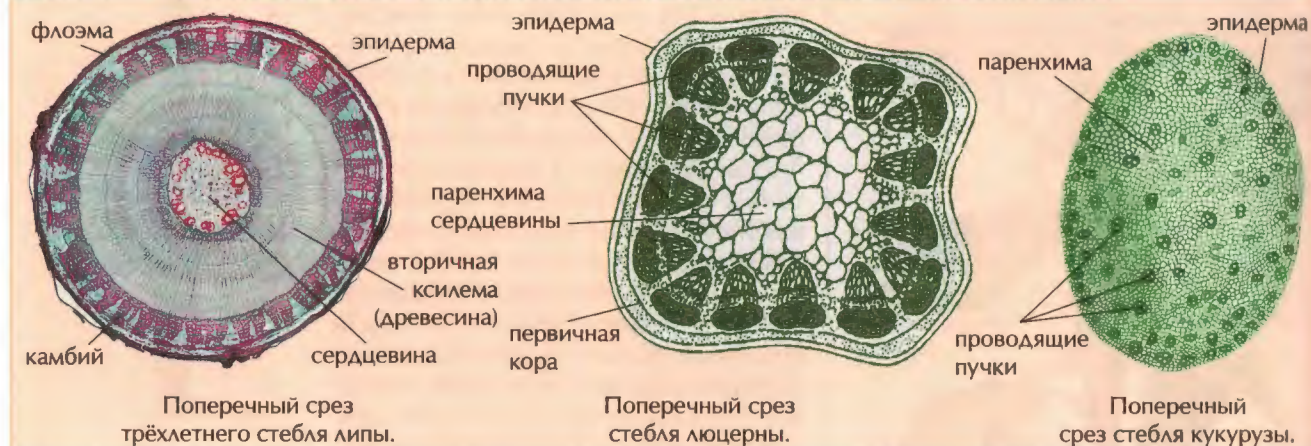
Апекс (от лат. *apex* — «верхушка») — конус нарастания, верхушка побега или корня. Основная меристема (от греч. *merizein* — «делиться») — первичная образовательная ткань, из которой развиваются основные ткани.

Продольный срез апекса.

Первичное строение стебля

Стебель — вегетативный осевой орган высших растений, обычно имеющий радиальное внутреннее строение.

При формировании первичной анатомической структуры стебля из основной меристемы образуются кожица (эпидерма) и первичная кора, а из прокамбия — центральный цилиндр. Различают три главных типа первичной структуры проводящей системы стебля.



1. Первичные проводящие ткани формируются из прокамбия, который закладывается в виде сплошного полого цилиндра. От внутренней его части к центру образуется флоэма, а от наружной части цилиндра — ксилема. К этому типу относится большинство древесных пород, например липа.

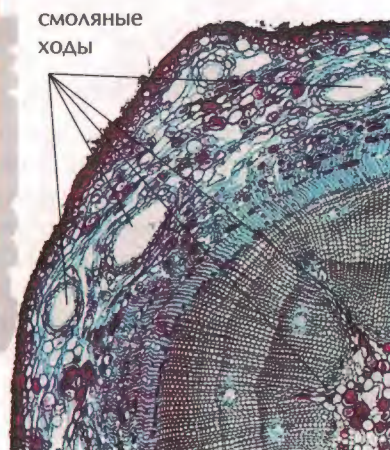
2. Первичные проводящие ткани формируют цилиндр в виде отдельных тяжей среди основной паренхимы. Эти тяжи разделены сердцевинными лучами, соединяющими сердцевину с первичной корой (это хорошо видно у люцерны).

3. Отдельные сосудистые пучки произвольно распределены в основной паренхиме, как, например, у кукурузы.



Термины «ксилема» и «флоэма» применяются обычно для обозначения первичных тканей и тканей первого года жизни, а для многолетних тканей используют термины «древесина» и «луб».

Так выглядит спил ветки сосны под электронным микроскопом.



Вторичное строение стебля

Стебли древесных двудольных и голосеменных растений нарастают в толщину — это называется вторичным ростом. В стеблях многолетних растений центральная часть прокамбиального кольца преобразуется во вторичную образовательную ткань — камбий. Вторичное строение стебля хорошо видно на поперечном срезе ветки липы. Проводящие ткани (ксилема и флоэма) образуют тяжи, которые называют проводящими пучками. Внутренняя часть проводящего пучка, содержащая ксилему, именуется ксилемной (древесинной), а часть, включающая флоэму, — флоэмной (лубяной). Те проводящие пучки, к которым примыкают тяжи механической ткани (склеренхимы), называются сосудисто-волокнистыми пучками. Они хорошо видны в стебле недотроги железистой (*Urtica grandifolia*), разрезанном вдоль.

Луб состоит из ситовидных трубок флоэмы, через которые идёт нисходящий ток растворённых органических продуктов биосинтеза, а между ситовидными трубками расположены лубяные волокна. Снаружи к лубу примыкает кора.

Древесину и луб разграничивает камбий, который образует кольцо;



благодаря его разрастанию стебель увеличивается в толщину — происходит вторичный рост стебля. Клетки камбия содержат много вакуолей и имеют тонкие целлюлозные оболочки с небольшим количеством пектиновых веществ. В результате деления клеток камбия к сердцевине стебля откладываются клетки вторичной древесины (древесины), а к периметру стебля — вторичной флоэмы (луба). Древесина и луб составляют систему вторичных проводящих тканей.

Зимой камбий находится в состоянии покоя, а весной, ещё до распускания листьев, от корня к стеблю и его ответвлениям в набухающие почки подаются растворы сахаров — и камбий начинает расти. Причём он ежегодно откладывает гораздо больше древесины, чем луба, поэтому её объём быстро нарастает. Древесина разделена на концентрические слои, каждый слой — это её прирост за год. Такие годовичные кольца хорошо видны на спиле стебля, поскольку древесина откладывается неравномерно в разные сезоны. Та, что формируется весной и в начале лета, — менее плотная, содержит много

сосудов и поэтому имеет более светлую окраску. В древесине, которая закладывается в конце лета и осенью, больше механической и запасающей ткани, и она более тёмная и плотная. Ширина годовичных колец неодинакова в разные годы — это зависит от количества осадков, температуры, освещённости, продолжительности вегетационного периода и экологической обстановки. В благоприятных условиях образуются широкие кольца, в неблагоприятных — узкие. По годовичным кольцам многих деревьев можно восстановить климатические условия за весь период их жизни. Этими вопросами занимается наука дендрохронология.

На поперечном срезе ветки липы видно, что снаружи стебель покрыт отмершими клетками коры, за ней следуют коричневато-бурые слои пробки, пропитанные жировым веществом суберином. Под пробкой залегает пробковый камбий, или феллоген, а затем — живые клетки по-



Годичные кольца на стволе сосны.



Окаменевший срез ствола дерева.



СТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ

У хвойных деревьев в древесине преобладают трахеи и трахеиды. Это длинные трубки с крупными порами и заострёнными концами. Сосудов в древесине хвойных пород нет, и очень мало осевой паренхимы. Сердцевинные лучи маленькие: шириной всего в одну клетку, высотой — 1–20 клеток. У некоторых хвойных, например у сосны, паренхимные клетки осевой системы и лучей соединены со смоляными ходами — крупными межклеточными пространствами, заполненными смолой. Под влиянием внешних воздействий — мороза, удара — в древесине могут образоваться также дополнительные смоляные ходы. Смола служит защитой от повреждений, поражения насекомыми и грибами-паразитами.

Древесина двудольных растений имеет разнообразные клетки в осевой системе: проводящие сосуды ксилемы, трахеиды, волокна и паренхимные клетки. Её лучи крупнее, чем у хвойных, в ширину они могут составлять до 30 клеток, а в высоту — несколько сотен. Так, у дуба и белой акации высота лучей достигает 1 м и более. В древесине двудольных растений много однорядных лучей. Между сосудами расположены древесные волокна, в которых запасаются питательные вещества.



ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

Древесина, или вторичная ксилема, имеет большое значение в жизни людей. Она используется как топливо, применяется в строительстве, для изготовления мебели, музыкальных инструментов, деревянной посуды, спичек, шпал, игрушек и т. д. Древесное сырьё идёт на производство бумаги, получение скипидара, канифоли, уксусной кислоты, метанола и других химических веществ.

►
Деревянная доска
для изготовления
пряника.

кровной ткани феллодермы, содержащие хлорофилл. Далее располагаются живая ткань с утолщёнными оболочками, способствующая укреплению стебля, — колленхима и ткань, состоящая из живых тонкостенных клеток, — паренхима. Из паренхи-



Из специально выдержанной и обработанной древесины создают музыкальные инструменты.



мы образуется пробковый камбий, а из него, в свою очередь, — пробка, защищающая растение от неблагоприятных внешних воздействий. Затем идёт лубяная часть коры, у липы она состоит из чередующихся лубяных волокон, ситовидных трубок и лубяной паренхимы. Все они образованы камбием, который в виде узкой полоски примыкает к лубу. Далее следует древесина, разделённая на концентрические слои. А в центре стебля находится сердцевина. Она состоит из крупных клеток, содержащих воздух, которые группируются вокруг более мелких, укрепляющих стебель. Сердцевинные лучи различаются по длине, их составляют клетки примерно одинакового размера.

Более молодая и светлая проводящая часть древесины образует заболонь, а более старая, тёмная часть — ядро, которое состоит из отмерших клеток, пропитанных

ПЕРЕДВИЖЕНИЕ РАСТВОРОВ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯХ

Питательные вещества вместе с водой впитываются корневыми волосками растений, затем они поднимаются по живым клеткам паренхимы корня и затем по сосудам или трахеидам стебля. Далее они перемещаются по живым клеткам листа и достигают испаряющих клеток. По живым клеткам растворы проходят с большим трудом, потому что протоплазма клеток для них плохо проницаема. Такое передвижение становится возможным с помощью осмоса (греч. «дав-

ление») — разной концентрации растворов, которые могут передвигаться из участков с меньшей концентрацией в участки с большей концентрацией. Так как большую часть пути (по стеблю) растворы проходят по мёртвым сосудам и трахеидам, растения расходуют на передвижение жидкости не очень много энергии, что позволяет деревьям вырастать вверх на несколько десятков метров. В том случае, если бы растворы питательных веществ проходили только по живым клеткам, растению на их передвижение пришлось бы тратить огромную осмотическую энергию — около 1000 атм.



Сосна обладает мягкой древесиной, а дуб — твёрдой.



Самые большие диаметры стволов отмечены у баобаба (до 10 м) и у секвойи гигантской (до 11 м).

различными веществами (маслами, смолами, камедями, танинами), окрашивающими и ароматизирующими ткани. Толщина заболони различается у разных видов деревьев: толстая заболонь у ясеня, берёзы, клёна; тонкая — у белой акации, тиса; чётко не отделённая от ядра — у пихты, тополя, ивы. Ядро может быть окрашено в жёлтый цвет (бересклет европейский, барбарис), красный (кипарис, дальбергия), тёмно-фиолетовый (кампешевое дерево семейства бобовых), чёрный (эбеновое дерево).

Различают твёрдую древесину, которой обладают лиственные деревья (в ней имеются сосуды, трахеиды, механические волокна и паренхимные клетки), и мягкую древесину хвойных деревьев (в которой нет сосудов, клетки трахеиды, а также паренхимные, связанные со смоляными ходами). Термины «твёрдая» и «мягкая» отражают не столько её плотность, сколько строение.

Внешне древесина различается по цвету, волокнистости, текстуре поперечного спила и рисунку. Волокнистость зависит от расположения и формы сосудов, трахеид, волокон, паренхимных клеток. Например, если они располагаются параллельно оси ствола, древесину называют прямослойной, а если под

углом к оси — косослойной, если спирально — косослойной, и ствол без коры будет выглядеть скрученным. Древесина может быть также сложно-косослойной, если направление спиралей по радиусу бревна меняется через примерно равные интервалы.

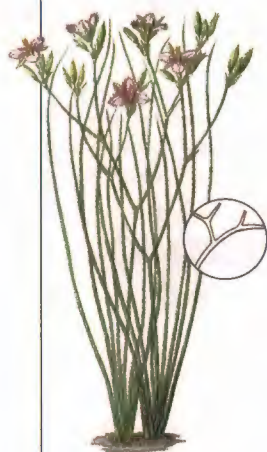
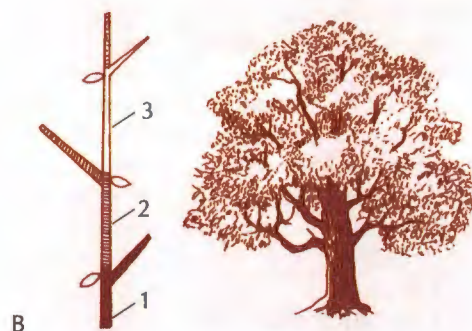
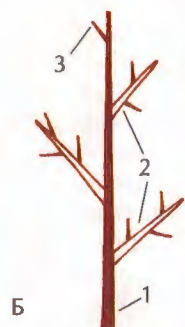
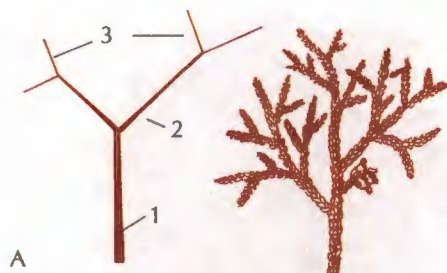
Рисунком называют узор на продольном спиле ствола, где годовичные кольца выглядят как волнистые полосы. Он подчёркивает декоративность древесины и зависит от её волокнистости и текстуры, а также от направления, в котором проведён спил.

Типы ветвления побега

Из зародышевого побега образуется главный побег растения (побег первого порядка). Из его боковых почек формируются побеги второго порядка, а при их ветвлении — третьего и т. д., так в результате ветвления образуется система побегов. У споровых растений верхушка главного побега вильчато делится и даёт начало двум новым побегам, которые в свою очередь тоже вильчато делятся на верхушке, такое ветвление называется дихотомическим (вильчатым). Оно встречается нечасто и характерно для многих древних растений (например, плаунов, лишайников). У высших



Схемы ветвления:
А — дихотомическое (туевик японский);
Б — моноподиальное (ель обыкновенная);
В — симподиальное (греческий орех);
1, 2, 3 — побеги первого и следующих порядков.



Для омеи характерно дихотомическое ветвление.

► У примулы стебель называется стрелкой.

ветвления, при котором в процессе роста верхушечная почка побега отмирает, начинает усиленно развиваться одна или несколько боковых почек, из которых выходят боковые побеги, замещающие прекративший рост основной. Симподиальный тип ветвления распространён у лиственных деревьев: дуба, клёна, бука, ясени, осины, ольхи, черёмухи, берёзы.

Форма и типы стеблей

У большинства растений стебли цилиндрические, заполненные тканями, а у некоторых, например у злаков, — полые. Стебли могут быть трёхгранными (осоки), четырёхгранными (губоцветные), многогранными (кактусы), сплюснутыми или плоскими (опунции, мятлики, рдесты), а иногда — вздутыми, бочонковидными (баобаб из семейства бомбаксовых). Многолетний одревесневший стебель деревьев называется стволом. У кустарников формируются многолетние или однолетние одревесневающие побеги. Большинство травянистых растений имеют однолетние стебли, которые могут одревесневать только у основания. (В условиях умеренного климата стебли травянистых растений живут, как

растений отмечаются два основных типа ветвления: моноподиальное и симподиальное. При моноподиальном (от *греч.* *mónos* — «один» и *pus* (*podos*) — «нога») ветвлении главная ось не прекращает рост в длину и образует ниже точки роста боковые ветви, при этом формируется характерная пирамидальная форма роста. Такое ветвление есть у хвойных деревьев (ель, лиственница, пихта), травянистых покрытосеменных растений и хвощей. Для покрытосеменных растений характерен симподиальный (от *греч.* *syn* — «вместе» и *pus* (*podos*) — «нога»), или боковой, тип





правило, один год, в тропиках они обычно многолетние.) Безлистный травянистый стебель, вернее, одно междоузлие стебля, несущее цветок или соцветие, называется стрелкой (примула, лук).

У многих деревьев (лиственница, сосна, яблоня, груша) и кустарников (барбарис) из пазушных почек развиваются побеги с очень короткими междоузлиями и небольшим числом близко растущих листьев, поэтому их называют укороченными побегами. Они не ветвятся и удлиняются в течение года всего на несколько миллиметров. У яблони и груши на этих побегах образуются цветки и плоды, и через несколько лет отмирает верхушечная почка и побеги опадают. У лиственницы и сосны на укороченных побегах формируются мутовки из 2—40 хвоинок. К укороченным побегам можно отнести также стебли, несущие несколько расположенных по одному листьев. Они образуются в первый год при повышенной влажности воздуха у свёклы и других корнеплодных растений, а также у примул и агав.

Тонкие, гибкие, быстро растущие стебли с длинными междоузлиями, поднимающиеся вверх, к свету, обвивая соседние растения, называются выющимися (хмель, пальмартанг). Стебли, взбирающиеся на стволы и стены при помощи специальных органов — усиков, прицепков и присосок, — относятся к лазящим (дикий виноград, плющ, горох).

Ползучими или стелющимися именуются слабые тонкие стебли, лежащие на поверхности земли. Если они имеют короткие междоузлия, это плети (тыква, огурец, арбуз, дыня), а с длинными междоузлиями — усы (земляника, костяника, ястребинка волосистая). У некоторых растений ползучие стебли могут укореняться в узлах при помощи придаточных корней (лапчатка гусиная, барвинок, вербейник монетчатый).

Столонами называют тонкие, быстро растущие подземные побеги, на концах которых образуются почки, а из них развиваются клубни (картофель, стрелолист). Продолжительность жизни столонов небольшая: 1—1,5 года. Они служат для вегетативного размножения и расселения растений, питательные вещества в самих столонах не откладываются, но они способствуют образованию запасных органов.

Почки на побегах

На верхушке побега находится верхушечная почка, а в пазухах листьев — пазушные, или боковые. Если почек несколько и они располагаются одна над другой, их называют сериальными (белая акация, жимолость, грец-

У эхинопсиса кирпично-красного многогранный стебель.



На стебле хмеля образуются крошечные прицепки, которыми он прикрепляется к опоре.

ДЕРНИНЫ

Некоторые растения, обитающие в засушливых или холодных районах, образуют дернины — особую форму роста, которая служит защитой внутренних частей от неблагоприятных условий (ковыль, типчак, проломник мохнатый). В дернине отдельные побеги располагаются тесно друг к другу на укороченных побегах, в центре находятся более старые, а по периметру — молодые. Основание дернины углублено в почву вместе с точками роста, из которых ежегодно развиваются новые побеги. Большие плотнокустовые дерновины таких растений образуют покров степей, прерий.





Листовые почки
сирени.

кий орех); если располагаются рядом друг с другом — коллатеральными (слива, однодольные).

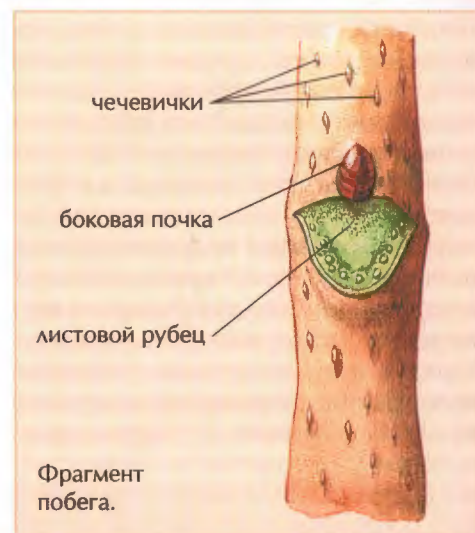
Почка состоит из апикальной (верхушечной) меристемы, стебелька и зачатков листьев и представляет собой зачаток побега. Интенсивно растущая верхушечная почка тормозит развитие боковых; затем, когда в процессе роста стебля междоузлия удлиняются и расстояние между верхушечной и боковыми почками увеличивается, эти почки тоже вступают в рост. Такую особенность развития почек используют при чеканке — удалении верхушки побега для усиления кустистости растения.

Форма почки зависит от того, как «упакованы» внутри её пластинки листьев. Например, если листья сложены по средней жилке, то почка плоская. Есть почки, в которых листья многократно сложены вдоль средней жилки, или по боковым жилкам, или скручены спирально, или их края завернуты на верхнюю либо на нижнюю сторону листа.

В странах с умеренным климатом, в субтропиках и сухих тропиках у деревьев и кустарников рост побегов в длину прекращается в зимний или

засушливый период года, и их почки переходят в стадию покоя (покоящиеся, или зимующие, почки). По окончании неблагоприятного сезона — на следующий год весной или после прекращения засухи — из них разовьются новые побеги.

Внутренние части покоящихся почек защищены от резких колебаний температуры и сильного испарения их наружными листьями, превратившимися в плотные короткие бурые чешуи. На некоторых из них образуется дополнительная защита — формируются волоски (каштан конский) или выделяется смола (тополь, берёза). Во влажных тропиках почки не имеют защитных чешуй.



На побегах под покоящимися почками видны листовые рубцы — места прикрепления опавших листьев. При распускании почек наружные чешуи опадают, оставляя рубчики у основания вытягивающихся побегов — почечные кольца, по которым у древесных растений можно заметить границы годовичных приростов побегов. Даже без листьев разные виды деревьев и кустарников хорошо различаются по форме и расположению покоящихся почек, по осо-

ПРИДАТОЧНЫЕ ПОЧКИ

Придаточные почки образуются вне пазух — на междоузлиях побегов, на корнях, листьях. Из придаточных почек, заложенных на корневище или у основания стебля, могут развиваться надземные побеги — корневая поросль, или корневые отпрыски (осока полевая, осина). Такая способность характерна для многих сорняков и затрудняет борьбу с ними. Например, корневища бодяка полевого или пырея ползучего, даже разрезанные на небольшие куски, быстро формируют придаточные почки и новые растения. Корневую поросль дают облепиха, малина, сирень и другие кустарники. Придаточные и спящие почки образуются также в нижних частях стволов многих деревьев и кустарников — дуба, вяза, липы, берёзы, ясеня, лещины. Из них после рубки деревьев на пнях развивается пневая поросль, Деревья, выросшие из пневой поросли, низкорослые, недолговечные, с непрочной древесиной.



белостям чешуй, листовых рубцов, по цвету побегов и почек, а также по форме, размерам, окраске и опушению почечных чешуй.

Покоящиеся почки образуются и у многолетних трав на корневищах, у основания стеблей — на органах, которые не отмирают на зиму или на период засухи, это — почки возобновления.

На побегах и стволах некоторых деревьев часть пазушных почек превращается в спящие почки (глазки), которые не опадают и не образуют новых побегов. Они являются резервными и дают побеги только при обмерзании кроны и ствола, повреждении их животными либо человеком. Причём на старых толстых стволах или ветвях дуба, вяза, клёна, рябины, пирамидального тополя и плодовых деревьев они растут быстрее, чем обычные побеги, называются водяными и несут более крупные листья.

На генеративных, или плодовых, побегах формируются цветочные почки, из которых развиваются цветки и соцветия; из смешанных почек вырастают облиственные побеги с цветками. У многих растений цветочные почки крупнее тех, из которых образуются облиственные побеги.

У некоторых растений (гречиха живородящая, мятлик живородящий) в соцветиях формируются видоизменённые пазушные почки с зачаточ-

ными листьями — выводковые почки, служащие для быстрого вегетативного размножения: они опадают и дают начало новым растениям.

Видоизменения побегов и стеблей

Побеги и стебли могут видоизменяться, и при этом изменяется роль, которую они выполняют.

Побеги некоторых многолетних растений (трав, полукустарников, кустарничков) развиваются под землёй — это корневища. В узлах корневища так же, как и на надземных побегах, есть листья, но они мелкие, плёнчатые или чешуйчатые, буроватые и рано опадают, оставляя после себя рубцы. Корневище служит для запаса питательных веществ, а

Почка и её продольный разрез.



Корневище кислицы имеет monopodialное ветвление.



Пырей ползучий. Иллюстрация из книги О. В. Томе «Флора Германии, Австрии и Швейцарии». 1885 г. Длинные ползучие корневища пырея проникают на глубину от 5 до 15 см.



Стеблевые клубни характерны для имбиря, картофеля, топинамбура и др. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.



Луковица тюльпана.

Тюльпаны большую часть года проводят под землёй в виде луковиц.

также для вегетативного размножения и расселения растений. Оно отличается от корня анатомическим строением и отсутствием корневого чехлика, поэтому в длину нарастает верхушкой, на которой находится верхушечная почка. В узлах корневища образуются придаточные корни, а из пазушных почек — надземные побеги. В умеренном климате такие побеги у травянистых растений осенью отмирают, а у тропических трав (бамбук) живут несколько лет.

Тонкие корневища многих осок и злаков, например пырея, имеют длинные междоузлия, эти растения — длиннокорневищные. Они способны быстро заселять территорию, задерживая поверхность почвы и закреплять пески и широко используются человеком для этих целей (например, колосняк). Растения, у которых междоузлия корневищ короткие, часто толстые (ирис, первоцвет, щавель), называются короткорневищными. Как и надземные побеги, корневища могут иметь моноподиальное ветвление (вороний глаз, ирис, кислица) или симподиальное (купена, аир).

Стеблевыми клубнями называют утолщённые, мясистые части стебля,

состоящие из одного или нескольких междоузлий. Они служат для запаса питательных веществ и для вегетативного размножения; могут развиваться в почве и над её поверхностью, различаются по происхождению и окраске. Подземные клубни формируются в результате утолщения разных органов: подсемядольного колена (цикламен), длинных, быстро растущих подземных побегов — столонов (картофель), коротких подземных побегов (топинамбур), корневищ и их разветвлений (чистец болотный, мята полевая, зопник клубненосный).

Листья на подземных клубнях уменьшены и представляют собой быстро опадающие чешуйки. В их пазухах находятся почки — глазки. Если у растущего на грядке картофеля до развития клубней удалить надземные побеги, то подземные столоны начнут расти вверх и образуют зелёные облиственные побеги, что доказывает стеблевое происхождение клубней. Надземные стеблевые клубни (кольраби, эпифитные орхидеи) окрашены в зелёный цвет и способны к фотосинтезу, а подземные (картофель) — желтоватые, буроватые, фиолетовые, так как запасают крахмал и другие вещества.

У многих однодольных растений образуются луковицы и клубнелуковицы. Луковица — это надземный или подземный побег с укороченным стеблем (донцем), многочисленными сближенными сочными листьями, запасующими воду, крахмал, сахара, а также сухими чешуевидными кроющими листьями, выполняющими защитную функцию. На вершине донца располагается верхушечная почка, из неё у луков, тюльпанов, гиацинтов развивается надземный побег, а из боковой пазушной почки — новая луковица. У других растений (нарцисс, подснежник) надземный побег образуется из пазушной почки, а новая луковица — из верхушечной. Из основания донца вырастают при-





луковичные корни. В пазухах луковичных чешуй, например у чеснока, из почек могут развиваться дочерние луковички — зубки, или детки.

Обычно луковички развиваются подземно (подснежник, лилия), и некоторые формируются на корневищах (лук стареющий). Они могут образовываться и на надземных органах — в соцветиях (чеснок, дикий лук) или в пазухах листьев стеблей (некоторые лилии, зубянка) — и служат для вегетативного размножения.

Клубнелуковица внешне напоминает луковичку, но состоит из тканей стебля, листовые чешуи у неё сухие, плёчатые, питательные вещества запасаются в мясистой стеблевой части — донце. Клубнелуковицы образуются у гладиолусов, крокусов и др.

Многие луковичные растения (тюльпан, гусиный лук, пролеска), которые распространились из засушливых областей (степей, пустынь), вегетируют, цветут и плодоносят в течение недолгого тёплого и влажного сезона, а большую часть года проводят в состоянии лукович или клубней. Они относятся к эфемероидам — растениям с коротким периодом развития.

Стеблевое происхождение имеют усики у девичьего винограда, плюща и многих тыквенных, служащие для лазания. У винограда на них могут развиваться мелкие листья.

Колючки — это видоизменённые укороченные побеги, защищающие растение от поедания животными, они образуются в пазухах листьев, на них также могут образовываться листья. Их нужно отличать от шипов на стеблях розы, которые не относятся к видоизменениям стебля, а представляют собой выросты коры и эпидермы. Колючки есть у многих растений, приспособленных к засушливому и жаркому климату, таких, как дикие груша и яблоня, боярышник, гледичия, крушина слабительная, терновник.

Кладодии — это видоизменённые зелёные ассимилирующие побеги, выполняющие функцию листьев — фотосинтез, тогда как настоящие листья — это сидящие на них чешуйки. Обычно кладодии долго растут в длину, как, например, нитевидные ветви спаржи.

В условиях засушливых субтропиков и сухих тропиков побеги видоизменяются и принимают плоскую листовидную форму (у иглицы, филантуса, некоторых кактусов). Они располагаются в пазухах листьев, видоизменённых в чешуйки, а сами также несут чешуйчатые листья, в пазухах которых развиваются цветки. Такие образования называются филлокладиями, по форме и выполняемым функциям они напоминают листья, но имеют другое происхождение и морфологическое строение.

Усики тыквенных имеют стеблевое происхождение.



Ветви спаржи представляют собой видоизменённые побеги. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.



СУККУЛЕНТЫ

Стеблевыми суккулентами называют растения, стебли которых видоизменились: стали сочными, толстыми благодаря развитию водоносной паренхимы и накапливают большое количество воды (например, некоторые кактусы — более 1000 л). Так они приспособились к недостатку влаги. Суккуленты, обитающие в тропических пустынях, как правило, многолетние растения. Их стебли бывают разной формы: цилиндрической (молочай, цереус), шаровидной (маммилярия, эхинокактус) и плоской (опунция); в пустынях умеренного пояса однолетние суккуленты обычно имеют цилиндрические стебли (солерос).



1. Черешковый лист.
2. Сидячий лист.
3. Листовое влагалище злаков.
4. Расширенное влагалище листа зонтичных растений.

ЛИСТ И ЕГО ВИДОИЗМЕНЕНИЯ

Лист — боковой вегетативный орган растений, расположенный на оси побега. В листьях протекает фотосинтез: под воздействием энергии света из углекислого газа и воды образуются органические вещества. Листья испаряют (транспирируют) воду, с их помощью происходит и газообмен растения с окружающей средой.

У большинства растений лист состоит из плоской расширенной части — листовой пластинки и стеблевидного черешка, отходящего от её нижнего конца. Но бывают и цилиндрические листья, например у ситников и многих луков. А у некоторых растений черешок отходит почти от центра листовой пластинки, как у настурции; такие листья называются щитовидными.

Листовая пластинка — основная часть листа, а черешок соединяет её с узлом побега, регулирует её расположение по отношению к свету, выполняет опорную и проводящую функции. Листья с черешками называют черешковыми, если черешок не выражен — сидячими. Нижняя часть листа может быть расширенной, желобчатой или в виде трубки, охватывающей стебель, — это листовое влагалище. Оно защищает пазушные почки и молодые, долго растущие междоузлия и усиливает прочность стебля. У многих злаков влагалище покрывает всё междоузлие. В месте перехода листовой пластинки во вла-



Основные функции листа: фотосинтез, транспирация и газообмен.



Лист — это зелёная лаборатория растений.

К. А. Тимирязев

Карл Линней выделил и описал 170 типов листовых пластинок.



галище могут быть щетинки или язычок, имеющий вид плёночки, которые прикрывают влагалище от попадания в него влаги (росы, дождя), пыли и микроорганизмов.

На побеге, выросшем из зародышевой почечки семени, нижние листья представлены одной (у однодольных растений) или двумя (у большинства двудольных) семядолями. При прорастании семени семядоли большинства растений выносятся на поверхность земли, увеличиваются в размерах и зеленеют. Это первые листья молодого растеньица, они отличаются от настоящих листьев простой формой, отсутствием прилистников и меньшими размерами. У некоторых растений семядоли остаются в почве.

Различают низовые, срединные и верхушечные листья. Низовые (нижние) — это первые настоящие листья





побега, но листовая пластинка у них не развита. Они имеют форму чешуек или листовых влагалищ желтоватого либо буроватого цвета. Иногда листовые листья состоят из всего листового зачатка. Срединные (средние) листья хорошо развиты и имеют листовую пластинку. Верхушечные (верхние) листья развиваются на верхушке побега, а прицветные — в обла-

сти цветков и соцветий. Прицветные листья небольшие, имеют простую форму и иногда недоразвиты или видоизменены. К прицветным относятся также кроющие листья соцветий и цветков, которые бывают ярко окрашенными. Основную роль в питании растений играют срединные листья, а низовые и верхушечные защищают органы на ранних стадиях развития.

Анатомическое строение листа

В пластинке листа различают четыре группы тканей: покровные, основные, проводящие и механические.

Покровная ткань — кожица, или эпидерма, обеспечивает механическую защиту, препятствует излишнему испарению и предохраняет от попадания в лист паразитов. Она покрыва-

Яркие кроющие листья соцветий бугенвилеи.

Листья и стебель крапивы двудомной покрыты простыми и жгучими волосками.



ОНИ УМЕЮТ ЗАЩИЩАТЬСЯ!

Надземные части растений могут быть покрыты волосками, щетинками, чешуйками, бородавочками и другими выростами эпидермы, которые называются трихомами. У ксерофитов (засухоустойчивых растений) трихомы отражают солнечный свет, снижая нагрев листа и уменьшая испарение воды. Эпифиты, поселяющиеся на других растениях (бромелиевые), с помощью трихом листьев поглощают воду и питательные вещества. Галофиты, обитающие на засоленных почвах в пустынях (лебеда), выводят через них избыток солей. Некоторым растениям трихомы служат защитой от насекомых: по густым волоскам им трудно передвигаться, а крючковые волоски могут протыкать насекомых и их личинок. Железистые (секреторные) волоски обеспечивают растению химическую защиту. У крапивы, например, они имеют вид капиллярной трубочки с широким основанием и длинной, игловидной окремневшей верхушкой. Верхушка обламывается, протыкая кожу, и впрыскивает в ранку едкую жидкость, находящуюся в стрекательной клетке, это вызывает крапивный ожог.

Волоски различаются по форме: они бывают неразветвленные (томат), разветвленные (свербига



Волоски опушения листьев.

восточная), крючковидные (липушка обыкновенная), звёздчатые (ястребинка волосистая), паутинистые (бодяк полевой), извилистые (бодяк овощной), щетинистые (ястребинка зонтиковидная), щитовидные (маслина), древовидные (платан) и др.

В эпидерме листьев некоторых растений находятся также специализированные клетки, оболочки которых утолщены. Они придают листьям прочность. Например, такие клетки имеются в черешке листа шалфея и звёздчатки большой. В кожице листа фикуса и многих видов, относящихся к семействам крапивные, бурачниковые, тутовые и др., образуются своеобразные утолщения клеточной стенки — цистолиты. В них на целлюлозном стержне откладывается карбонат кальция. У фикуса такие образования имеют вид гроздевидного тела, у крапивы — шара и т. д.



Плотные листья монстеры покрывает кутикула — слой кутина и воска.

ет лист со всех сторон и образована слоем плотно сомкнутых, без межклетников, уплотнённых живых клеток. У наземных растений наружные стенки этих клеток сильно утолщены и покрыты кутикулой — защитным

слоем, более толстым на верхней стороне листа и состоящим из кутина (смеси жироподобных веществ) и воска. У некоторых растений кожица многослойная: под тонким верхним слоем располагаются слои крупных бесцветных водозапасающих клеток (фикус). Среди плотно сомкнутых клеток эпидермы находятся устьица, а также разнообразные выросты — трихомы и другие типы специализированных клеток.

Основная ткань — мезофилл образует мякоть листа, в которой идёт процесс фотосинтеза. Она состоит из зелёных тонкостенных клеток паренхимы. У большинства растений паренхима разделена на столбчатую — палисадную паренхиму, прилегающую к кожице верхней части

СТРОЕНИЕ И РАБОТА УСТЬИЧНОГО АППАРАТА ЛИСТА

Устьичный аппарат растения — это микроскопические отверстия в кожице листьев и стеблей, предназначенные для газообмена.

Устьице состоит из двух замыкающих клеток бобовидной формы и устьичной щели (межклетник) между ними. Замыкающие клетки отличаются от клеток кожицы не только своеобразной формой, но и тем, что содержат хлоропласты. В этих клетках идёт процесс фотосинтеза, в результате которого образуются углеводы. Устьичная щель заканчивается подустьичной, или дыхательной, полостью, соединённой с межклетниками основной паренхимы листа.

Благодаря тому что наружные стенки замыкающих клеток тонкие и эластичные, а внутренние — более толстые, устьица могут закрываться и открываться при изменении тургорного давления. Тургорным давлением (от лат. *turgor* — «набухание») называется давление внутри клетки, возникающее при наполнении её водой. Чем выше тургорное давление, тем сильнее растягиваются внешние стенки замыкающих клеток, а лишённые эластичности внутренние стенки под воздействием этого натяжения расходятся в стороны — устьичная щель расширяется.

Устьица открываются днём, когда условия подходят для жизнедеятельности растения и протекают процессы фотосинтеза, превращающие световую

Анатомическое строение листа: 1 — кутикула; 2 — эпидерма; 3 — столбчатая паренхима; 4 — губчатая паренхима; 5 — проводящий пучок; 6 — устьица.



энергию в химическую. В это время в замыкающих клетках накапливаются растворённые вещества (сахар или соли у галофитов), тургорное давление в них увеличивается и становится больше, чем в прилегающих околоустьичных клетках, которые начинают активно всасывать воду из эпидермы.

Ночью, в темноте, устьица закрываются, потому что в это время количество растворённых веществ в замыкающих клетках уменьшается, сахар переходит в крахмал, это сопровождается потерей воды, и тургорное давление падает.

В течение дня устьица могут закрываться при обезвоживании и открываться под влиянием воды и света.



ниста, и губчатую паренхиму, расположенную в его нижней части.

В длинных и узких клетках наружного слоя столбчатой ткани содержится до 80 % имеющихся в листе хлоропластов — зелёных пластид. Именно



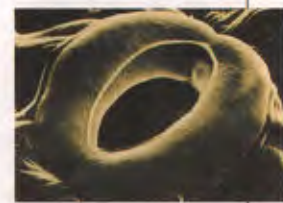
Вдоль жилок листьев располагаются механические ткани.

в них совершаются процессы первичного синтеза веществ и откладывается первичный крахмал. Расположение хлоропластов в клетках регулируется так, чтобы они не повреждались под прямыми солнечными лучами.

Губчатая ткань состоит из двух—семи слоёв округлых клеток с хорошо развитой системой межклетников. Она обеспечивает транспирацию (выделение воды в виде пара) и газообмен. Хлоропластов в клетках губчатой ткани содержится меньше, чем в столбчатой, но в них тоже происходит фотосинтез.

Механические ткани придают листу прочность, позволяют ему занимать определённое положение в пространстве. Они состоят из склеренхимы с толстостенны-

Открытые и закрытые устьица листа при большом увеличении.



Гигантская юкка, или дерево Джошуа, — вечнозелёное дерево из семейства агавовых — типично для пустынь юго-запада США. Его твёрдые короткие листья, похожие на колючки, имеют много устьиц.



большую роль в этом процессе играют ионы калия (K^+), которые запасаются в околоустьичных клетках. Когда их концентрация увеличивается, устьица открываются, а когда снижается — они закрыты.

Листья с открытыми устьицами обмениваются с окружающей средой водяным паром, кислородом и углекислым газом. Через устьица выходит тот водяной пар, который образовался в межклеточных пространствах. Хотя устьица занимают не более 1 % поверхности листа, через них испаряется до 90 % воды, а оставшиеся 10 % проходят через защитный слой листа (кутикулу).

Особенно много устьиц на листьях засухоустойчивых растений — ксерофитов (от греч. *xēros* — «сухой» и *phytón* — «растение»). В короткие влажные периоды они интенсивно поглощают водяной пар и другие газы через устьица, которые для уменьшения

испарения находятся у этих растений на нижней стороне листа, меньше нагреваемой, в углублениях, покрытых волосками (трихомами). На вытянутых листьях однодольных (злаки, осоки) устьица располагаются рядами параллельно продольной оси листа. У двудольных растений устьица бывают рассеяны беспорядочно, а иногда сосредоточены в определённых частях листовой пластинки. На листьях плавающих водных растений и живущих в густой тени устьиц мало, они встречаются только в верхней эпидерме. На погружённых в воду листьях устьица обычно отсутствуют.



Литопсисы, или «живые камни», — типичные суккуленты, они не относятся к кактусам, а являются представителями семейства мезембриантемовых. Их насчитывается более 60 видов. Видоизменённые листья литопсисов разнообразно окрашены.



Жилки листьев некоторых растений очень декоративны.



Жилкование листьев двудольных растений.

ми, сильно вытянутыми клетками и колленхимы с клетками, у которых частично утолщена оболочка. Механические ткани обычно располагаются в листе вдоль жилок или в виде отдельных тяжей.

Проводящая система представлена в листьях сосудисто-волокнистыми пучками, или жилками, которые связаны с проводящей системой стебля. Крупные жилки (их ещё называют нервами) выступают на нижней стороне листа, а мелкие густо пронизывают мезофилл. По жилкам в листья доставляются вода и минеральные соли и выводятся выработанные про-

дукты обмена — метаболиты. Жилки выполняют и механическую функцию — служат опорой для мезофилла и предохраняют листья от разрыва.

По распределению жилок в пластинке листа бывают параллельнонервные (злаки, осоки), дугонаервные (ландыш), пальчатонервные (клён), перистонервные (липа, бобовые). У сетчатонервных листьев сильно развита сеть мелких ветвящихся жилок (ива, груша, яблоня). У папоротников и гинкго жилкование дихотомическое — каждая жилка разветвляется всегда на две более тонкие.

Развитие листа

Все части листа закладываются в зоне апекса побега. Зачаток листа начинает развиваться в виде овального листового бугорка — он называется листовым примордием. Клетки растягиваются, делятся, под листовым примордием появляется тяж из первичной образовательной меристемы — прокамбия. Лист начинает быстро расти в длину, слабо увеличиваясь в толщину, и становится плоским. Зачаток листа удлиняется, в него углубляется про-

СТРОЕНИЕ ЖИЛОК

Поверхность жилок, обращённая к верхней стороне листа, сложена ксилемой — проводящей тканью, по которой движутся основные потоки растворённых в воде минеральных веществ. А обращённая к нижней его стороне сложена флоэмой — проводящей тканью, служащей для переноса органических веществ, которые синтезируются в листьях (о строении ксилемы и флоэмы см. в статье «Ткани растений»). Крупные жилки окружены слоем тонкостенных одинакового размера клеток, содержащих мало хлоропластов. Вокруг мелких жилок находятся более плотные слои клеток, похожих на клетки мезофилла, образующие обкладку проводящего пучка, которая отграничивает проводящие ткани от межклетников. Через жилки проходят все вещества, поступающие в проводящие ткани, кроме того, они укрепляют лист. Вдоль жилок листа многих растений располагаются волоски, снижающие интенсивность транспирации.

Листья нарастают в зоне апекса побега (1 — зачаточные листья; 2 — конус нарастания).





СВЕТОВЫЕ И ТЕНЕВЫЕ ЛИСТЬЯ

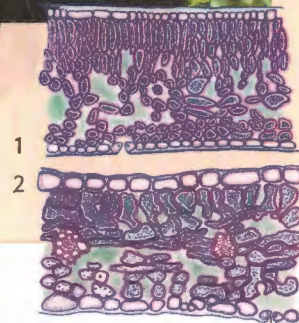
На размеры развивающихся листьев — их длину и толщину — большое влияние оказывают факторы среды, особенно свет. Листья, выросшие при сильной освещённости, называются световыми, они мелкие и более толстые в сравнении с выросшими при небольшом количестве света теневыми листьями.

Толщина световых листьев увеличивается благодаря разрастанию основной ткани, примыкающей с верхней стороны листа к его кожице, — палисадной паренхиме. Стенки клеток кожицы такого листа также более толстые, кроме того, у световых листьев удлинённая проводящая система. Световые листья развиваются в верхней части кроны деревьев и кустарников, а теневые — в нижней и внутренней частях. Встречаются они и у трав.



▲ Световой (1) и теневой (2) листья.

► Поперечный разрез светового (1) и теневого (2) листьев.



камбиальный тяж, образуя систему жилков. Она вначале формируется на верхушке листа, а затем доходит до его основания. Таким образом, лист последовательно развивается сверху вниз. В разных слоях листовой пластинки скорости деления и растяжения клеток сильно различаются, поэтому образуются межклетники и формируется структура мезофилла. Верхушечный рост листовых пластинок, в отличие от стебля, быстро прекращается, а основание листа растёт дольше, особенно у однодольных растений, имеющих длинные узкие листья (злаки, ирис).

Из верхней части зачатка листа развиваются листовая пластинка и черешок, а из нижней — прилистники — особые, обычно парные выросты. Они имеют вид плёночек, чешуек, маленьких листочков (ива), щетинок, колючек (держидерево, белая акация) или листовидную форму (горох, подмаренник). Прилистники характерны для листьев растений некоторых семейств двудольных (бобовые, розоцветные, мареновые и др.), изредка встречаются у однодольных (рдест, лягушатник и др.). У многих

деревьев прилистники (почечные чешуи) защищают листья в почке и сбрасываются при их распускании (тополь, липа, дуб, берёза, осина, яблоня, груша, черёмуха и др.). Колючие прилистники выполняют защитную функцию, в листовидных идёт фотосинтез. Сросшиеся прилистники образуют колпачок в почке у фикусов и так называемый раструб у представителей семейства гречишных.

Формы листовых пластинок

Листовые пластинки различаются по размерам, форме (всей пластинки, её основания и вершины), плотности, расчленённости, опушению, характеру поверхности и жилкованию. Лист, имеющий одну пластинку, называется простым. Обычно пластинка листа плоская, но у ксерофитных злаков она свёрнутая (ковыль, типчак).

У сложного листа на одном черешке располагается более двух обособленных пластинок (листочков на маленьких черешках или сидячих). Такие листья бывают трой-



Листовая пластинка гинкго имеет необычную форму.



Формы пластинок у простых листьев.

чатосложными (земляника, кислица), пальчатосложными (конский каштан, люпин) и перистосложными (горох, бобы, белая и жёлтая акации) — когда листочки расположены двумя рядами вдоль центральной



Листья с различными краями:

- 1 — цельнокрайний;
- 2 — пильчатый;
- 3 — зубчатый;
- 4 — городчатый;
- 5 — лопастной;
- 6 — выемчатый.

Самые длинные перистые листья у пальм из рода рафия (*Raphia*), обитающих в тропических лесах Южной Америки и Маскаренских островов: листовая пластинка длиной более 19 м, черешок — около 4 м.

На взрослом дереве дуба находится около 250 тыс. лопастных листьев.

оси, которая представляет собой разросшийся черешок.

В зависимости от глубины расчленения различают следующие листовые пластинки: цельные (берёза, вяз); лопастные (дуб, клён) — когда вырезы по краю листа достигают $1/4$ ширины пластинки; раздельные (лапчатка) — когда вырезы заходят глубже $1/4$ ширины пластинки; рассечённые (водяной лютик) — когда вырезы доходят почти до средней жилки или основания пластинки. Расположение лопастей или глубоких надрезов может быть перистое, тройчатое, пальчатое. Если у перисторассечённого листа конечная доля крупнее боковых, его называют лировидным (нижние листья сурепки, брюквы, репы), а если крупные доли чередуются с мелкими — прерывчато-перисторассечённым (картофель).

Листья с ровными краями пластинки называются цельнокрайними (сирень); если край имеет вид острых зубцов, рёбра которых примерно одинаковой длины, — зубчатыми (вяз); если у зубцов одно ребро короткое, другое длинное, как у пилы, — пильчатыми (ясотка белая); листья с острыми выемками и закруглёнными выступами по краю — городчатыми (ясотка крапчатая).

Большое разнообразие форм характерно для листьев водных растений. Многие из них имеют плавающие и погружённые листья, сильно отличающиеся по виду: подводные обычно длинные или рассечённые, а плавающие на поверхности воды — широкие (стрелолист, рдесты, водяной лютик). Когда листья у одного растения очень различны по форме, говорят о диморфизме, или разнолистности. Разнолистность встречается и у наземных растений. Например, у плюща на вегетативных побегах листья небольшие 3—5-лопастные, на цветоносных — крупные цельнокрайние.



СЛОЖНЫЕ ЛИСТЬЯ:



Самые крупные простые листья вырастают у тропической алоказии крупнокорневищной (*Alocasia macrorrhiza*, семейство аронниковых) из Восточной Малайзии: ширина — около 3 м, длина — около 1 м.

Листорасположение

У большинства растений листья отходят от узлов поодиночке, такое листорасположение именуется спиральным или очередным (берёза, дуб, липа). Супротивным или попарным называется листорасположение, при котором на узле два листа находятся напротив друг друга (сирень, пустырник, гвоздика, вероника). При мутовчатом листорасположении от узла отходят три листа и более (вороний глаз, подмаренник, элодея).

Большое влияние на размеры листьев и их расположение оказывает освещённость. У деревьев, кустарников и крупных травянистых расте-

ний разные части кроны освещены неодинаково, и потому у них формируются световые и теневые листья.

Условия освещения влияют также на образование листовой мозаики, при которой листья не затевают друг друга и более полно используют падающий на них свет. Мозаика возникает в результате изменения расположения листьев и их формы, изгибов

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛИСТЬЕВ НА ПОБЕГЕ

В 1840-х гг. немецкие ботаники А. Браун и К. Ф. Шимпер установили, что местонахождение листьев на стебле при спиральном расположении подчиняется математической закономерности, которую они выразили в виде дроби: в числителе — количество оборотов спирали между двумя листьями, находящимися друг

над другом на одной прямой, в знаменателе — число листьев на этой спирали, не считая последнего. В дальнейшем было установлено, что угол расхождения между зачатками соседних листьев немногим более 137° . Это позволяет им располагаться на стебле, не

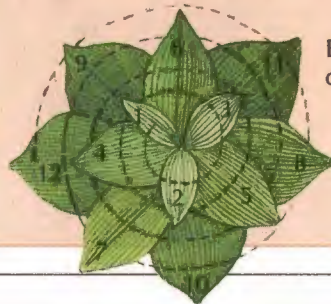


Вид растения сверху.

Листья на побеге расположены спирально для лучшего использования солнечного света.



У растения вороний глаз мутовчатое расположение листьев.





КАК ДОЛГО ЖИВУТ ЛИСТЬЯ?

У листопадных деревьев умеренного пояса, включая все лиственные породы, а из хвойных — лиственницу, листья живут только один вегетационный период, продолжающийся 4—5 месяцев. У других хвойных деревьев — ели, сосны, пихты — листья (хвоя) живут несколько лет и сменяются постепенно.

Листья вечнозелёных тропических и субтропических деревьев обычно живут 1,5—5 лет, у некоторых — до 15 лет, а их вечнозелённость объясняется тем, что старые листья опадают не все сразу, а постепенно и так же развиваются новые.



Листовая розетка алоэ остистого достигает 60 см в диаметре.



В начале осени, в период листопада, лес особенно красив.



черешков, имеющих неодинаковую длину, за счёт разных размеров и асимметрии листьев, скручивания черешков и междоузлий стебля и др. Особенно ярко выражена листовая мозаика у клёна и вяза.



Листопад

Деревья вынуждены приспосабливаться к неблагоприятным климатическим условиям. В умеренном климате это холодное время года, а в тропическом и субтропическом — жаркий и сухой сезоны. В такие периоды деревьям необходимо уменьшить испарение, и они сбрасывают листву. Это явление называют листопадом. Сначала в листьях разрушаются зелёные пластиды — хлоропласты, которые переходят в каротиноиды — жёлтые и оранжевые пигменты. Иногда клеточный сок обогащается антоцианом, придающим листьям оттенки красного, синего и фиолетового цветов. Некоторые листья краснеют (вишня, остролистный клён), некоторые желтеют (берёза, липа), а есть и такие, которые опадают зелёными (ольха).

У основания черешка листа тоже происходят структурные и химические изменения, в результате образуется зона отделения — непрочный слой из коротких клеток с тонкими оболочками. У двудольных деревьев и кустарников под зоной отделения в клеточных оболочках и межклетниках откладывается суберин — смесь жировых веществ, которые накапливаются при опробковении и образуют защитный слой. Он заметен на стебле и называется листовым рубцом.



Видоизменения и редукция листьев

Часто у лазящих растений часть листа или весь он видоизменяется в усик или прищепки. Ими растение цепляется за опору, поддерживая и укрепляя свой тонкий стебель. Верхняя часть листа превращается в усики у многих бобовых (вика, горошек, чина), а лист целиком — у чины безлисточковой, функции зелёного листа у неё выполняют крупные листовидные прилистники. Иногда в роли усика выступает черешок листа (настурция, ломонос восточный, княжик сибирский).

Сухие твёрдые иглы или колючки листового происхождения — это видоизменения окончаний жилок, выступающих на вершине листа и по его краям (падуб, бодяк, колючник, чертополох, татарник, синеголовник и др.). У барбариса листья видоизменены в иглы, собранные в пучки по 5—7 штук, которые сидят на удлинённых побегах, а в их пазухах расположены почки, и уже из них развиваются укороченные побеги с обычными листьями. Иглы предохраняют растения от поедания животными. У акаций Центральной Америки прилистники преобразованы в полые иглы. Они служат убежищем для муравьёв, которые защищают дерево от других насекомых.

Листья на корневищах, луковицах, в почках, иногда на надземных стеблях видоизменяются в чешуйки, которые могут выполнять запасную функцию (лилии, луки), либо, как чешуйки корневищ, защищают почки (жупена), либо сокращают испаряющую поверхность растения.

У многих австралийских акаций листовые пластинки не развиваются, а их черешки сильно расширяются и выполняют функцию листьев. Такие образования называются филлодиями.

Листья, так же, как стебли и корни, могут служить для запасания пита-



Конечные листочки
гороха превратились
в усики.

тельных веществ и воды. Например, в луковице питательные вещества откладываются в изменённых чешуевидных листьях, у кочанной капусты — в толстых листьях, перекрывающих друг друга, а у сельдерея и ревеня — в мясистых черешках. Растения, обитающие в пустынях или на скалах, нередко имеют суккулентные листья, которые содержат водозапасающие ткани (агава, алоэ, молодило, очиток).

Своеобразные ловчие листья плотоядных растений (росянка, венерина мухоловка, саррацения) служат для ловли и переваривания насекомых.

Многие растения пустынь и сухих степей для снижения затрат воды на испарение сокращают поверхность пластинки листьев, превращая их в маленькие редуцированные. Сильнее всего это выражено у обитателей песчаных пустынь (саксаул, эремоспартон), глинистых пустынь



Хвоя — листо-
подобные органы
голосеменных
растений.

Листья гледичии
редуцированы
в колючки.





Листья солероса превратились в маленькие чешуи в условиях пустыни.

и солончаков (биюргун, солерос, итсигек). Их листья представляют собой маленькие бугорки, чешуйки, а фотосинтезирующую функцию выполняют зелёные стебли. Такие растения называют безлистными — афильными.

С помощью листьев может проходить вегетативное размножение. На нижней поверхности листа в узлах жилок образуются придаточные корни, а затем выводковые почки. Из них развиваются новые растения, которые затем отделяются от материнского (бегония, фиалка узумбарская, каланхое, очиток). Иногда выводковые почки могут формироваться в пазухах листьев или в соцветиях вместо цветков (мятлик живородящий, гречиха живородящая).

Листья росянки покрыты красноватыми железистыми ловчими волосками-щупальцами. Они выделяют липкий секрет, к которому прилипают насекомые-жертвы. Лист заворачивается и переваривает насекомое.



ЦВЕТОК

Цветок поистине один из шедевров природы. Цветы окружают нас с рождения, многие из них прочно вошли в наш быт и стали необходимы и в радости, и в печали. Огромный мир цветов удивляет и поражает своим разнообразием и совершенством. Но, к сожалению, наши знания о растениях, на которых развиваются цветы, часто очень ограничены.

Цветок — уникальный по своей природе и выполняемым функциям генеративный орган покрытосеменных (или цветковых) растений. Он развивается из цветочной почки на конусе нарастания генеративного побега. У трав такие почки закладываются в год цветения, а у деревьев и кустарников — в предшествующий год.

Строение цветка

Цветок представляет собой укороченный побег, который приспособлен для полового размножения, имеет ограниченный рост и несёт спорофиллы — плодолистки и тычинки. Плодолистки называют ещё мегаспорофиллами, иногда — пестиками, они содержат семязачатки (мегаспорангии), которые после оплодотворения развиваются в семена.

Совокупность плодолистиков образует гинецей (от *греч.* *gynē* — «женщина» и *oikos* — «дом», «жилище») — женский орган цветка. Тычинки называют микроспорофиллами; они состоят из микроспорангия (пыльника), в котором развиваются микроспоры, или пыльца, и тычиночной нити. Совокупность тычинок — это андроцей (от *греч.* *andrós* — «мужчина» и *oikos* — «жилище»), мужской орган.

Многие цветки имеют лепестки и чашелистики, которые не участвуют в процессе оплодотворения, поэтому



их называют стерильными (от лат. *sterilis* — «бесплодный») придатками. Лепестки чаще всего ярко окрашены и образуют венчик (лат. *corolla*) цветка. Чашелистики образуют чашечку (лат. *calyx*). Венчик и чашечка вместе составляют околоцветник. Если околоцветник состоит только из венчика, то он называется простым, а когда есть и венчик, и чашечка — то двойным.

Цветок может быть верхушечным или боковым, если выходит из пазухи прицветного или кроющего листа. Часть побега между листом и цветком называется цветоносом;



У шиповника (1) венчик свободнопестичный, у наперстянки (2) — сроснолепестный.

если цветонос развит очень слабо, формируется сидячий цветок. Плодолистики, тычинки, лепестки и чашелистики составляют элементы, или части, цветка; если все они представлены в цветке, то его называют полным, а если нет хотя бы одного из этих элементов — неполным. Элементы цветка прикрепляются к верхней расширенной части цветоноса — цветоложу. Цветоложе может иметь плоскую, вогнутую, коническую и вытянутую форму.

Формы околоцветника

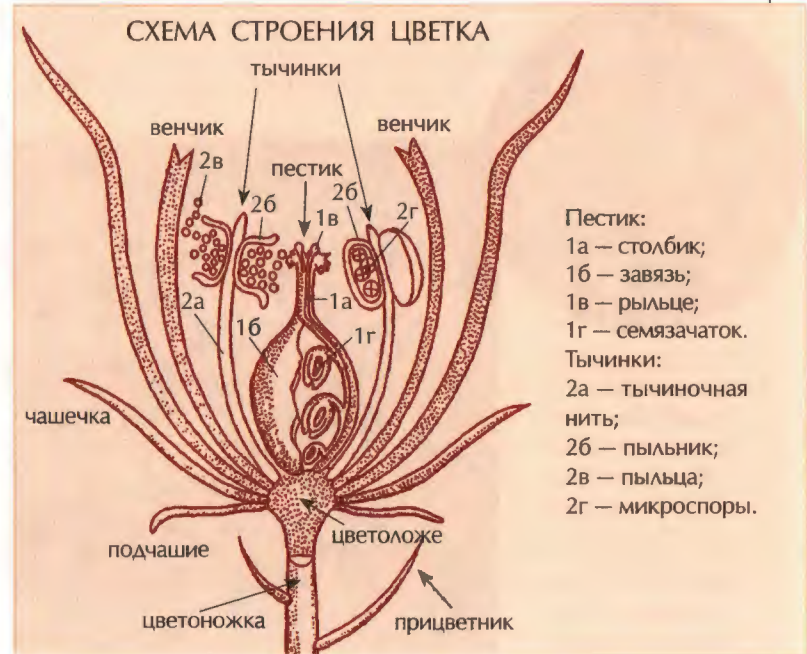
Околоцветник — это стерильная часть цветка, предохраняющая его внутренние органы от влаги, резких изменений температуры, привлекающая опылителей (насекомых, птиц, летучих мышей). У покрытосеменных растений он иногда участвует в распространении плодов.

Венчик, сложенный из ярко окрашенных или невзрачных лепестков, определяет облик цветка. Венчик с раздельными свободными лепест-

А. Босхарт.
Цветочный натюр-
морт. XVII в.



Боковой цветок
цикория и верху-
шечный цветок
нарцисса.





Яркая окраска венчиков привлекает опылителей.

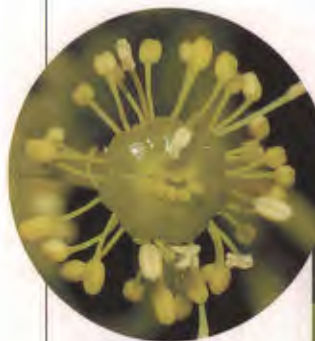
ками называют свободнолепестным (герань, гвоздика), а со сросшимися лепестками — сrostнолепестным (вероника, сирень). Его окраска зависит от преобладания одного из 60 пигментов, создающих цветовую гамму от лимонно-жёлтой до красно-фиолетовой, а также от реакции клеточного сока и содержащихся в нём пигментов — антоцианов (бетациан, фикоциан, фикоэритрин), окрашивающих цветки в разные оттенки от красного до фиолетового цветов. Окраска венчиков служит для привлечения опылителей. Яркими могут быть и прицветники — листья, сидящие в основании цветоножки: например, у жёлтых цветков марьянника дубравного прицветники фиолетовые.

Чашечка состоит из чашелистиков. Они обычно зелёные, отличающиеся по цвету и форме от листочков венчика. Чашечка может состоять из не сросшихся друг с другом чашелистиков, тогда её называют свободной (сурепка), а если чашелистики срастаются, то формируется сrostнолистная чашечка (колокольчик). Она образует наружные покровы цветка и защищает его на ранних стадиях развития, когда он ещё находится в бутоне. Иног-



да чашелистики становятся лепестковидными (калужница, ветреница) и заменяют венчик. Чашечка порой участвует в распространении плодов. Она бывает голая или же имеет волосистое опушение, как, например, у лютика многоцветкового, что служит дополнительной защитой от ночного охлаждения. Волоски чашечки могут выделять клейкое вещество, как, в частности, у смолёвки: оно защищает от насекомых. Чашечка может сохраняться при плодах (роза) или отпадает, когда цветок начинает распускаться (мак), либо после оплодотворения (крестоцветные).

Цветок называют двупокровным, если у него двойной околоцветник, в котором есть венчик и чашечка (вьюнок), и однопокровным, если в околоцветнике нет чашечки или венчика. Околоцветник может быть венчиковидный и состоять из свободных или сросшихся одинаковых ярко окрашенных лепестков (тюльпан, калужница); чашечковидный — обычно



Троходендрон — вечнозелёное реликтовое дерево, произрастающее в Юго-Восточной Азии. Его мелкие цветки лишены околоцветника, многочисленные тычинки расположены по спирали.





ТИПЫ ЦВЕТКОВ

Для того чтобы легче было разобраться в огромном разнообразии цветков, их объединяют в типы, используя разные критерии. Например, цветки группируют, сравнивая их по наличию основных элементов. Те, у которых имеются плодолистики и тычинки, называют совершенными (обоеполыми) цветками, а при отсутствии одного из этих важных элементов — несовершенными (однополыми), женскими или мужскими. Цветки с плодолистиками называют пестичными или женскими, а содержащие тычинки — тычиночными



Цветки крапивы (1) — двудомные (у одной особи развиваются либо тычиночные, либо пестичные цветки). У огурца (2) цветки однодомные (у одной особи развиваются и пестичные, и тычиночные цветки).

или мужскими. Цветки, не имеющие ни тычинок, ни пестиков, являются стерильными, или бесплодными (таковы краевые цветки в соцветиях калины, нивяника, василька). В соответствии с этим растения, у которых на одной особи присутствуют и женские (пестичные), и мужские (тычиночные) цветки, именуют однодомными (дуб, лещина, осоки, кукуруза, огурец); если у одной особи развиваются только пестичные



Форма цветка: 1 — правильный, или актиноморфный (осей симметрии много); 2 — неправильный, или зигоморфный (ось симметрии одна).

У астры (1) краевые цветки соцветия стерильные, без тычинок и пестиков. У иван-чая (2) из семейства кипрейных цветки надпестичные, у них околоцветник прикреплён к верхушке завязи.



или только тычиночные цветки, растения называют двудомными (тополь, осина, ива, крапива). Растения, у которых на одном экземпляре развиваются обоеполые и однополые цветки, называют полигамными (от греч. polys — «много» и gamos — «брак»).

Типы цветков выделяют и по другим признакам. Во-первых, по числу частей околоцветника, которое обычно бывает кратно 2, 3 и 5. В зависимости от этого различают цветки двухчленные (колуница, или двулепестник), трёхчленные — у них число лепестков кратно 3 (тюльпан, лилия, ландыш), четырёхчленные (крестоцветные) и пятичленные (розоцветные, гвоздичные). Во-вторых, по различиям в расположении околоцветника по отношению к завязи. Околопестичными именуют такие, у которых основания всех частей цветка срастаются с завязью, образуя чашевидное расширение, или гипантий (розоцветные). Надпестичные — это цветки, у которых околоцветник прикреплен к верхушке завязи (зонтичные, кипрейные); подпестичные — те, у которых все части цветка прикреплены ниже завязи. И, наконец, по симметрии. Цветок считают правильным (актиноморфным), если через него можно провести несколько осей симметрии, разделяющих его на равные половины (герань, нарцисс). Если же через цветок можно провести только одну ось симметрии, то он неправильный, или зигоморфный (горох, шалфей, настурция, анютины глазки). Асимметричным называют цветок, через который невозможно провести ни одну ось симметрии (канны).



Когда начинает распускаться цветок мака, его чашечка отпадает.

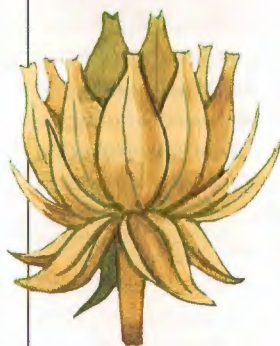


Размеры раскрывшихся цветков в диаметре у разных растений могут быть от 1 мм до 1 м. Диаметр самого крупного цветка — раффлезии Арнольда (*Rafflesia arnoldii*) составляет 1 м, а его вес — более 6 кг.



Различные формы гинецея.

Гинецей — совокупность плодолистиков цветка, апокарпный гинецей состоит из свободных плодолистиков.



из неярких, зелёных чашелистиков (крапива, свёкла, щавель); чешуевидный — из плёночек (злаки); в некоторых группах ветроопыляемых растений венчик может отсутствовать, и тогда цветки беспокровные (ива, берёза, ольха, орешник, белокрыльник).

Главными органами цветка являются плодолистики и тычинки, которые участвуют в опылении, оплодотворении и образовании семян. Совокупность плодолистиков, или мегаспорофиллов, в цветке образует гинецей. Плодолистиков может быть много (лютик, земляника, малина, ежевика) или один (вишня, виды бобовых). Они могут быть свободными, не сросшимися, тогда их называют пестиками, а гинецей — апокарпным. Он характерен для более древних и примитивных растений (семейств магнолиевые, лютиковые). У более высокоорганизованных растений плодолистики обычно срастаются, образуя ценокарпный (сросшийся) гинецей.

В нижней части плодолистика находится завязь, содержащая одну или более семян — мегаспорангиев, окружённых одним или двумя покровами — интегументами. При развитии мегаспоры происходит образование восьмиядерного зародышевого мешка (сильно уменьшенного женского гаметофита).

В верхней части плодолистика находится рыльце, улавливающее пыльцу и покрытое для этого клейкими выделениями, волосками, ячейками. Завязь и рыльце соединяются столбиком. Столбик может быть один (семейство липовых), или их бывает несколько: два (мыльнянка), три (семейство гвоздичных — смолёвка, звездчатка), четыре (семейство гвоздичных — мшанка лежачая), пять (семейство гвоздичных — дрёма, горицвет). Если столбик отсутствует, как, например, у мака, то рыльце называют сидячим.

Типы завязей

Завязь защищает семяпочки от внешних неблагоприятных воздействий (колебаний температуры и влажности, поедания насекомыми). Полость завязи разделена на гнезда и по числу гнезд может быть одно-, двух-, трёх-гнездной и т. д. В гнездах у разных растений находится от одной до



На разрезе цветка гвоздики видна его нижняя завязь.



нескольких тысяч семян, которые развиваются в семена только после того, как пыльца попадёт на рыльце пестика этого же вида растения и произойдёт опыление и оплодотворение.

У примитивных видов растений (мagnolиевые, некоторые лютиковые — адонис и др.) все элементы цветка располагаются спирально на более-менее удлинённом цветоносе. В цветке большинства покрытосеменных элементы могут быть расположены в виде колец (мутовок), поэтому цветки называют круговыми или циклическими: например, может быть два круга околоцветника, три круга тычинок или все элементы образуют по одному кругу (круг околоцветника, круг тычинок, гинецей один в центре цветка). Наиболее часто встречаются цветки, состоящие из пяти элементов — пяти кругов (пятикруговые) и четырёх элементов — четырёх кругов (четырёхкруговые). У некоторых растений тычиночные нити могут слипаться или прирастать к околоцветнику (семейство сложноцветных, семейство бурачниковых). Элементы околоцветника и тычинок могут прикрепляться под завязью, и тогда завязь называют верхней, а когда они прикрепляются выше завязи, её называют нижней.

Для классификации покрытосеменных растений важно расположение семян в завязи. Если семян много, они могут прикрепляться к стенке завязи — формируется постенное расположение; если семяпочки прикрепляются к центральной колонке завязи, разделённой на гнезда по числу плодolistиков, то расположение осевое; если к центральной колонке, не имеющей перегородок, — свободное центральное. Когда семяпочка одна, она занимает базальное расположение — находится в основании одногнездной завязи.



У цветков жимолости завязь верхняя.

Положение завязи в цветке.

Андроцей

Мужской орган цветка — андроцей может состоять и из одной, и из нескольких сотен тычинок, как, например, у мимозовых (акация) и миртовых (эвкалипт), но у большинства растений число их ограничено и характерно для семейств и родов (например, две — берёзовые; три — ирисовые, осоковые, злаковые; четыре — крестоцветные; пять — зонтичные, паслёновые; шесть — лилейные; десять — бобовые, вересковые, гераниевые), и у каждого вида этих семейств число тычинок постоянное. Тычинки состоят из тычиночной нити и пыльника. Они могут быть свободные, или все тычинки либо их группы могут срастаться нитями, образуя султан (семейство мальвовые), или боками пыльников, образуя трубку из слипающихся пыльников (семейство колокольчиковые).

Каждый пыльник разделён на две половинки, соединённые связником,



Верхняя завязь, цветок подпестичный.



Средняя завязь, цветок околопестичный.



Нижняя завязь, цветок надпестичный.



и содержит четыре пыльцевых мешка — микроспорангия. Периферические клетки стенки микроспорангия остаются стерильными. Клетки внутреннего слоя микроспорангия (тапетум) содержат ферменты, гормоны и питательные вещества, необходимые в процессе образования спор, особенно их наружной оболочки — экзины. В микроспорангиях в результате мейоза образуются тетрады (четвёрки) гаплоидных микроспор (n), которые легко распадаются на отдельные споры (монады) под действием специального фермента коллазы.

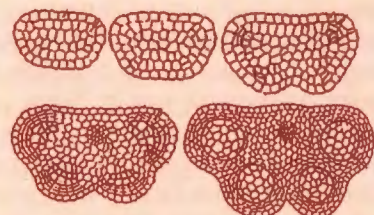
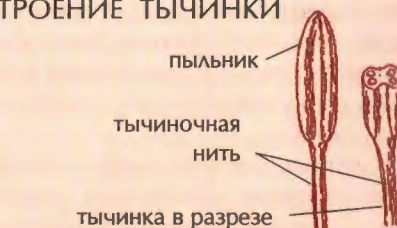
Оболочка микроспоры состоит из внешнего слоя — экзины и внутреннего — интины, которая пронизана порами — аперттурами; продольно вытянутые аперттуры, служащие для выхода пыльцевой трубки, называются бороздами. После созревания микроспоры внутри неё происходит деление ядра, и наступает двухклеточная или трёхклеточная стадия развития мужского гаметофита,

Интина — внутренняя оболочка пыльца, состоящая из целлюлозы и пектиновых веществ, — легко разрушается; а экзина (внешняя оболочка) состоит из очень стойкого вещества спорополленина, которое не растворяется в кислотах и щелочах и может выдержать температуру около 300 °C.

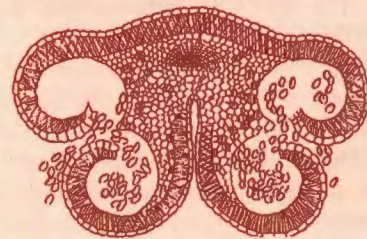
Тычинки тюльпана с созревающей пылью.



СТРОЕНИЕ ТЫЧИНКИ



стадии созревания пыльника



созревший и раскрывшийся пыльник

которая называется образованием пыльца. Когда пыльца созревает, стенки пыльника лопаются, пыльца высыпается из микроспорангия и переносится различными способами на рыльца пестиков других цветков.

Оболочка пыльца состоит из двух слоёв, поэтому она сохраняется долгое время, даже погребённая в толщу рыхлых отложений горных пород. В палеоботанике ископаемая пыльца служит для определения обитавших в прежние геологические эпохи видов растений и реконструкции растительных сообществ, т. е. помогает восстановить картину растительного покрова и природных условий того времени.

Микроспоры семенных растений различаются по форме, а также по расположению, форме и числу пор. У некоторых видов пыльца, переносимая ветром, имеет воздушные



лишки за счёт образования полостей между экзиной и интиной. У растений, опыляемых насекомыми, часто на поверхности пыльцы образуются пыльцевой клей, что позволяет пыльцевым зёрнам склеиваться и прикрепляться к опылителям.

Цветение и опыление

Цветение — важнейший процесс в жизни растений, требующий расхода большого количества питатель-

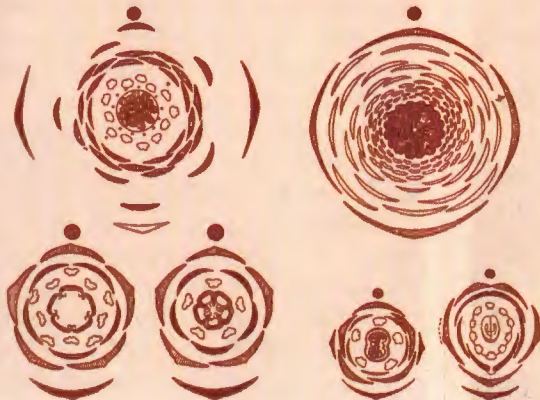


Размеры пылинки (микроспор) изменяются у разных видов растений от 0,008 мм у фикуса (*Ficus elastica*) до 0,2 мм, видимых простым глазом, у тыквы, хатмы (*Lavathera*) и др.



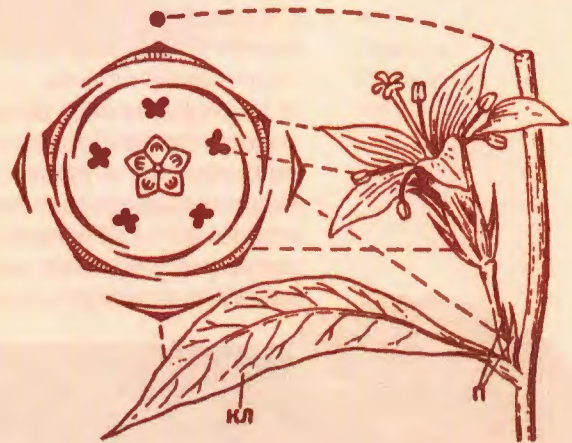
ФОРМУЛА И ДИАГРАММА ЦВЕТКА

План строения цветка показывают с помощью формулы цветка и диаграммы. В формуле элементы цветка обозначают первыми буквами их латинских названий: К — чашечка, С — венчик, Р — простой околоцветник, А — андроцей, G — гинецей. Число частей каждого элемента приводится в цифрах: например, если в формуле стоит C_5 , это означает, что венчик состоит из пяти лепестков. Если частей элемента много, их показывают значком бесконечности, а при отсутствии в цветке какого-либо элемента рядом с обозначающей его буквой стоит ноль. Скобками показывают, что части элемента сросшиеся: например, $K_{(5)}$ означает, что чашечка состоит из пяти сросшихся чашелистиков. Расположение элементов двумя кругами обозначают знаком плюс. Так, если тычинки расположены двумя кругами, причём в первом круге две тычинки, а во втором четыре, то в формуле будет стоять A_{2+4} .



Диаграммы различных цветков.

Схематическое изображение построения диаграммы цветка.



Верхнюю завязь показывают чёрточкой под цифрой, обозначающей число частей гинецея (плодолистиков), например $G_{(2)}$, а нижнюю завязь — чёрточкой над цифрой, например $G_{(2)}$. Правильные (актиноморфные) цветки обозначают звёздочкой *, а неправильные (зигоморфные) цветки — стрелкой или вертикальной чёрточкой с двумя точками по бокам — .I. Кроме того, специальными значками отмечают однополые тычиночные цветки, однополые пестичные цветки, а также обоеполые цветки, в которых есть и тычинки, и пестики.

Формулы цветков:

Сурепка — $*K_{2+2}, C_4, A_{2+4}, G_{(2)}$

Лилия — $P_{3+3}, A_{3+3}, G_{(3)}$

Расположение элементов цветка показывают условными знаками на диаграмме. Чтобы составить диаграмму цветка, нужно зарисовать поперечный разрез его нераскрывшейся цветочной почки.



ных веществ и энергии. Сроки и продолжительность цветения являются наследственно закреплёнными признаками отдельных видов. У большинства растений оно происходит в наиболее благоприятный по сочетанию тепла и влаги короткий период года. Однолетние и двулетние травы обычно зацветают через 20—30 дней после прорастания семян, т. е. в середине вегетационного периода, многолетние растения — на втором или третьем году жизни либо намного позже — через десятки лет (многие древесные растения). У некоторых растений влажных тропиков цветение продолжается непрерывно в течение всей жизни после наступления зрелости (кокосовая пальма, дерево какао). У пуйи Раймонда (*Puya raimondii*) из семейства бромелиевых, растущей высоко в горах тропической Боливии, крупное соцветие появляется на 80—150-м году жизни. После цветения растение погибает (оно является монокарпиком).



Соцветие пуйи Раймонда, растущей в Боливии, состоит из 8 тыс. белых цветков, имеет высоту 10,7 м, диаметр — 2,4 м. Цветки опыляются птицами и летучими мышами.



Яблоня — поликарпик, она цветёт каждый год, а плодоносит один раз в два года.



Монокарпиками называют растения, цветущие и плодоносящие один раз в своей жизни. К ним относят однолетние (пшеница, рожь, лён, ромашка непахучая и др.) и двулетние растения (морковь, свёкла, капуста и др.), а также некоторые многолетние растения южной части умеренного пояса (ферулы) и тропиков (некоторые пальмы, бамбуки, агавы). Многолетние растения, цветущие и плодоносящие неоднократно на протяжении своей жизни, называют поликарпиками.

Гормоны растений ауксины регулируют их общее развитие: высоту, формирование и рост органов, реакцию растения на свет, силу тяжести. Прорастание семян, высоту и начало цветения у короткодневных растений контролирует гормон гиббереллин, а у длиннодневных растений —



интезин; гормоны передаются по флоэме к верхушке стебля от листьев к бутонам. Растения короткого дня зацветают при длительности дня 14 часов. Цветение растений длинного дня (капуста, шпинат, сельдерей) в наших широтах начинается после увеличения продолжительности дня до 14 часов.

Начало цветения ускоряется наличием сильного прямого солнечного света, сухого воздуха, сухой почвы, накоплением в растениях углеводов, главным образом сахаров. У травянистых однолетних и двулетних растений рост и цветение ускоряются воздействием холода во время прорастивания семян — яровизации. Для этого семена выдерживают при температуре воздуха около 1 °С. Затем для получения фотопериодического сигнала семенам создают условия продолжительного освещения — длинного дня. Такой метод используют в растениеводстве при выращивании однолетних озимых культур, которые высевают поздней осенью, а зацветут они летом следующего года (озимая рожь). Воздействие холода можно заменить обработкой семян гиббереллинами, получаемыми из гиббереллиновой кислоты, вырабатываемой микроскопическими грибами.



▲ Орхидея
Cattleya Skinneri.

◀ Орхидея
*Cypripedium
venustum*.

Деревья зацветают быстрее, если они развиваются из пнёвой или корневой поросли либо из черенков, взятых от взрослых деревьев, а также если им привиты почки или побеги от взрослых деревьев. Также раньше начинают цвести отдельно стоящие деревья.

Цветение замедляется при обильном внесении азотного удобрения, вызывающего интенсивный рост вегетативных органов. Цветения может не быть при наличии в почве, воде или воздухе химических веществ, подавляющих активность ферментов, — ингибиторов, которыми могут выступать реагенты, загрязняющие окружающую среду (выбросы химических предприятий, транспорта и др.).

У разных видов продолжительность жизни цветков сильно различается. Самое кратковременное цветение — всего 20—30 минут — характерно для амазонской кувшинки (*Nymphaea amazonica*), а наиболее продолжительное — 70 — 80 дней — для тропических орхидей, если у них не произошло опыление. Дольше держатся цветки растений, приносящих в год один или немного

◀ Развитие у деревьев цветков, а затем и плодов непосредственно на стволе и толстых ветвях называется каулифлория (от греч. *kaulos* — «стебель», «ствол» и лат. *flos* (*floris*) — «цветок»). Цветки на стволе фикуса.



Зонтичные —
энтомофильные
растения, опыляе-
мые насекомыми.

цветков, чем те, у которых цветков много. У некоторых растений раскрывшиеся цветки уже не закрываются (лилия, анютины глазки), у других открываются и закрываются со сменой дня и ночи (кубышка, тюльпаны). После опыления все цветки увядают.

По способу опыления растения разделяют на две большие группы — анемофильные и энтомофильные. Для успешного опыления очень важно, чтобы пыльца была сухой, не разбухшей от влаги.

Если пыльца попадает на рыльце пестика этого же цветка или цветка этой же особи, опыление называют автогамным (самоопылением). Оно может встречаться у однолетних растений (пастушья сумка, клевер шершавый, герань нежная). Крайняя форма автогамии — клейстогамия, когда опыление идет в закрытых, нераспускающихся цветках, похожих на бутоны (фиалка удивитель-

ная, кислица). Эти растения образуют не только закрытые цветки, но и бесплодные открыто цветущие. Факультативной (не постоянной) клейстогамии бывает у злаков, в том числе хлебных, водных и болотных растений (вахта трёхлистная, частуха подорожниковая, роснянка, вербейник обыкновенный). Клейстогамии обычно наблюдается при неблагоприятных экологических факторах (высокой или низкой температуре, обилии осадков).

Перекрыстным опылением называют перенос пыльцы от одного цветка на рыльце пестика другого цветка разных особей в пределах популяций одного вида. При таком опылении образуется больше семян, которые отличаются лучшей всхожестью и дают более сильное потомство. Поэтому существует множество поразительных приспособлений, предохраняющих цветки от самоопыления.

Двойное оплодотворение — важная особенность размножения покрытосеменных растений. В результате опыления и оплодотворения формируется семя, в котором развивается зародыш и эндосперм с запасом питательных веществ.

После попадания пыльцы на рыльце пестика пыльцевое зерно прорастает, пыльцевая трубка разбухает и выходит из борозды или поры пыльцы. Обычно пыльцевая трубка проникает в семяпочку, или мегаспорангий, через пыльцевход (микропиле). По пыльцевой трубке в женский гаметофит перемещаются генеративные клетки — два спермия (n). Один из двух спермиев сливается с яйцеклеткой, и в результате оплодотворения развивается диплоидная зигота ($2n$). Другой спермий сливается с центральным диплоидным ядром зародышевого мешка, что приводит к образованию триплоидного ($3n$) ядра, из которого формируется питательная ткань — эндосперм.



Анемофильные (от греч. *anemos* — «ветер» и *filos* — «друг») растения опыляются с помощью ветра, энтомофильные (от греч. *entomos* — «насекомое» и *filos* — «друг») — с помощью насекомых, орнитофильные (от греч. *ornis* — «птица» и *filos* — «друг») — с помощью птиц.
Гидрофильные (от греч. *hydro* — «вода» и *filos* — «друг») растения опыляются с помощью воды.

У подорожника рыльца созревают раньше пыльников, таким образом самоопыление в его обоеполых цветках исключено. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.





ОПЫЛЕНИЕ ЖИВОТНЫМИ

Большинство растений с обоеполыми цветками опыляется животными. Для прикрепления к телу животных на пыльце образуется пыльцевой клей. Зависимость растений от опылителей очень велика: например, распространение бобовых часто связано с наличием опыляющих их шмелей. Опылителей привлекает окраска цветков, а если они собраны в соцветия, эту роль выполняют более крупные краевые бесплодные цветки (ромашка, василёк, маргаритка, калина). Иногда окрашен не только околоцветник, но и крою-



щие листья соцветия (иван-да-марья) или листочки обёртки, как у растений семейства сложноцветных (кошачья лапка, цмин).

Особенно большое значение имеет опыление животными (птицами, летучими мышами, бабочками, муравьями) в тропических дождевых лесах с густой листвой. Здесь многие растения (какао, пушечное дерево, фикусы) развивают цветки на стволах (это явление называется «каулифлория») и опыляются муравьями.

Наперстянка опыляется насекомыми.

Насекомыми окраска цветков воспринимается как сообщение о том, на какой глубине находятся нектарники, выделяющие нектар, — сладкий сок. Белая, жёлтая, зелено-жёлтая окраска цветков свидетельствует о близком к поверхности расположении нектарников (крушина, бузина, подмаренники, клёны, многие зонтичные), и опылителями служат мухи и жучки, у которых короткий хоботок. Когда нектарники скрыты глубоко, окраска цветков голубая, синяя, фиолетовая, пурпурная (семейства губоцветные, норичниковые, бобовые), и опылители — пчёлы, шмели и осы. Если

нектар находится совсем глубоко — в шпорцах, у основания тычиночных нитей, на дне спайнолистного венчика, — цветком опыляют бабочки с длинным хоботком. Дневные бабочки выбирают оранжевые и красные цветки (сморчок, горчица кукушкина, гвоздика пышная), а ночные бабочки — белые, светло-розовые и светло-жёлтые (любка двулистная, каприфоль, смолёвка). Для опылителей важен также аромат цветков (липа, лилии) и обильная пыльца (мак, шиповник).

Нектарниками называют желёзки, выделяющие нектар. Эту роль способны выполнять разные органы расте-



Растения опыляют не только насекомые, а также летучие мыши.

ПЕРЕКРЁСТНОЕ ОПЫЛЕНИЕ

В процессе эволюции цветковые растения выработали множество своеобразных и сложных приспособлений для перекрёстного опыления. Наиболее надёжное — двудомность, так как самоопыление невозможно у растений с однополыми цветками. У растений с обоеполыми цветками андроцей и гинецей устроены так, чтобы пестик и тычинки имели разную длину или созревали в разное время. Например, у лилии пестик длиннее тычинок и рыльце загнуто вверх; у примулы имеются два типа цветков — с более длинным, чем тычинки, пестиком и с более коротким,



а опыление происходит только при перенесении пыльцы из одного типа цветка на другой. Неодновременное созревание тычинок и пестиков (дихогамия) встречается у растений из многих семейств. У крестоцветных, розовых, жимолостных рыльца в цветках созревают раньше; у зонтичных, сложноцветных, колокольчиковых, гвоздичных, губоцветных и других раньше созревают пыльники. Также выработались механизмы, исключающие случайное самоопыление: оно не произойдёт из-за несовместимости пыльцы, которая не прорастает на рыльце пестика своего цветка.

Тимофеевка — перекрёстноопыляемое растение.



Питаясь нектаром, бабочки опыляют цветки.



Соцветие шалфея опыляется только насекомыми.

ний. Нектарники могут располагаться у основания лепестков (лютик, зимовник) либо на дне специальных отростков, образующихся на лепестках или чашелистиках — шпорцах (борец, водосбор, настурция). Они окаймляют кольцом завязь (семейства губоцветных, бурачниковых, норичниковых), окружают столбик (семейства зонтичных, цитрусовых). Нектар защищён

от нежелательных посетителей цветка: например, у медуницы мягчайшей трубка венчика такая глубокая, что нектар доступен только для длинных хоботков шмелей. Нектар могут выделять чашелистики на небольшом участке на внутренней или внешней стороне. Тычинки иногда теряют способность развивать пыльцу и становятся бесплодными тычинками — стаминодиями, которые в качестве нектарников выделяют сладкую жидкость (купальница, смолка, горицвет) или превращаются в дополнительные лепестки (гвоздика пышная, канны) для привлечения опылителей.

У многих цветков имеются приспособления для прикрепления пыльцы к телу опылителя. Например, у шалфея тычинки так изогнуты, что насекомое (пчела, шмель), пробирающееся в глубь цветка за нектаром, обязательно наступает на тычинку, и тогда пыльник ударяет по его телу, осыпая пыльцой. Затем, перебравшись на другой цветок, насекомое задевает рыльце его пестика своей спинкой, усыпанной пыльцой, и опыляет его. Некоторые цветки имитируют самок насекомых и этим привлекают самцов (виды семейства орхидные: офрис оводоносный, офрис шмелецветковый, офрис пауковидный).



Чтобы собрать 1 кг мёда с красного клевера, пчела должна посетить 6 млн его цветков.



Крохотные птички колибри тоже опыляют цветки.





Животных могут привлекать также воск и смола, выделяемые растениями (их используют при постройке сот и гнёзд), или съедобные ткани цветков (коровяк, орхидеи).

Пыльца может переноситься ветром. Цветки анемофильных растений маленькие, с чешуевидным околоцветником или совсем без него (дуб, берёза, осина, лещина, злаки). Их обильная мелкая и лёгкая пыльца попадает на рыльца пестиков, большая часть пыльцы не участвует в опылении, а оседает, образуя плёнку на листьях, почве, воде.

Достаточно редко растения опыляются с помощью воды, этот способ носит название «гидрофилия». Обычно эти растения и их цветки целиком погружены в воду. Их пыльца переносится водой и имеет нитевидную форму, а её удельный вес равен удельному весу воды, поэтому пылинки не всплывают на поверхность (роголистник, взморник, или морская трава).

Соцветия

Соцветиями называют группы цветков на специально приспособленных побегах, на которых могут также развиваться кроющие листья и прицветники.

Офрис насекомоносный выделяет летучие вещества, идентичные половым феромонам насекомых, привлекающая их для опыления.

АРОННИК, ОПЫЛЯЕМЫЙ МУХАМИ

Иногда насекомые посещают цветки, чтобы отложить свои яйца. Аронник пятнистый (*Arum maculatum*), растущий в травяном ярусе широколиственных лесов Европы, приспособился к перекрёстному опылению мухами — падальными, мясными и навозными. Его соцветие — початок с кроющим листом (покрывалом) издаёт запах гниющего мяса и, кроме того, повышает свою температуру. Покрывало соцветия окрашено в привлекательный для опылителей грязновато-красный цвет с лиловыми пятнами, напоминающий цвет разлагающегося мяса. Мухи, взбудораженные соблазнительным ароматом и окраской, попадают в подготовленную для них ловушку. Они садятся на покрывало в надежде отложить яйца и по его скользкой поверхности, покрытой специальными сосочками, сползают в нижнюю часть соцветия, где расположены женские цветки, а выход прикрывают ветвистые волоски — видоизменённые стерильные цветки. Мухи ползают среди женских цветков, опыляя их пыльцой, прикрепившейся к телу в других соцветиях аронника.

Удивительно то, что цветки позаботились о своих временных пленниках и, чтобы мухи не погибли во время плена, припасли для них пищу — сладковатую жидкость, которую выделяют специальные волоски на рыльцах женских цветков. После опыления, примерно через сутки, рыльца пестиков подсыхают, покрывало теряет тургор и пленницы освобождаются, но по пути к выходу им необходимо проползти через зону пылящих тычинок, обильно осыпающих их пыльцой.



Схема опыления мухой аронника пятнистого.



У тюльпана единственный конечный цветок, а у колокольчика цветки собраны в соцветие.

У лотоса, мака, тюльпана и других растений цветки располагаются по одному на побеге, такие цветки называют конечными или терминальными. В процессе эволюции возникли группы растений, у которых мелкие цветки собраны в соцветия, где они занимают строго определённое положение и порой выполняют разные функции. Растения тратят на соцветия не меньше пластического материала, чем на отдельные цветки, но эффективность опыления повышается во много раз, ведь соцветия издали хорошо заметны для опылителей и их могут одновременно посещать много насекомых. При этом насекомые посещают больше цветков за единицу времени. У ветроопыляемых растений, например у злаков, с раскачивающихся поникающих соцветий пыльца осыпается быстрее, чем с неподвижных прямостоячих соцветий других растений.

Соцветия, у которых верхушка главной оси заканчивается цветком,

раскрывающимся первым (остальные цветки развиваются на боковых осях и раскрываются позже), называют верхоцветными или закрытыми (семейства гвоздичные, гераниевые, мареновые и др.). Соцветия, у которых цветки формируются на боковых осях, называют бокоцветными или открытыми (семейства крестоцветные, кипрейные, норичниковые). Ножка соцветия, как и одиночного цветка, называется цветоносом, а ножка каждого цветка в соцветии — цветоножкой. Цветки в соцветиях сидят в пазухах кроющих листьев — уменьшенных вегетативных листьев, образуя облиственное соцветие, либо в пазухах прицветников, или брактеей, — маленьких, упрощённых листьев. В некоторых соцветиях листья и прицветники отсутствуют (семейство крестоцветные). Иногда кроющие листья всего соцветия (белокрыльник болотный, монстера) или лепестковидные прицветники ярко окрашены (молочай, или пуансеттия кра-

ТИПЫ СОЦВЕТИЙ

Соцветия можно разделить на две группы: ботрические и цимозные. Ботрическими называют соцветия с моноподиальным ветвлением, цветки которых распускаются от основания к верхушке или от периферии к центру. Простые ботрические соцветия: 1 — кисть, 2 — щиток, 3 — колос, 4 — сережка, 5 — початок, 6 — зонтик, 7 — головка, 8 — корзинка. В цимозных соцветиях с симподиальным ветвлением верхушечный цветок распускается первым. Простые цимозные соцветия: 9 — плейохазий, 10 — дихазий, 11 — монохазий. Сложные соцветия состоят из комбинации нескольких простых. Сложные ботрические соцветия: 12 — сложная кисть, 13 — сложный зонтик, 14 — сложный колос. Сложные цимозные соцветия: 15 — сложный плейохазий, 16 — сложный дихазий, 17 — сложный монохазий. Разнородные ботрические и цимозные соцветия: 18 — метёлка из колосков, 19 — головка из корзиночек, 20 — плейохазий из дихазиев, 21 — дихазий из монохазиев, 22 — плейохазий из корзиночек, 23 — дихазий из кистей, 24 — зонтик из монохазиев.





нейшая, кизил головчатый). Число цветков в соцветиях у разных видов может быть от двух-трёх до нескольких тысяч (агавы, пальмы и др.).

Соцветие имеет главную ось и боковые, которые могут разветвляться. В простых соцветиях боковые оси не ветвятся, и цветки прикрепляются к главной оси. Сложные соцветия состоят из нескольких простых соцветий, имеют разветвлённые боковые оси, которые несут цветки или простые соцветия.

Покоцветные (открытые) соцветия с моноподиальным ветвлением

Главная ось этой группы соцветий может расти долго и цветком не заканчивается, поэтому в соцветии первыми закладываются и раскрываются



Соцветие окопника лекарственного — завиток.

ваются нижние цветки, расположенные на боковых осях.

Простые соцветия

Кисть — на удлинённой главной оси расположены кроющие листья, а в их пазухах на цветоножках — отдельные цветки (черёмуха, ландыш, белая акация, люпин).

В соцветии агавы может быть несколько тысяч цветков.



ПРИМЕРЫ БОТРИЧЕСКИХ СОЦВЕТИЙ

- 1 — головка (клевер); 2 — кисть (ландыш); 3 — зонтик (примула);
4 — щиток (груша); 5 — сложный зонтик (морковь);
6 — извилина (незабудка); 7 — початок (белокрыльник);
8 — корзинка (ромашка); 9 — колос (любка).



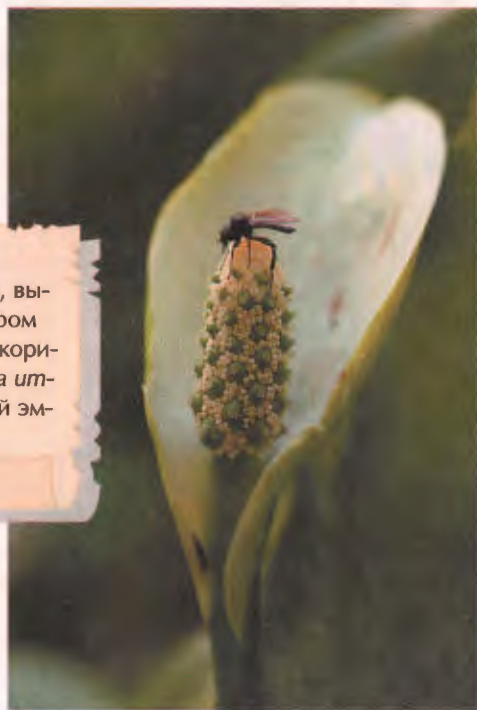


У берёзы соцветия — сложные серёжки. На фотографии серёжки с мужскими цветками.



Самое крупное соцветие, высотой до 14 м и диаметром 12 м, у «пальмы тени» — корифы зонтоносной (*Corypha umbraculifera*), национальной эмблемы Шри-Ланки.

Соцветия каллы (белокрыльника) — початок.



Щиток (укороченная кисть) — на оси соцветия поочерёдно сидят кроющие листья, а в их пазухах располагаются цветки на цветоножках разной длины: у нижних цветков длиннее, чем у верхних, поэтому цветки находятся примерно на одной высоте (яблоня, груша, боярышник).

Колос — на удлинённой главной оси поочерёдно расположены кроющие листья, а в их пазухах — по одному сидячему цветку без цветоножек (подорожник, любка двулистная, ятрышник крапчатый).

Серёжка (разновидность колоса) — на поникшей главной оси расположены сидячие цветки (смородина). Обычно после цветения или созревания плодов серёжки опадают.

Початок — колос, у которого главная ось разросшаяся, мясистая (кукуруза, белокрыльник, аронник). Лист особой формы, сидящий у основания соцветия, называют покрывалом или чехлом.

Зонтик — цветки сидят на укороченной главной оси и на боковых

Соцветие декоративного лука — шар.



осях, выходящих из одной точки, и располагаются примерно на одной высоте (первоцвет, лук, сусак).

Головка — главная ось утолщённая и укороченная, а в пазухах кроющих листьев тесно скучены сидячие цветки (клевер луговой) или цветки на очень коротких цветоножках (клевер ползучий).

Корзинка — на утолщённой, расширенной блюдцевидной оси тесно сидят цветки (ромашка, подсолнечник, одуванчик). Расширенная ось соцветия называется цветоложем. Листочки, окружающие корзинку, образуют обёртку.

Антодий — простое соцветие (корзинка, головка, зонтик), которое имеет вид отдельного цветка (ромашка, астра, астранция, молочай).

Сложные соцветия

Сложный колос — простые колоски сидят на уступах общей оси (рожь, пшеница и другие злаки).

Метёлка — главная ось долго растёт в длину, образуя на разной высоте боковые ветви, которые ветвятся



и заканчиваются цветками или простыми соцветиями: кистью (сирень, виноград), колосом (овёс, просо), корзинкой (полынь горькая).

Сложная серёжка — повислое соцветие, в котором мелкие цветки, собранные в простые соцветия, расположены на главной оси (бук, дуб, ольха, берёза, лещина).

Сложный зонтик — простые зонтики сидят на центральной и боковых осях соцветия, выходящих из одной точки и располагающихся так, что все зонтики находятся примерно на одной высоте (укроп, морковь, хвостик и другие зонтичные).

Сложный щиток — мелкие корзинки находятся примерно на одном уровне, а ветви соцветия отходят от главной оси поочерёдно и имеют неодинаковую длину (калина, тысячелистник, пижма).

Клубочек — все цветки собраны в простые соцветия, которые тесно сжаты в виде головок (свёкла, лебеда).

Верхоцветные (закрытые) соцветия с симподиальным ветвлением

Для этих соцветий характерно то, что ось первого порядка заканчива-



ется верхушечным цветком, зацветающим первым. На оси первого порядка образуется боковое ответвление — ось второго порядка, на ней — ось третьего порядка и т. д., Во время цветения ось вытягивается и каждый последующий цветок располагается выше предыдущего.

Простые соцветия

Однолучевой верхоцветник, или простой монохазий, — на главной оси расположен один цветок, под ним развивается одна боковая ветвь, заканчивающаяся одним цветком, поэтому соцветие состоит только из двух цветков (часто встречается у представителей семейства лютиковые).

Дихазий, или двулучевой верхоцветник, или полузонтик, — на главной оси расположен один цветок, под ним развиваются две супротивные боковые ветви второго порядка, также заканчивающиеся цветками, а под ними — ветви третьего порядка и т. д. (семейство гвоздичные).

Многочучевой верхоцветник, или ложный зонтик, — на главной оси под верхушечным цветком находит-

Соцветие лилейника — дихазий, или двулучевой верхоцветник.

Соцветие гвоздичных — простой верхоцветник.



► У ириса соцветие извилины.

Длина кистей в соцветии глицинии японской — 30 см, на них в начале мая почти одновременно распускаются цветки, длина каждого из которых составляет 2,5 см.



ся более двух боковых сближенных побегов, перерастающих главную ось и имеющих такой же, как у неё, порядок распускания цветков и ветвления (семейство толстянковые).

Сложные соцветия

Сложный верхушечник — под верхушечным цветком, расположенным на главной оси, сидят два очерёдных или супротивных боковых побега, и каждый заканчивается цветком, под каждым из них также сидят два очерёдных или супротивных боковых побега и т. д. (многие виды гвоздичных, лютиковых, виды рода лапчатка). Разные формы этого соцветия возникают в результате недоразвития части цветков, сокращения междоузлий и т. д.: щитковидные и зонтиковидные верхушечники (гвоздика бородатая, смолёвка мелкоголовчатая), головчатые верхушечники (виды семейств ворсянковые, валериановые, мареновые).

Сиконий — все оси соцветия срастаются, образуя вогнутую полость, так что цветки оказываются расположенными на её внутренней стороне (инжир, фикус).

Сложный монохазий представлен двумя типами: завиток и извилины.



Завиток — на главной оси расположен один цветок, ниже его развивается ось второго порядка, более длинная, чем главная, несущая один цветок, распускающийся позднее; ниже развивается ось третьего порядка и т. д.; более молодая, ещё не распустившаяся часть соцветия закручена как спираль (семейства бурачниковые, толстянковые).

Сerp — форма завитка, у которого боковые ветви развиваются только в одной плоскости (встречается у однодольных — семейство марантовые).

Извилины — главная ось заканчивается цветком, под ним отходят две боковые оси, которые также заканчиваются цветками и образуют новые боковые оси и т. д. (зверобой, красоднев). Встречается зонтиковидная извилины, образующаяся в результате сокращения главной оси (семейства гераниевые, лилейные, амариллисовые). Другое видоизменение извилины — веер, или опахало, — боковые ветви отходят поочерёдно с двух сторон главной оси под углом 180° (семейство ирисовые).



СЕМЕНА И ПЛОДЫ ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Появление семени более 360 млн лет назад стало одним из важнейших этапов эволюции растений. Это событие на несколько сотен миллионов лет определило постепенное возрастание роли сосудистых семенных растений в растительном покрове Земли. Благодаря появлению семени растения начали лучше развиваться, успешнее выживать и расселяться по суше.

Строение семени

Семя — многоклеточный орган растения, который находится в завязи и развивается после оплодотворения яйцеклетки семязачатка (семяпочки). Семя состоит из зародыша, эндосперма — запасавшей ткани, содержащей питательные вещества для зародыша, и семенной кожуры.

Зародыш — главная часть семени, он развивается из зиготы и представляет собой зачаток молодого поколения растения — спорофита. Зигота в семени некоторое время находится в состоянии покоя, а затем начинает делиться. В процессе деления зигота вытягивается в длину и делится поперёк перегородкой, образуя предзародыш. Его внутренняя клетка делится и даёт начало зародышу, а наружная клетка развивает подвесок, который погружает зародыш в эндосперм, обеспечивая его питание.

У разных видов растений зародыши различаются по форме и положению в семени, но всегда кончик зачаточного корня располагается рядом с микропиле, поэтому при прорастании первичный корешок выходит наружу первым.

Эндосперм семени содержит питательные вещества, необходи-



мые для зародыша в его эмбриональном состоянии. У покрытосеменных растений эндосперм образуется в результате слияния одного из спермиев с диплоидным ядром центральной клетки зародышевого мешка и обычно имеет триплоидный набор хромосом в клетках ($3n$). У голосеменных растений он образуется при развитии макроспоры и имеет гаплоидный характер (n). В зависимости от того, где накапливаются запасные питательные вещества, необходимые для развития зародыша, все семена можно отнести к четырём типам: а) питательные вещества откладываются в хорошо развитом эндосперме (злаки, лилейные, паслёновые, зонтичные и др.); б) питательные вещества наполняют ткань мегаспорангия

Летучие двусемянки (плоды клёна) состоят из двух крылатых сросшихся плодиков.

В плоде тыквы — тыквине находятся многочисленные сплюснутые семена.





СТРОЕНИЕ ЗРЕЛОГО ЗАРОДЫША СЕМЕНИ

Зрелый зародыш состоит из надсемядольной стеблеподобной оси — эпикотилия, который несёт первичные листья молодого спорофита — семядоли: одну — у однодольных растений, две — у двудольных, две и более — у голосеменных. На конце эпикотилия располагается верхушечная (апикальная) меристема побега. Эпикотиль может быть представлен только одной меристемой, а может нести один или много зачаточных листьев, всё это вместе образует почечку. Подсемядольная стеблеподобная ось называется гипокотиль. Его нижний конец обычно состоит из апикальной меристемы, покрытой корневым чехликом, а иногда может переходить в зародышевый корешок.



Строение семени растения пастушья сумка: 1 — верхушечные меристемы; 2 — прокамбий; 3 — семенная кожура; 4 — эндосперм; 5 — семядоли; 6 — кончик корня и меристема; 7 — базальная клетка; 8 — гипокотиль.

Микропиле (пыльцевход семязачатка) имеет вид небольшого отверстия, которое изнутри обычно закупоривается клетками семенной кожуры или прикрывается сверху крышечкой.

Плод пастушья сумка — двухстворчатый сжатый стручочек длиной до 1 см.



Различные типы расположения семян.



(нуцеллус), в котором развиваются яйцеклетки, образуя так называемый перисперм (маревые, гвоздичные); в) в семени развиваются и перисперм, и эндосперм (нимфейные, перцевые); г) эндосперм отсутствует, запасные питательные вещества откладываются в семядолях, которые становятся толстыми и мясистыми (многие двудольные растения из семейств розоцветные, бобовые, тыквенные, крестоцветные, сложноцветные).

По консистенции эндосперм может быть твёрдым, жидким или слизистым. В нём накапливаются углеводы в виде зёрен вторичного крахмала, реже липиды в виде капелек жирных масел, а также всегда имеются запасные белки, что очень важно при прорастании семени. В зависимости от состава преобладающих запасных веществ семена можно разделить на крахмалистые (злаки — пшеница, кукуруза, рис и др.), масляные (подсолнечник, лён, арахис, олива, соя) и белковые (большинство бобовых).

Семенная кожура защищает зародыш от неблагоприятных внешних воздействий и повреждений. Она развивается из покровов семязачатка, или интегументов (от лат. *integumentum* — «покрывало»), у цветковых растений — из двух интегументов, у голосеменных — из одного. Интегументы вырастают из центральной части семязачатка (нуцеллуса). На её верхушке инте-



В стручках многолетнего травянистого растения купены видны созревающие семена.



Самые крупные семена (до 1 кг — 1500 орешков) среди сосен у итальянской сосны (*Pinus pinea*), широко распространённой в странах Средиземноморья. Она ценится за красоту и вкусные орешки, используемые в кондитерской промышленности. Самые крупные и длинные семена (до 15 × 7 см) имеют виды южноамериканских деревьев из рода мора (*Mora oleifera*, *M. excelsa*, семейство бобовых).

тумент образует отверстие — пыльцевход, или микропиле.

У разных видов растений семенная кожура различается по строению. В сухих нескрывающихся плодах она тонкая — состоит из одного—трёх слоёв клеток; в других плодах, например у бобовых, мальвовых, тыквенных и многих пальм, семенная кожура многослойная, толстая, слабопроницаемая для воды, что позволяет семенам сохранять схожесть в течение десятков лет.

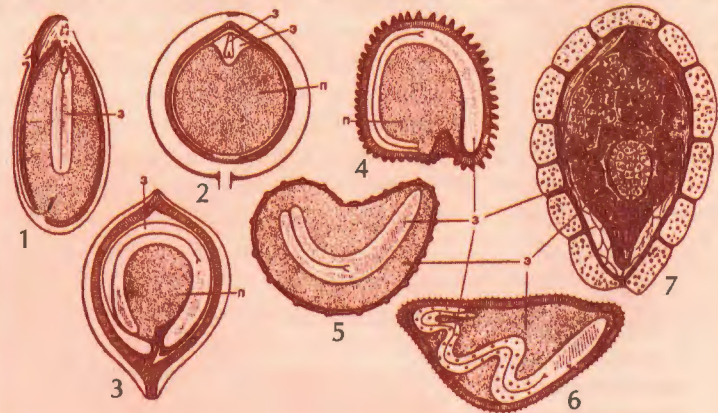
У многих цветковых растений семенная кожура видоизменена и называется «присемянник» или «ариллус» — это крупные мешковидные или лопастные выросты, покрывающие семя, но не срастающиеся с ним. Они служат для распростране-

ния семян с помощью ветра, воды, для привлечения животных, так как ткань присемянников содержит жирные масла (лилейные, амариллисовые, мускатниковые), протеин, крахмал. Например, сочный мясистый ариллус мускатника душистого — любимая пища голубей, распространяющих его семена. У этого растения ариллус также служит для раскрытия плода и отделения семени от лопнувшего околоплодника. Присемянники могут быть

У бересклета бородавчатого оранжевые присемянники с чёрными семенами, словно серьги на ниточках (семянножках), свешиваются из розовых созревших коробочек.



ФОРМА И РАСПОЛОЖЕНИЕ ЗАРОДЫША В СЕМЕНАХ



1 — клещенина; 2 — чёрный перец; 3 — шпинат; 4 — куколь; 5 — мак; 6 — вьюнок; 7 — заразиха; з — зародыш; э — эндосперм; п — перисперм (питательная ткань).



Арахис с созревающими под землёй плодами. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.

окрашены в розовый или красный (бересклет, мускатник душистый) и белый цвет (молочай, лилейные).

Типы плодов

Формирование плода — характерного органа цветковых растений — завершает процесс, начавшийся после оплодотворения яйцеклетки и образования зародыша. Плоды защищают семена до их созревания, а иногда даже используют для этого дополнительные приспособления. Например, у арахиса, или земляного ореха, после оплодотворения междоузлие между завязью и цветоложем удлинняется и, загибаясь, погружает в верхний слой почвы плоды, которые созревают там, защищённые от воздействия сухого воздуха. Плоды также служат для распространения семян растений.

У покрытосеменных растений семязачатки заключены в плодолистик, поэтому после оплодотворения семязачатки развиваются в семена, а из плодолистиков, или из завязи (иногда с участием других частей цветка), развивается плод. В строении зрелого плода обычно сохраняются признаки тех частей растения, из которых он образо-



Самый тяжёлый плод у сейшельской пальмы (*Lodoicea maldivica*). Он весит до 18 кг, а его диаметр — около 50 см. Такой плод созревает долго — пять — семь, а иногда и более лет.

У специально выведенных сортов в плодах не образуется семян, их называют партенокарпическими (банан, апельсин, мандарин).



вался, однако в сочных плодах они сильно изменяются.

Плод может содержать одно или несколько семян, а иногда до нескольких тысяч. Цветоножка при плодах называется плодоножкой. Плоды различаются по форме, размерам, строению, окраске и способам вскрывания и освобождения семян.

Плод, образовавшийся из одного пестика, называют плодиком или простым плодом (листовка дельфиниума); образованный несколькими свободными пестиками — сборным (малина, ежевика, лютик); образованный пестиком и другими частями цветка (цветоложем, околоцветником) — ложным. Например, у земляники сочная красная съедобная часть образована разросшимся цветоложем, на поверхности которого сидят мелкие семянки, образуя вместе ложную ягоду, или многосемянку.

Плод, образовавшийся из завязи со сросшимися плодолистиками, имеет обычно гнёзда с перегородками. Разросшаяся стенка завязи образует стенку плода, или околоплодник. В околоплоднике различают наруж-



ний слой — внеплодник, или кожицу; внутренний слой — внутриплодник, плёчатый, кожистый или деревянистый (косточка), и слой, лежащий между ними, — межплодник, более или менее мягкий и сочный. Наиболее разнообразны простые плоды, которые при созревании могут быть сочными или сухими.

Сочные плоды

Сочными называют плоды, у которых весь околоплодник или его часть сочные, мясистые. К ним относятся ягода, костянка и ягодообразные плоды.

В образовании ягоды участвуют один или несколько многосемянных плодолистиков. Внеплодник у неё кожистый, а межплодник сочный, содержит обычно много семян (смородина, крыжовник, клюква, черника, виноград, томат, баклажан) или одно семя (финик).

У костянки внеплодник кожистый (вишня, слива) или волокнистый (кокосовая пальма), межплодник сочный (слива, вишня, персик, абрикос) или сухой (миндаль, грецкий орех), а внутриплодник твёрдый, деревянистый (вишня, слива).



СОЧНЫЕ ПЛОДЫ



Особую группу образуют ягодообразные плоды: яблоко (яблоня, груша, айва, рябина), тыква (тыква, арбуз, дыня, огурец) и померанец (цитрусовые — апельсин, лимон, мандарин). У яблока околоплодник состоит из наружной мясистой части, которая образуется в результате разрастания нижней части цветоложа и плодолистиков, и внутренней перепончатой, образованной внутренними частями плодолистиков, к которым прикрепляются семена. У тыквы наружная часть околоплодника твёрдая, иногда деревянистая. У померанца наружная часть околоплодника толстокожая, окрашенная, содержит эфирно-масличные желёзки, средняя часть — сухая, белая, губчатая, а внутренняя — мясистая, с ложными пузырьками, заполненными соком.

Если сростаются вместе несколько плодов, образованных из отдельных цветков соцветия, превращаясь как бы в один плод, то его называют соплодием (ананас, шелковица, инжир).

Сочные плоды — лакомство и источник витаминов.



Плод ананаса называется соплодием, он образован из многочисленных сросшихся плодиков.



Плод лещины, или орешника, — орех.

Сухие плоды

Сухие плоды имеют сухой околоплодник. Сухие вскрывающиеся плоды с деревянистым, кожистым или перепончатым околоплодником содержат обычно много семян. В зависимости от способов вскрывания и от количества гнезд плоды называют по-разному.

Листовка — одногнездный плод, образованный одним или несколькими плодолистиками, со щелью, вскрывающейся по брюшному шву (живокость); многолистовка состоит из нескольких листовок (водосбор, пион, калужница).

Боб — одногнездный плод, образованный одним плодолистиком, вскрывающийся двумя створками по брюшному и спинному швам, которые одновременно с силой закручиваются, разбрасывая семена (бобовые, мимозовые).

Стручок и стручочек (отличаются по размеру) — двугнездные плоды, вскрывающиеся двумя створками, между которыми остаётся перепончатая перегородка с семенами (капуста).

Коробочка образована двумя или многими сросшимися плодолистиками, она может быть одно- или многогнездная. Семена высыпаются из зрелой сухой коробочки через открытую крышечку (белена, подорожник), а также после вскрывания коробочки: дырочками (мак, колокольчик), зубчиками (ясколка, песчанка), продольными трещинками (фиалка, молочай, дурман), створками (звездчатка) и продольными швами (наперстянка). У некоторых растений семена высвобождаются, когда коробочка сгниёт, например у шоколадного дерева, крупные плоды которого развиваются на стволах (явление, известное как каулифлория).

Дробные — сухие плоды, образованные несколькими плодолистиками, по созревании распадающиеся продольно по гнездам на отдельные плодики — мерикарпии (губоцветные, бурачниковые, зонтичные).

Членистые — удлинённые многосемянные плоды, разламывающиеся при созревании по поперечным (ложным) перегородкам на односемянные членики (дикая редька, копеечник, арахис).

К сухим невскрывающимся плодам относится орех (или орешек, если плод маленького размера). Он имеет твёрдый околоплодник и содержит одно семя (лещина, дуб); многоорешек состоит из односемянных орешков (лютик, лапчатка). Семянка имеет кожистый околоплодник (сложноцветные); у зерновки цветковая чешуя плотно срастается с семенем (злаки); крылатка представляет собой орешек с расширенным перепончатым плоским придатком (берёза, ясень, вяз, клён).

СУХИЕ ПЛОДЫ

Вскрывающиеся



капуста — стручок



фасоль — боб

Невскрывающиеся



дуб — жёлудь

мак — коробочка

лещина — орех



подсолнечник — семянка

клён — орешек



Распространение семян и плодов

Способность распространять семена и плоды на значительные расстояния позволяет растениям заселять большую площадь, что обеспечивает сохранность и лучшее развитие популяций этих видов в разнообразных экологических условиях. Растения по-разному распространяют семена и плоды, для чего у них выработались различные адаптации (приспособления). Одни самостоятельно разбрасывают семена, другие разносят их с помощью различных внешних агентов: ветра, воды, животных и человека. Плоды, распространяющиеся животными, имеют разнообразную яркую окраску — оранжевую, жёлтую, красную, синюю или фиолетовую, а распространяющиеся ветром, водой или под действием собственной тяжести — обычно зелёную или буроватую (жёлудь дуба, клён).

Антохория

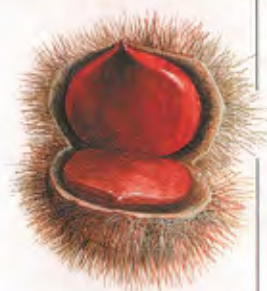
Распространение семян и плодов путём разбрасывания называется антохорией. Обычно семена разбрасываются на небольшое расстояние — всего несколько метров от материнского растения. Растения, плоды и семена которых падают на землю под влиянием силы тяжести, называются «барохоры» (таковы многие деревья — дуб, грецкий орех, каштан конский).

Растения, активно разбрасывающие зрелые семена при раскрывании плодов, называются «баллисты» (недотрога, журавельник, герань, фиалка, кислица). Приспособления для разбрасывания семян у разных видов разные. Например, у растений семейства гераниевые зрелая коробочка вскрывается по-особенному: сначала от колонки, которая состоит из сросшихся брюшных частей околоплодников, снизу вверх отде-

СЕМЕНА В «ГОРШОЧКЕ»

Необычные плоды имеет коурупита гвианская (*Couropita guineensis*, семейство *Lecythidaceae*), или пушечное дерево, растущее в тропических дождевых лесах Южной Америки. Его колоннообразные стволы, достигающие в высоту 30–40 м, а в диаметре — 1 м и более, укреплены досковидными корнями. Нижнюю часть ствола покрывает множество цветков, плотные цветоножки которых выходят из ствола. Тяжёлые плоды созревают долго — до 1,5–2 лет. У них своеобразная форма крыночки (горшочка) — деревянистой коробочки диаметром до 20 см, имеющей сверху крышечку. Внутри такой «крыночки» находятся крупные семена, лишённые эндосперма и целиком заполненные зародышем. Когда семена созревают и коробочка падает, крышечка отделяется от неё, и семена постепенно выпадают, особенно быстро — если «крыночка» катится по склону.

ляется нижняя расширенная часть столбика и загибается вверх дугой или кольцом (герань) либо закручивается спирально (аистник), при этом столбики остаются связанными с колонкой в верхней части. У недотроги (семейство бальзаминовые), обильной в городских парках и нарушенных широколиственных лесах умеренного пояса, созревшая пятистворчатая коробочка при прикосновении разрывается, и её створки быстро закручиваются в спирали, разбрасывая семена на расстояние до 2 м. У бешеного огурца (семейство



Плод каштана покрыт плюской с твёрдыми колючками.



Рекорд по дальности разброса семян принадлежит тропическому растению хуре взрывающейся (*Hura crepitans*, семейство молочайные). Её лопающиеся плоды издадут звук, напоминающий револьверный выстрел, и семена разлетаются на 14–15 м.

Семена бешеного огурца со слизистой жидкостью выбрасываются наружу.



РАСПРОСТРАНЕНИЕ СЕМЯН С ПОМОЩЬЮ СОЦВЕТИЙ-ШАРОВ «ПЕРЕКАТИ-ПОЛЕ»

Необычное приспособление для переноса семян имеют степные и пустынные растения, которые относят к жизненной форме перекати-поле, включающей виды различных семейств. У многих таких растений соцветия густо ветвятся, веточки их при созревании семян отгибаются книзу, придавая соцветию шаровидную форму. Основания стеблей становятся очень хрупкими и обламываются или перегнивают, и наземные части растений ветер переносит на сотни метров. Иногда несколько таких соцветий-шаров сцепляются друг с другом, образуя валы диаметром до 1,5 м и длиной 3,5 м, перекатываемые ветром и скапливающиеся в ложбинах. А для того, чтобы семена высыпались постепенно — не все сразу, в коробочках есть удерживающие их волоски и щетинки. Так расселяются кермек, качим, верблюжья колючка, клоповник, горец узколистый и многие другие растения.



Ветер разносит семянки с «парашютиками» и лёгкие семена с плёнчатой окантовкой (бегония).

тыквенные) в созревших колючих плодах давление увеличивается до 6 атм., при слабом прикосновении плод отрывается от плодоножки, а из образовавшегося отверстия выбрасываются на расстояние более 12 м семена с клейкой слизистой жидкостью. Жидкость прилипает к животному или человеку, которые могут перенести семена на значительное расстояние, затем жидкость высыхает, и семена падают на почву далеко от материнского растения.

Анемохория

Распространение семян и плодов при помощи ветра называется анемохорией. С помощью ветра разносятся лёгкие (вес составляет тысячные доли миллиграмма) семена эпифитных, паразитных и сапрофитных растений (орхидные, вересковые, горечавковые, заразиховые, норичниковые и др.). Таких семян в каждом плоде содержится очень много: например, в коробочке заразихи подсолнечной — до 2000. Мелкие семена свойственны также видам семейств гвоздичные, колокольчиковые и др. Они способны удерживаться в воздухе и переносятся ветром на большие расстояния.

На более крупных семенах имеются специальные приспособления, обеспечивающие парашютирование: волоски, плёнчатые придатки, крылатые выросты. Такие плоды и семена есть у многих деревьев, а из травянистых растений — у степных видов. Волоски усиливают воздухоплавательные свойства особых летательных приспособлений: например, у ковыля красивейшего перистые волоски покрывают верхнюю часть коленчатосогнутой ости, длина которой около 40 см. У ветреницы волоски покрывают всю поверхность семени, у других (ивы, вейник) располагаются у его основания или образуют хохолок на верхушке (сложноцветные). Крылатые выросты на плодах ясеня, вяза, клёна позволяют им не только планировать, но и вращаться, замедляя падение.

Гидрохория

Распространение семян и плодов при помощи воды называется гидрохорией. Она характерна для болотных, водных и околоводных растений. Их плоды имеют плотные и непроницаемые для воды оболочки. Они вздуты или имеют наполненные воздухом выросты, что позволяет им



держаться на плаву (осоки, частуха, рогоз, кувшинка). Некоторые растения (ярутка) выбрасывают семена из стручков с помощью дождевых капель. Повышенная влажность воздуха способствует вскрыванию корочек очитка едкого. Плоды многих растений морских побережий покрыты губчатой воздухоносной тканью и способны долгое время находиться в воде. Они даже прорастают на плаву, и морские течения относят их на сотни километров (например, кокос — плод кокосовой пальмы, заселившей тропические побережья морей и океанов).

Зоохория и антропохория

Распространение семян и плодов при помощи животных называется зоохорией, а человека — антропохорией.

Наиболее простой способ распространения — эндозоохория, когда животные съедают плоды и семена, а затем выделяют их с испражнениями. Такие плоды имеют сочные околоплодники, которые содержат питательные вещества, а семена — прочные оболочки, препятствующие их повреждению при поедании и в кишечнике животных (рябина, черёмуха, черника, шиповник, малина). Запах и цвет плодов привлекают птиц и млекопитающих. Сухие

плоды (лещина, дуб, бук) распространяют зерноядные птицы и мелкие млекопитающие.

Особая форма распространения семян — мирмекохория, растаскивание муравьями, которых привлекают не сами семена, а их придатки. Они содержат питательные вещества и образуются у некоторых семян (ожика волосистая, копытень, фиалка, марьянник) и плодов (ветреница, перелеска). Муравьи съедают придатки, а семена и плоды выбрасывают, способствуя расселению этих растений.



Плоды кокосовой пальмы — орехи — растут группами по 15–20 штук, полностью созревая в течение 8–10 месяцев.



Кокосовая пальма заселила побережья тропических островов благодаря тому, что её плоды (кокосовые орехи) могут долго находиться в воде. Морские течения приносят их к новым берегам, где орехи успешно прорастают.





На плодах лопуха находятся колючки, с их помощью плоды могут прицепиться к шерсти животных, одежде человека и со временем оказаться далеко от материнского растения.

► Плоды перелески благородной растаскивают муравьи. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.

Многие плоды цветковых растений распространяются вместе с животными, прикрепляясь к поверхности их тела. Такой перенос называют эктозоохорией. Для этого имеются специальные приспособления — крючки, щетинки и шипы на плодах (липучка) или на сохраняющемся при плодах околоцветнике, на чашечке или на расширенном цветоложе (репешок), на наружных листочках обёртки (лопух) или на самих семянках (череда). Плоды прикреп-



Кустарничек черника широко распространён в смешанных лесах.

ляются к шерсти животных, перьям птиц и одежде человека (чернокорень, подмаренник, дурнишник), а у якорцев они снабжены ещё и крепкими прямыми шипами, которые вонзаются в ноги животных.

Человек может разносить семена и плоды пассивно — на одежде, развозить с посевным материалом, кормом для скота; семена прилипают к колёсам автотранспорта, высыпаются из транспортного средства во время перевозки. Люди активно распространяют плоды и семена плодовых деревьев и кустарников, культурных пищевых и кормовых, лекарственных, технических и декоративных растений.





РАЗВИТИЕ И РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ

Индивидуальное развитие живого организма от рождения до естественного конца жизни называется «онтогенез» (от *греч.* *ὄν* — «сущее», «существо») и *génésis* — «происхождение»). У семенных растений новый организм развивается из зиготы (оплодотворенной яйцеклетки) ещё в семени, формируя зародыш будущей особи. А при вегетативном размножении растений развитие нового организма начинается с отделения части особи от родительского организма. Новые одноклеточные организмы появляются сразу после деления клетки. В онтогенезе растительного организма различают несколько периодов: латентный (семена, споры); ювенильный (догенеративный) — до первого полового размножения; генеративный — от первого до последнего плодоношения; синильный — от старения до смерти.

Программа развития каждого организма заложена в зиготе в виде кода наследственной информации.

Растение формируется под влиянием внешних условий, а происходящие в нём биохимические процессы лишь направляют общее построение его органов.

Развитие организма — это качественные изменения, которые происходят в его органах по мере роста, увеличения объёма и массы живого



Термин «онтогенез» ввёл в 1866 г. немецкий биолог Э. Геккель (1834—1919).

Яблоня в своём развитии проходит стадии от семени до взрослого плодоносящего растения, его старения и гибели.



В разные сезоны года развитие и темпы роста растений значительно отличаются.

тела растения. Рост отдельных органов и всего организма складывается из роста отдельных клеток. Прежде всего он связан с деятельностью образовательных (меристематических) тканей. Стебли и корни растут за счёт работы верхушечных (апикальных) меристем, листья — за счёт краевых меристем в основании листовых пластинок, а у злаков существует ещё и вставочный (интеркалярный) рост за счёт меристем, находящихся в узлах стеблей. Стволы древесных растений нарастают в толщину за счёт работы камбия.

Рост и развитие растения могут проходить одновременно, а могут расходиться во времени. Темпы роста зависят от биологических стадий развития растения. Во время цветения и плодоношения актив-

ность меристем ослабляется и рост замедляется. У многих многолетних растений зимой рост прекращается (наступает состояние покоя), а весной возобновляется. Семена многих растений способны находиться в состоянии покоя длительное время, тогда они более устойчивы к неблагоприятным условиям среды (морозы, засуха, сильные ветра и др.).

Растение развивается как единое целое, потому что в каждом из его органов вырабатываются гормоны, необходимые для роста и развития

Жизненный цикл сосны итальянской.

вынос первичных листьев-семядолей на поверхность почвы





других органов. Например, для роста стеблей и листьев помимо ауксина, вырабатываемого в листьях, необходим гормон-фактор X, образующийся в корнях, без которого стебель развиваться не может. Витамин В₁ вырабатывается в листьях, но он необходим для роста корней: при его отсутствии они не развиваются.

Так как растения ведут в основном прикреплённый (неподвижный) образ жизни, они выработали различные приспособительные реакции (период покоя, листопадность, фотопериодизм и др.), благодаря чему активные стадии роста и развития протекают в наиболее благоприятные периоды года.

Общую продолжительность жизни растения установить порой достаточно сложно, так как за счёт вегетативного размножения особь может существовать неопределённо долгое время, и чтобы определить её возраст, приходится брать во внимание жизнь всего клона (основного растения и его вегетативных побегов).

Рекорды абсолютной продолжительности жизни у растений установлены для секвойи — 5000 лет, грецкого ореха и дуба — около 2000 лет, липы, кедровой сосны — 500 лет, обыкновенной сосны, ели — около 300 лет, осины, берёзы — до 150 лет.

проросток



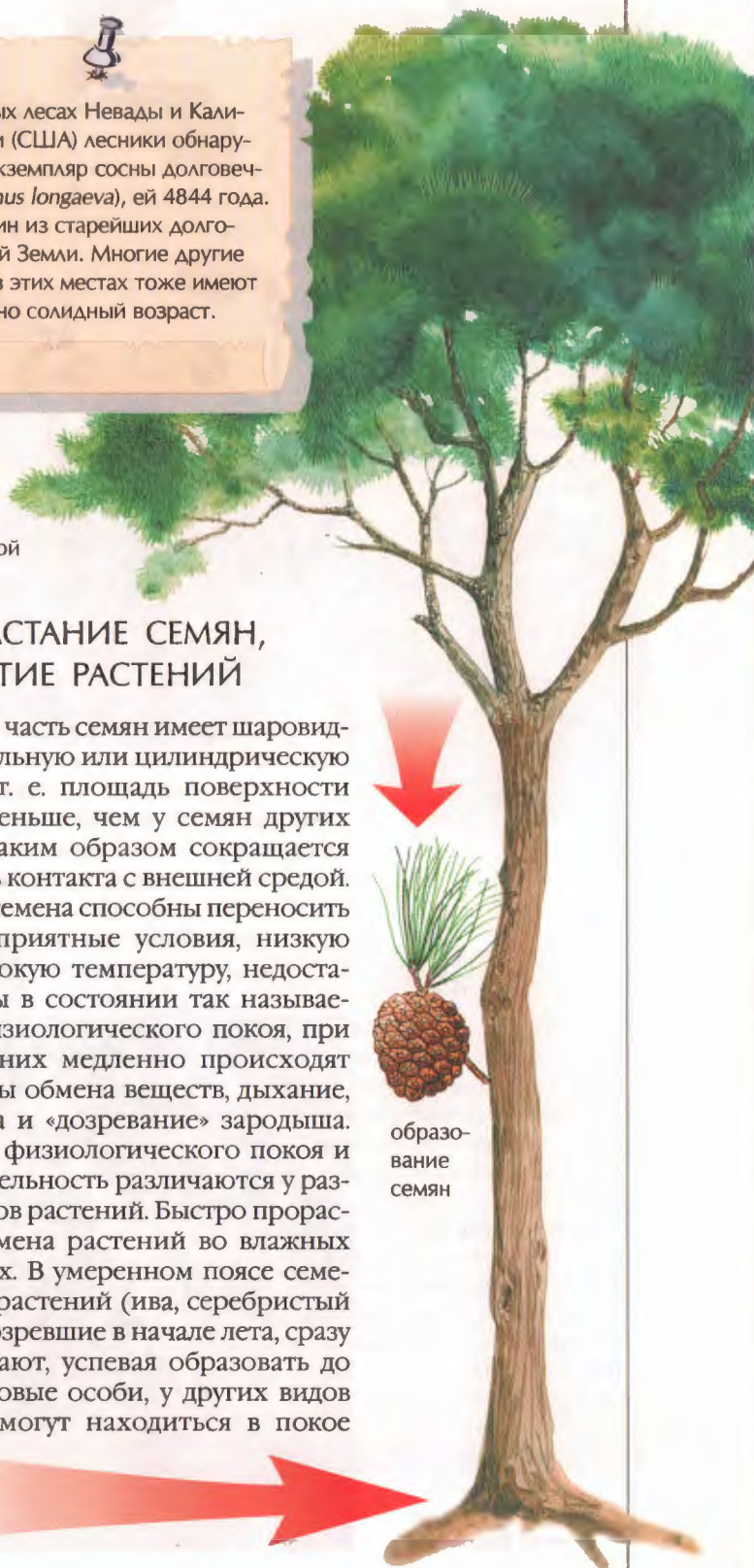
В горных лесах Невады и Калифорнии (США) лесники обнаружили экземпляр сосны долговечной (*Pinus longaeva*), ей 4844 года. Это один из старейших долгожителей Земли. Многие другие сосны в этих местах тоже имеют довольно солидный возраст.

взрослое
растение
сосны
итальянской

ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН, РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

Большая часть семян имеет шаровидную, овальную или цилиндрическую форму, т. е. площадь поверхности у них меньше, чем у семян других форм; таким образом сокращается площадь контакта с внешней средой. Зрелые семена способны переносить неблагоприятные условия, низкую или высокую температуру, недостаток воды в состоянии так называемого физиологического покоя, при этом в них медленно происходят процессы обмена веществ, дыхание, а иногда и «дозревание» зародыша. Глубина физиологического покоя и его длительность различаются у разных видов растений. Быстро прорастают семена растений во влажных тропиках. В умеренном поясе семена ряда растений (ива, серебристый клён), созревшие в начале лета, сразу прорастают, успевая образовать до осени новые особи, у других видов семена могут находиться в покое

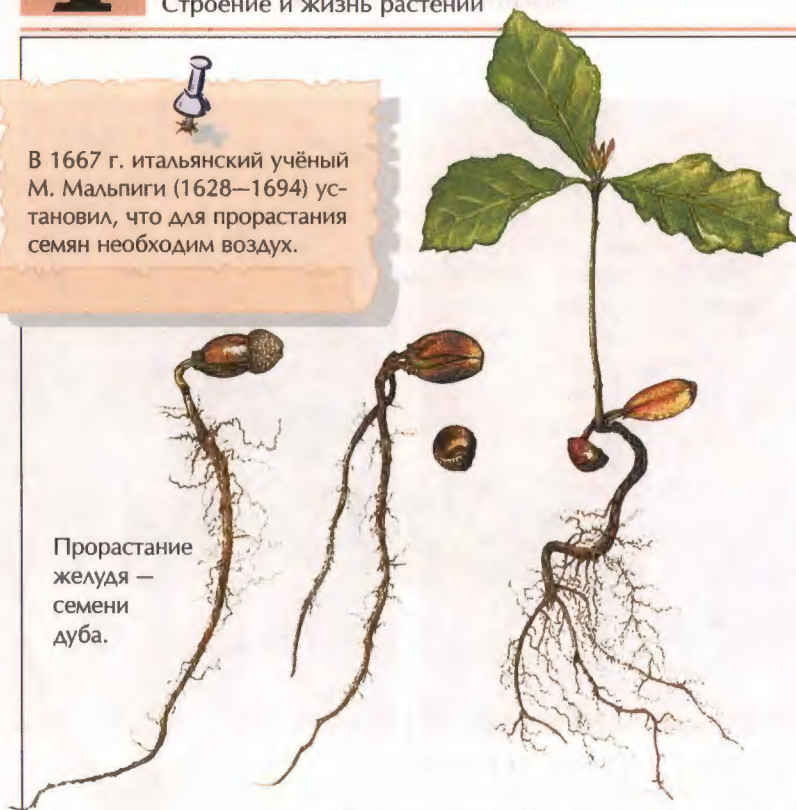
образо-
вание
семян





В 1667 г. итальянский учёный М. Мальпиги (1628—1694) установил, что для прорастания семян необходим воздух.

Прорастание
желудя —
семени
дуба.



несколько десятков лет, а затем переходят к активной жизнедеятельности и образованию проростков. У некоторых растений семена могут находиться в морфологическом покое — состоянии, когда зародыш

ещё недоразвился. Он может завершить своё развитие лишь в набухших семенах при достаточном запасе тепла (при температуре 10—25 °C) и влаги.

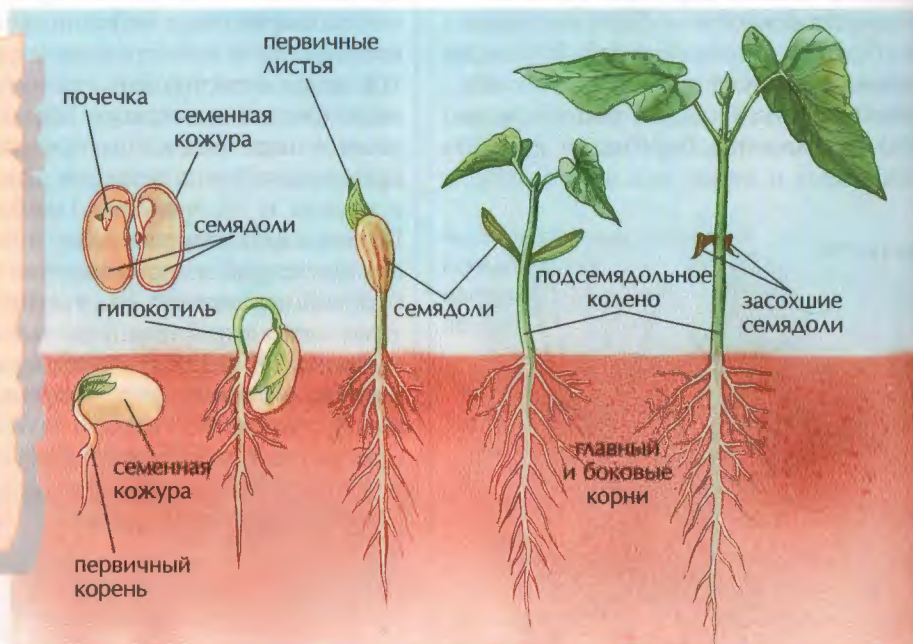
Из состояния покоя семена могут выходить различными путями. Некоторые, особенно у однолетних растений, намокая, легко набухают и быстро прорастают. Для других обязательна холодная стратификация, т. е. длительное выдерживание при пониженной температуре, во влажной среде и в условиях хорошей аэрации. Существует ещё одна группа так называемых твёрдосеменных растений: их семенная кожура водонепроницаема, потому что содержит слой удлинённых толстостенных клеток или покрыта водонепроницаемой воскообразной плёнкой — кутикулой. В природе такие семена набухают и прорастают при резкой смене температуры, когда нарушается целостность семенной оболочки.

Прорастание семян — это переход от состояния покоя к активному росту зародыша и формированию из него проростка. Процесс возможен



Известен случай развития нормального растения из семени одного из видов бобовых, пролежавшего в условиях многолетней мерзлоты около 10 тыс. лет. Три семени восточного лотоса были найдены в неолитическом каноз (около III в. до н. э.) на глубине 5,5 м в торфяном болоте близ Токио, при заботливом уходе специалистов они проросли и дали замечательные цветки.

Прорастание
семени фасоли.





только при свободном доступе кислорода и воды, когда внешние условия становятся подходящими для стимуляции ростовых процессов. Для каждого вида растений существует оптимальный по соотношению тепла и влаги период для роста в целом и прорастания семян.

Когда в семя через рубчик и пыльничход поступает вода, физиологические процессы резко убыстряются. Прежде всего активизируется протоплазма, и зародыш начинает выделять ферменты, ускоряющие биохимические процессы. Под их влиянием нерастворимые запасные вещества (крахмал, запасная целлюлоза, жирные масла и пр.) переходят в растворимые и более простые химические соединения (моносахара, аминокислоты), которые легко усваиваются прорастающим зародышем и используются на построение проростка. В семени активизируются также дыхание, образование полирибосом, синтез белков и других веществ.

Рост зародыша обычно начинается с того, что семенная кожура лопается и наружу появляется зародышевый корешок. Он закрепляется в почве и, углубляясь в неё, быстро развивает

ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН

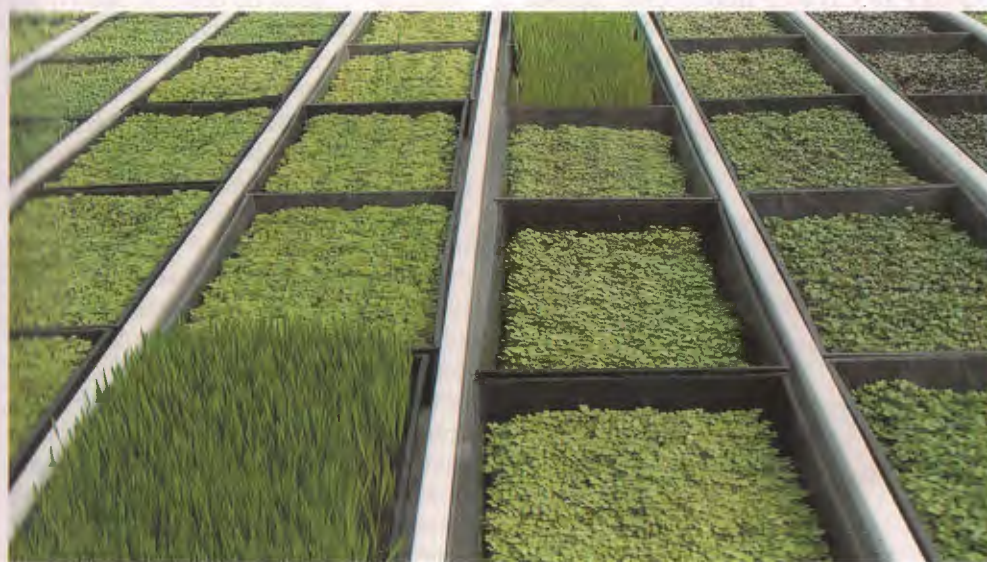
Обычно семена сохраняют жизнеспособность в течение одного-двух лет, пока не растратят запас энергии и не утратят всхожесть (способность прорасти в течение определённого времени). Всхожесть семян разных видов растений сильно различается: у ив и тополей она составляет всего 5 — 6 дней, у большинства овощных культур 4 — 5 лет, тыквенных — 8 лет, хлебных злаков — 8 — 12 лет, многих сорных растений — 25 — 40 лет; есть семена, способные прорасти после 150 лет покоя.



Семена тыквы сохраняют всхожесть 8 лет.



корневые волоски, которые начинают всасывать воду с растворёнными минеральными веществами и вырабатывать гормоны роста. После появления первичного корня начинается рост семядолей. Прорастание



Многие культурные растения лучше сажать рассадой, получая из семян проростки и сеянцы.



В 1878 г. австрийский учёный Г. Габерландт (1854—1944) установил, что если семена подвергаются охлаждению, растения из них развиваются ускоренно. С этим свойством связана яровизация (воздействие холодом) перед посевом семян многих культурных растений.



Прорастание семени фасоли.

может быть надземным, когда семядоли выносятся гипокотилем (нижний участок стебля, подсемядольное колено) над поверхностью почвы (клён, тыква, подсолнечник). Они быстро зеленеют, в них начинаются процессы фотосинтеза и накапливаются органические вещества, из верхушечной почечки образуются новые листья. С развёртыванием листьев семядоли постепенно уменьшаются, увядают и опадают. К этому времени проросток укореняется, переходит на самостоятельный режим питания и перестаёт зависеть от питательных веществ семени. Иногда только почечка выносятся над поверхностью почвы, а семядоли остаются на земле или под землёй (дуб, каштан, горох) и служат некоторое время источником питания для пророс-



Цветущий персик.



тка. В этом случае говорят о подземном прорастании, семядоли же постепенно разрушаются в почве. У большинства однодольных растений над поверхностью почвы выносятся только одна семядоля, во влагалище которой скрыта почечка; вместе с семядолью выносятся семенная кожура с эндоспермом, и некоторое время зародыш питается за счёт питательных веществ эндосперма (луки). Вскоре почечка выходит из-под прикрытия семядоли, которая уже фотосинтезирует, и начинается самостоятельное развитие проростка.

Проростки разных видов различаются внешне. У двудольных растений через 2—7 дней из семени выступает подсемядольное колено (гипокотиль). Он загнут в виде петли, верхушка которой раздвигает почву, лежащую над семенем. Затем подсемядольное колено распрямляется и выносит на поверхность почвы первичные листья — семядоли, между которыми находится почечка с зачаточными стеблем и листьями. У многих однодольных из семени появляется корешок и сразу за ним нижняя часть семядоли — «петелька», а верхняя её часть остаётся в семени, выполняя роль всасывающего органа. У некоторых растений в семени при прорастании может развиваться особая присоска (гаусторий), высасывающая питательные вещества из запасяющей ткани.



Присоска соединяется перемычкой с семидолей или с почечкой.

Первый лист прорывает влагище семидоли. Он не имеет пластинки и состоит из свёрнутого, заострённого бесцветного влагища, прикрывающего почечку. Следующим появляется настоящий лист. Зародышевый корешок в процессе роста превращается в первичный корень, который растёт в длину и начинает ветвиться раньше, чем побег. У первичного корня образуются боковые побеги первого и следующих порядков, формируя стержневую корневую систему. У однодольных растений первичный корень быстро отмирает и корневая система формируется из придаточных корней, образующих в дальнейшем характерную придаточную корневую систему. Такой тип роста корней и побегов называют вегетативным. На этой стадии перехода проростков в ювенильную (догенеративную) фазу развития растения очень уязвимы и не защищены от повреждений насекомыми, паразитическими грибами, не устойчивы к влиянию неблагоприятных факторов, таких, как засуха, заморозки, переувлажнение, которые могут вызвать их гибель. Проростки разных видов различаются по реакции на эти воздействия, в процессе эволюции они вырабатывают новые, более совершенные приспособления к меняющимся условиям среды.

У высших растений онтогенез — жизнь спорофита (основного поколения) может длиться очень долго. После появления первых вегетирующих листьев растение проходит ювенильный (догенеративный) период развития от проростка до начала полового созревания: оно активно растёт, вегетирует, но не образует генеративных органов. Со временем у взрослого растения образуются органы полового размножения (шишки у голосеменных, цветок или соцветие у покрытосеменных или специализированные органы для образования

половых гамет у других групп растений). Генеративный период длится от начала плодоношения до окончания образования семян или спор. Это период активного размножения растения. Период старения (синильный) наступает после завершения способности к размножению и длится до смерти растения. В это время возникают необратимые возрастные изменения всего организма как единой живой системы.

РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ

Вегетативное размножение

Растения размножаются тремя основными способами: вегетативным, бесполом и половым.

У различных групп растений вегетативное размножение происходит разными путями, но во всех случаях оно связано с образованием новых особей из отдельных вегетативных частей растения, слоевища или при делении одноклеточных организмов. У одноклеточных водорослей преобладает деление клетки на две самостоятельные дочерние особи, при этом клеточное ядро делится путём митоза. Если новые клетки остаются связанными с помощью слизи, то образуются колонии. Скорость такого деления клеток велика. Промежуток между последовательными



Молодые проростки растений чутко реагируют на изменения окружающей среды.

Бегония (1) размножается листовыми черенками. Выводковые почки в выемках листа бриофиллума (2).





Земляника
вегетативно
размножается
усами.

делениями может сокращаться до нескольких минут. Это постоянно ускоряющееся размножение продолжается до тех пор, пока не появится внешний неблагоприятный фактор, приостанавливающий или блокирующий процесс. Различия в плодовитости разных видов очень большие. Примером ускоряющегося размножения могут служить некоторые синезелёные свободно плавающие водоросли (прокариоты). Летом они вегетативно размножаются на поверхности стоячих водоёмов и придают воде вид сине-зелёного пюре; это явление известно как «зелёное цветение воды».

Многоклеточные растения при вегетативном размножении отделяют часть своего тела, и из неё образуются дочерние организмы, сходные с родительской особью. Вегетативный тип размножения характерен для растений и грибов на всех уровнях их организации. В размножении могут участвовать части вегетативных органов высших растений (корневые отпрыски, части листа с жилками, участки побегов, корневища), мицелиев у грибов и слоевищ мхов,

► Барвинок
вегетативно
размножается
корневищами.

лишайников. Иногда вегетативное размножение происходит с помощью выводковых почек (укороченных участков побегов), образующихся на листьях или стеблях растений. Вегетативное размножение играет огромную роль в распространении и размножении растений и порой превосходит по своему объёму (количеству новых особей) половое или бесполое размножение.

При вегетативном размножении во всех случаях новые растения образуются в результате многократного деления клеток путём митоза, и потому они генетически идентичны родительскому организму. Наследственные признаки в ряду поколений передаются без изменений, и генотип потомков, как правило, не изменяется. Это может иметь место лишь в результате случайных мутаций, которые происходят достаточно редко. Однако в разнообразных местообитаниях встречаются различные популяции вида с вегетативным размножением, их особи могут обладать новыми постоянными признаками, а по некоторым признакам резко различаются. Это даёт им возможность лучше приспособиться к конкретным условиям окружающей среды.





Бесполое размножение

Бесполое размножение осуществляется с помощью спор. У водорослей в слоевищах образуются особые клетки — споры, которые прорастают в новые особи. Такие споры могут быть подвижными (зооспоры) или неподвижными (апланоспоры). Грибы размножаются в основном спорами, формирующимися в избыточном количестве в плодовых телах или в особых органах; после прорастания споры образуют мицелий, способный в свою очередь за несколько дней произвести новую массу спор. Подсчитано, что гриб *Sclerospora*, паразитирующий на кукурузе, может в течение нескольких месяцев порождать каждый день около 6 млрд спор.

Высшие сосудистые растения (хвощи, плауны, папоротники) размножаются преимущественно спорами. Мохообразные и сосудистые споровые могут производить огромное количество спор; например, у каждой особи плауна булавовидного (*Lycopodium clavatum*) и пантропического папоротника (*Trichomanes radicans*) образуется почти 30 млн спор в год. У высших растений преобладает чередование поколений. У семенных



растений размножение спорами постепенно утрачивает свою роль за счёт распространения семенами и развития поколения спорофитов.

При бесполом размножении новое растение, выросшее из споры (гаплоидное поколение), генетически не идентично материнскому организму (диплоидному поколению). Восстановление диплоидности у следующих поколений происходит в результате полового процесса. Поэтому растениям свойственно чередование поколений спорофита (на котором образуются споры) и гаметофита (на котором образуются половые гаметы).

Спорангии (сорусы) папоротника. В каждом сорусе находится несколько спорангиев, в которых развиваются споры. Каждый сорус закрыт особым покрывалом. После созревания спор покрывало сморщивается и отпадает. Стенки спорангиев лопаются, и споры выстреливают из спорангиев как из катапульты.



На молодых спорангиях мха образуются коробочки, в которых развиваются споры.



Половое размножение

Известно несколько типов полового процесса у растений и грибов. При половом размножении в особых органах — гаметангиях образуются половые гаметы (мужские и женские), при слиянии двух половых гамет разных родителей образуется зигота, из которой вырастает новый диплоидный организм, обладающий рядом новых черт. Если гаметы не различимы по внешнему виду (форме, размерам), то такой процесс называется изогамией (от *греч.* «изос» — «равный»). Изогамия характерна для водорослей и некоторых грибов. В самом простом виде у одноклеточных водорослей

могут сливаться целиком две клетки, образуя диплоидную зиготу, которая быстро делится путём мейоза, образуя новые четыре дочерние клетки. В некоторых группах водорослей подвижные гаметы различаются по размерам, и тогда при их слиянии происходит половой процесс, известный как «гетерогамия».

У некоторых грибов, водорослей и всех высших растений половой процесс носит название «оогамия». При этом образуются женская половая гамета — яйцеклетка и мужская гамета — сперматозоид (подвижная форма со жгутиками или ресничками) или спермий (неподвижная форма). Яйцеклетка обычно неподвижна, имеет крупные размеры и запас питатель-

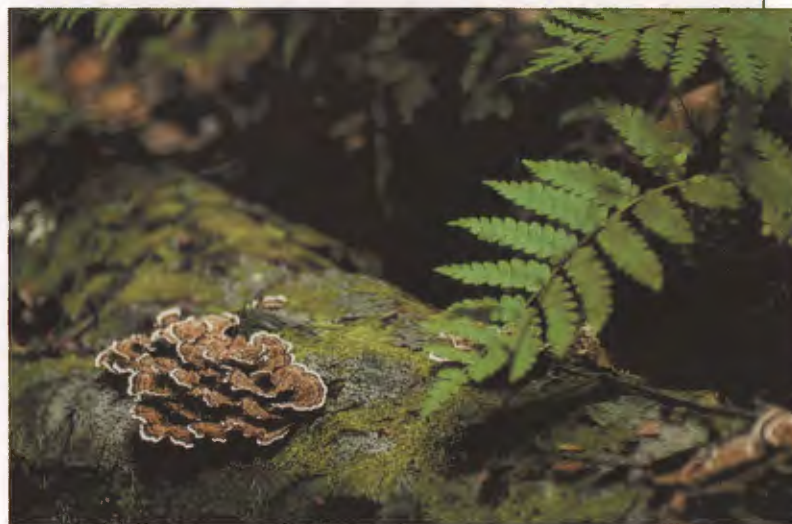
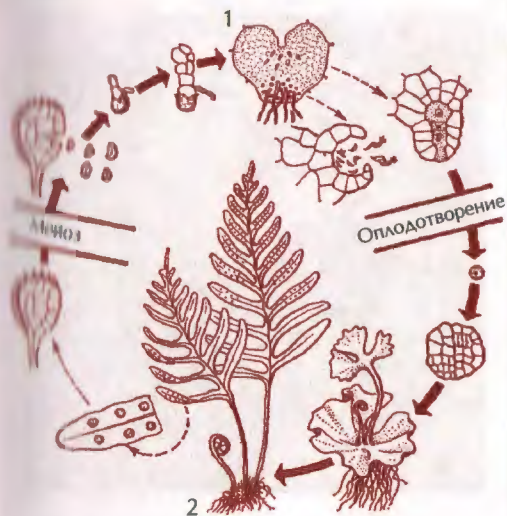
ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ РАСТЕНИЙ

Жизненный цикл растений состоит из двух фаз: из споры развивается половое поколение (гаметофит, на котором образуются половые гаметы), из зиготы — бесполое (спорофит, на котором формируются споры). Гаметофит и спорофит могут быть одинаковыми по форме и продолжительности жизни — это изоморфное чередование поколений, а могут резко различаться — гетероморфное чередование поколений с доминированием той или другой формы. У водорослей и некоторых грибов диплоидная зигота (спорофит) достаточно быстро вступает в мейотическое деление с образованием гаплоидных клеток, из которых развивается новое поколение гаметофитов, доминирующих в жизненном цикле. У многих более развитых групп водорослей наблюдается изоморфное чередование поколений. В процессе эволюции у высокоорганизованных водорослей спорофит начинает преобладать в жизненном цикле.

У высших споровых растений этот процесс получил дальнейшее развитие, и роль гаметофита постепенно сводится к очень непродолжительному существованию по сравнению со спорофитом. Только у мохообразных в жизненном цикле преобладает гаплоидное поколение (гаметофит). А бесполое поколение (спорофит) паразитирует на нём, получая все необходимые для жизни вещества.

У высших споровых сосудистых растений (плауны, хвощи, папоротники) половые органы — мужские (антеридии) и женские (архегии) развиваются на гаметофитах — свободноживущих обоеполых заростках. У семенных растений в жизненном цикле преобладает диплоидная фаза спорофита, а гаметофиты — пыльца и семязачатки — существуют короткое время в очень сокращённом (редуцированном) виде. У цветковых растений гаметофиты однополые (мужской — пыльца и женский — семязачатки).



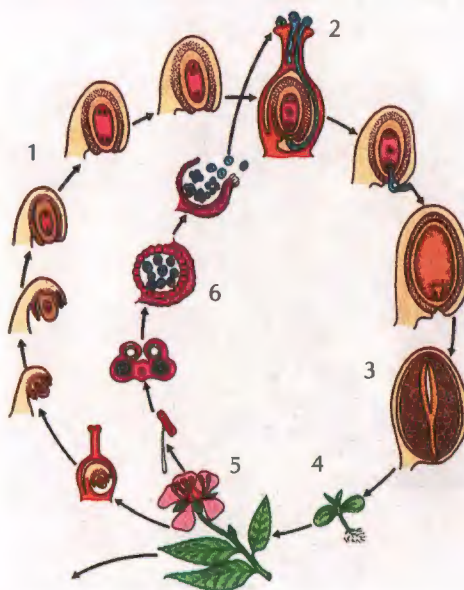


ных веществ. Она образуется в особых органах гаметангиях, которые различаются в разных группах растений. У водорослей и некоторых грибов это одноклеточные образования — оогонии. У мхов и высших споровых (папоротникообразные, плауны, хвощи) растений яйцеклетки образуются в многоклеточных архегониях. У голосеменных растений архегонии с яйцеклетками находятся в семяпочках, у покрытосеменных растений (формируется зародышевый мешок в семяпочке с яйцеклеткой. Архегонии и зародышевый мешок — образования многоклеточные, где яйцеклетка всегда окружена стерильными клетками, выполняющими защитную функцию. Сперматозоиды, которые содержат крупное ядро и очень небольшое количество цитоплазмы, образуются в одноклеточных или многоклеточных гаметангиях — антеридиях. Они должны покинуть антеридий и в капельно-жидкой среде достигнуть шейки архегония, проникнуть в него и, достигнув яйцеклетки, провести оплодотворение. Поэтому для полового процесса в таких группах, как мохообразные и высшие споровые растения, необходима водная среда.

Высшие споровые сосудистые растения размножаются при помо-

щи спор, голосеменные и покрытосеменные — при помощи семян. У семенных растений пыльца, в которой формируются спермии (у некоторых голосеменных сперматозоиды), переносится ветром или опылителями непосредственно на семяпочки (у голосеменных) или рыльца пестиков (у цветковых). Спермии по вегетативной трубке проникают в семяпочку, один из них оплодотворяет яйцеклетку и образует зиготу. Половой процесс в этой группе рас-

◀ В цикле развития папоротника поколение спорофита сменяет поколение гаметофита: 1 — зрелый гаметофит; 2 — зрелый спорофит.



Жизненный цикл развития цветковых растений. Оплодотворение и образование семени: 1 — развитие зародышевого мешка с яйцеклеткой; 2 — завязь; 3 — семя; 4 — проросток; 5 — цветок; 6 — созревание пыльцы.



Кедровка разносит орехи кедра сибирского на значительные расстояния, способствуя возникновению его новых популяций.

тений практически полностью утратил потребность в водной среде для осуществления оплодотворения. Биологическая роль полового процесса в жизни растений по сравнению с бесполом и вегетативным размножением огромна. Организм, развившийся из зиготы, обладает свойствами двух родителей. При образовании новых гамет в процессе мейоза происходит обмен генным материалом гомологичных участков хромосом в процессе кроссинговера. Поэтому новые особи, образующиеся в результате полового процесса, обладают новым сочетанием признаков (новыми генотипами). Происходит перекомбинация наследственных свойств родителей, и увеличивается изменчивость организмов в популяциях, делая их более пластичными.

Энергия размножения и плодовитость

Степень плодовитости растений имеет важное биологическое значение. Формы, образующие множество семян, обладают несомненным преимуществом по сравнению с теми, у которых семян немного. Широко распространённые на Земле виды

Неубранные початки кукурузы успешно проросли в начале весны.



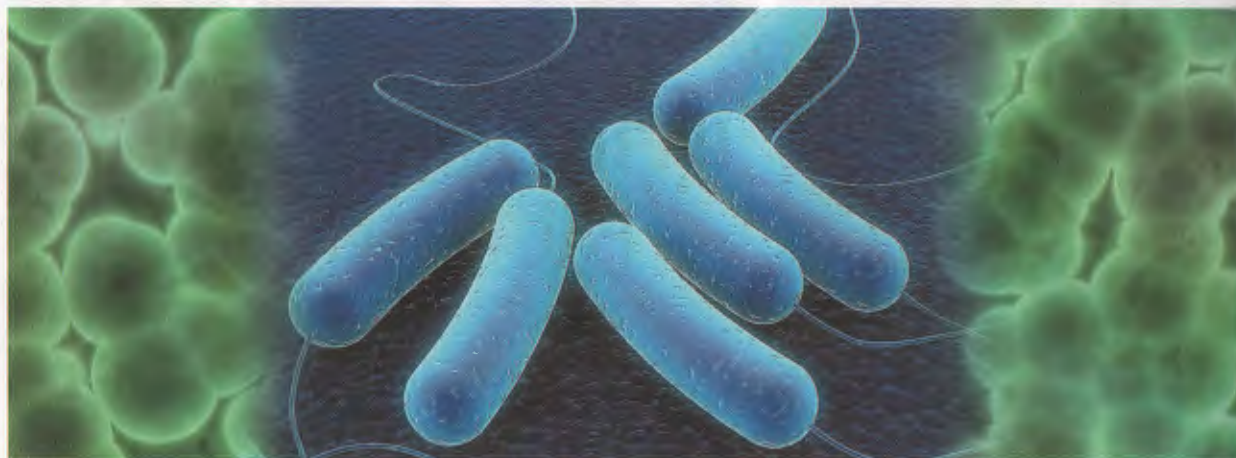
растений обычно очень плодовиты. Однако высокая плодовитость видов далеко не всегда влечёт за собой их повсеместное распространение, так как они часто гибнут как на стадии зародыша, так и в процессе развития. Например, семена орхидей могут прорасти, лишь вступив в симбиоз с грибом определённого вида, который для этого должен присутствовать в почве, поэтому в естественных условиях прорастание орхидей происходит достаточно редко по сравнению с количеством образуемых семян.

Высокая плодовитость многих видов почти полностью компенсируется их эквивалентной гибелью под действием неблагоприятных факторов внешней среды, из-за паразитов, хищников. Это поддерживает относительную стабильность их численности. Хвойные деревья (ели, пихты, сосны), дубы и буки наших лесов дают жизнеспособные семена в достаточном количестве. Благодаря высокой продуктивности, даже когда часть семян уничтожают птицы и грызуны, оставшиеся дают многочисленное потомство в виде проростков. Другие растения пошли по пути образования плодов и семян, которые успешно распространяют животные и птицы.

3

РАЗНООБРАЗИЕ РАСТЕНИЙ





ПРОКАРИОТЫ (PROCARYOTA)

Прокариоты первыми начали осваивать нашу планету.

Мир живых организмов на основе существенных различий в строении их клеток разделяют на две основные группы. Это — прокариоты (*Procaryota*), у которых клетки не имеют оформленного ядра), и эукариоты (*Eucaryota*), клетки кото-

рых обладают оформленным ядром. К прокариотам относят археи и бактерии. В пределах группы эукариот различают царства: Растений, Грибов и Животных на основе их биологической организации (физиологии питания, строения клетки и других особенностей). К царству Растений относятся фотоавтотрофные организмы, способные к фотосинтезу и производству первичного органического вещества — углеводов. В ботанике традиционно рассматриваются также и некоторые гетеротрофные организмы (грибы, лишайники, прокариоты), по ряду признаков связанных с растениями.

К царству (или надцарству) прокариот относятся разнообразные одноклеточные организмы, не имеющие ядра, отграниченного мембраной от цитоплазмы. Они самые, самые... Самые древние и самые современные, самые простые и самые сложные, самые маленькие и самые страшные. Они страшнее



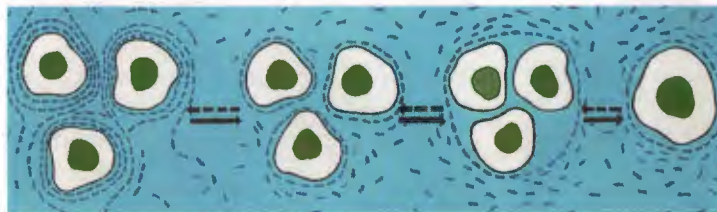


шмика, льва и даже динозавра. Потому что от волка можно убежать, а эти «малыши» находятся повсюду — в воздухе, который мы вдыхаем, в любой луже, в километровых толщах льдов Гренландии и Антарктиды, на дне глубочайшей впадины Мирового океана и на вершине Эвереста. Они живут на наших волосах и коже, летают в приземном слое воздуха и встречаются в тропосфере (на высоте до 30 км).

Когда наша Земля была совсем молодой планетой, когда на её поверхности извергались тысячи вулканов, выбрасывая лаву и газы, а океан представлял собой что-то вроде химического котла, — уже тогда в небольших лужицах плавали обрывки органических макромолекул (от греч. «макро» — «большой»). Их было много, некоторые из них соединялись в длинные цепочки, сети, плёнки-мембраны. Из этих элементов «конструктора» уже можно было собрать клетку.

Учёные установили, что Земле около 4,5 млрд лет (таков и возраст метеоритов, встречающихся в Солнечной системе). Примерно 4 млрд лет назад раскалённая поверхность планеты начала постепенно остывать, и уже через 1–1,5 млрд лет спустя появились живые организмы. Изучая самые древние породы (образовавшиеся 3 — 3,5 млрд лет назад), геологи и биологи обнаружили в них тонкие слоистые структуры, так называемые строматолиты — древнейшие геологические отложения, оставленные живыми организмами. Именно в них были найдены окаменелые остатки (отпечатки) первых клеток.

Самыми примитивными организмами на планете были прокариоты. Их форма приближалась к шарообразной, а энергию они добывали из органических веществ, которые образовывались из неорганических в результате процессов синтеза. Постепенно жизнь на планете совер-



Образование коацерватных капель из отдельных молекул.



шенствовала. Одни прокариоты после многочисленных изменений превратились в разнообразные современные организмы, а другие «живые древности» сохранились до наших дней. Но все без исключения стали важнейшими элементами биосферы Земли, непременными участниками происходящих в ней круговоротов веществ.

Строматолиты — ископаемые остатки цианобактериальных матов.





Роберт Кох (1843 — 1910) — немецкий бактериолог, удостоенный в 1905 г. Нобелевской премии по физиологии и медицине за открытие и выделение возбудителя туберкулеза.

ОРГАНИЗАЦИЯ БАКТЕРИЙ

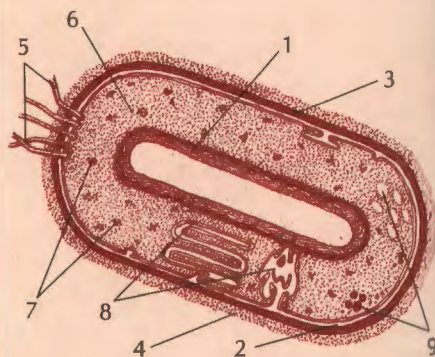
Бактерии (от *греч.* «бактериа» — «палочка») — группа (царство или одно из царств) прокариотических микроорганизмов. Их изучением занимается раздел микробиологии — бактериология. Сейчас известно около 10 тыс. видов бактерий, весьма вероятно, что их более миллиона.

Первый человек увидел бактерию в 1676 г. Это был голландский натуралист Антони ван Левенгук — основоположник научной микроскопии. Термин «бактерии» с 1828 г. стал использовать француз Луи Пастер, в 1850-х гг. он приступил к научному исследованию бактерий, их строения, физиологии, заложил основу медицинской микробиологии. Микробиолог Роберт Кох, работавший с Пастером, стал в 1905 г. лауреатом Нобелевской премии за изучение и разработку научных основ борьбы со страшной болезнью — туберкулёзом. Он открыл возбудителя этой болезни — туберкулёзную палочку и предложил способы борьбы с ней.

После создания в 1930-х гг. электронного микроскопа началось подробное изучение строения бактериальной клетки.

Около 100 лет термины «бактерии» и «прокариоты» были синонимами — так называли любые микроскопические объекты. В конце

СТРОЕНИЕ КЛЕТКИ БАКТЕРИИ



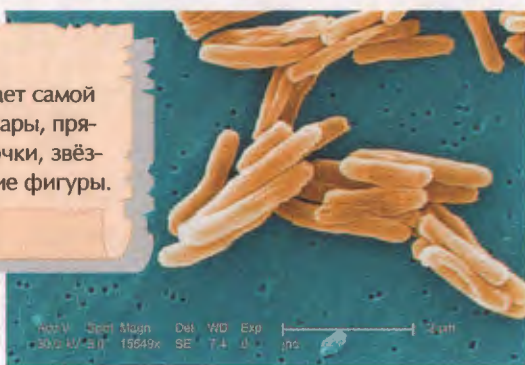
- 1 — кольцевая молекула ДНК,
- 2 — клеточная мембрана,
- 3 — клеточная стенка,
- 4 — слизистая капсула,
- 5 — жгутики, 6 — цитоплазма,
- 7 — рибосомы, 8 — выпячивания мембраны, на которых могут находиться пигменты, ферменты и т.п.,
- 9 — включения запасющих веществ (жиров и углеводов).

1970-х гг. новые данные биохимии и молекулярной биологии заставили разделить прокариоты на одноклеточные археи и эубактерии, а также многоклеточные сине-зелёные водоросли, или цианобактерии.

Приведём самые общие сведения о строении и жизни разных микроорганизмов, называемых бактериями: это одноклеточные либо объединённые в организованные группы палочки или кокки (от *греч.* «кокос» — «зерно»), неподвижные или со жгутиками. Размеры клетки составляют около 0,2 — 10 мкм. Для получения энергии разные бактерии могут использовать неорганическое вещество (литотрофы), органическое (органотрофы), а также солнечный свет (фототрофы). Многие ключевые процессы биологического круговорота, такие, как круговорот азота и серы, производят только бактерии.

Форма бактерий бывает самой разнообразной: это шары, прямые и изогнутые палочки, звёздочки, кубики и другие фигуры.

Туберкулёзная палочка под микроскопом.





Дубактерии

Для того чтобы разобраться в нашем сложном мире, наука прибегает к систематизации объектов и явлений. До создания электронного микроскопа систематику бактерий проводили по устройству их клеточной стенки, окрашивая её специальными реактивами.

В последнее время всё большее значение получает классификация бактерий, построенная на данных молекулярной биологии (по строению нуклеиновых кислот, прежде всего некоторых разновидностей РНК).

По устройству клеточной стенки сейчас выделяют две группы дубактерий — грамположительные и грамотрицательные. Клеточная стенка грамположительных бактерий представляет собой однородный слой толщиной 20—80 нм, в ней расположены поры диаметром 1—6 нм, через них внутрь клетки могут проникать некоторые вещества. У грамотрицательных бактерий к цитоплазматической мембране неплотно прилегает слой пептидо-

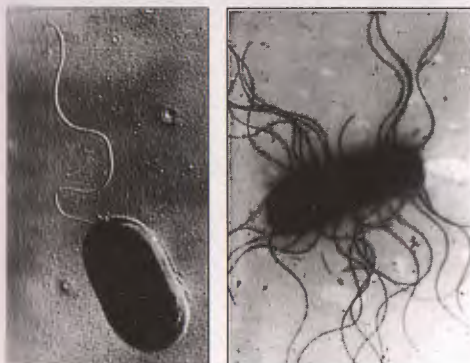


На картине М. Клодта «Последняя весна», написанной в 1861 г., изображена больная туберкулёзом.

гликана. Так называют длинные нити из множества одинаковых молекул, соединённых короткими мостиками в жёсткую и очень прочную сетку. Разрушить эти защитные сети очень трудно (потому-то бактерии такие живучие!). Слой пептидогликана окружён наружной мембраной, как правило искривлённой формы. Пространство между цитоплазматической мембраной, слоем пептидогликана и внешней мембраной заполнено раствором, в котором находятся транспортные белки и ферменты.

У некоторых бактерий есть жгутики, их количество доходит до 1000. Жгутики расположены по-разному: у одного или двух полюсов клетки либо

Бактерии со жгутиками под микроскопом.



Колонии бактерий кишечной палочки в питательной среде в чашке Петри, названной в 1877 г. в честь её изобретателя, немецкого бактериолога Ю. Р. Петри, ассистента Р. Коха.



Бактерии сибирской язвы под микроскопом.

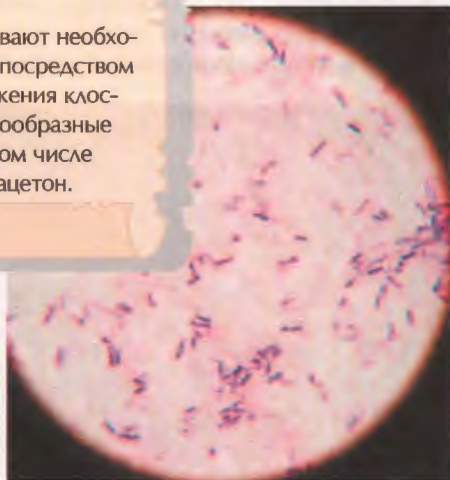


Изучение круговорота железа в почвах и озерах подтверждает ведущую роль бактерий в процессах окисления и восстановления железа. Эти микроорганизмы принимают участие в образовании железных руд.



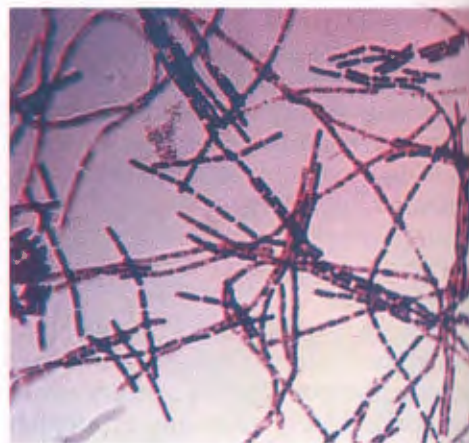
Бактерии клостридии добывают необходимую для жизни энергию посредством брожения. В процессе брожения клостридии вырабатывают разнообразные органические вещества, в том числе спирт, уксусную кислоту и ацетон.

Бактерии *Clostridium botulium* являются возбудителями ботулизма — инфекционного заболевания, поражающего центральную нервную систему.



по всей её поверхности. Толщина отдельного жгутика составляет 10—20 мкм, длина — 3—15 мкм. Жгутик вращается против часовой стрелки с огромной скоростью: в 40—60 оборотов в секунду. Кроме того, бактерии покрыты маленькими ворсинками, их диаметр 5—10 нм, длина — до 2 мкм. С их помощью бактерии крепятся к субстрату и отгоняют продукты жизнедеятельности (метаболиты).

Синтез белков, жиров, углеводов и нуклеотидов у разных бактерий почти не отличается от биохимического синтеза у многоклеточных растений и животных. Среди бактерий есть автотрофы, которые сами синтезируют все необходимые им органические молекулы из неорганических соединений; гетеротрофы, использующие готовые органические соединения; сапрофиты, потребляющие органические вещества, синтезированные другими организмами. Среди бактерий есть и хемотрофы — потребители азота (азотфиксаторы), усваивающие его из неорганических веществ. Энергию бактерии могут запасать за счёт брожения, дыхания и фотосинтеза. Фотосинтез бактерий бывает двух типов — бескислородный и кислородный (с хлорофиллом).



Бактерии размножаются только делением или почкованием. Лишь у некоторых из них наблюдается половое размножение, но в самой примитивной форме. Генетический аппарат бактерий расположен в единственной молекуле ДНК — хромосоме, чаще всего имеющей форму замкнутого кольца. Бактериальная хромосома представлена обычно в одном экземпляре (гаплоидна).

Почкование бактерий происходит следующим образом. Стенка клетки выпячивается, образуя мешочек, часть цитоплазмы и генетического материала (РНК, ДНК) переходит в него. Дальше — всё просто: мешочек перетягивается, и получаются две клетки.

В неблагоприятных условиях бактерии переходят в состояние покоя, замедляя метаболизм (обменные процессы) и образуя эндоспоры. Это обеспечивает их выживание и распространение. Эндоспоры многих бактерий выдерживают экстремальные условия: кипячение при 100 °C — до 10 минут, высушивание — до 1000 лет. Они могут сохраняться в почвах и горных породах в жизнеспособном состоянии тысячелетиями. В современных условиях Земли общая биомасса прокариот оценивается в 350—550 млрд т, в ней запасено 60 — 100 % углерода в сравнении с запасом всех расте-



ний, а азота и фосфора в бактериях существенно больше, чем во всех растениях Земли.

Для бактерий характерны короткий жизненный цикл и большая скорость обновления биомассы, без чего невозможны современные основные биогеохимические циклы. Бактерии могут существовать в присутствии атмосферного кислорода (аэробные) и без него (анаэробные), они формируют почвы, образуют залежи руды, разрушают отмершие растения и животных, поддерживают запасы углекислого газа и кислорода в атмосфере.

Растения преобразуют и обогащают почву, создавая условия для развития различных бактерий, в том числе азотфиксирующих. В свою очередь, такие бактерии улучшают условия минерального питания растений, поставляя им азот.

Бактерии населяют желудочно-кишечный тракт всех животных. Особенно много их у травоядных (заяц, лось, корова, лошадь, бегемот, слон и др.), которые питаются не только растительной пищей, сколько



ко продуктами её преобразования бактериями.

Тысячелетиями человек использовал молочнокислые бактерии для производства сыров, простокваши (йогурта), кефира, уксуса и других очень полезных продуктов. Без бактерий не получишь квашеную капусту и прочие разносолы.

Сейчас бактерии всё больше привлекают к борьбе с вредителями сельского хозяйства и болезнями растений и животных. Перспективными направлениями являются обогаще-

Рак цитрусовых вызывают бактерии. Они поражают листья, плоды и ветви различных сортов этих растений.



Азотфиксацией называется способность организмов поглощать азот. Свободного азота очень много в атмосфере, есть он и в минералах, но растения за миллионы лет так и не смогли создать ферменты, поглощающие его из воздуха или минералов. Бактерии же «научились» этому ещё в незапамятные времена.

Бактерии разрушают отмершие растения.



При консервировании овощей и фруктов используют молочнокислое брожение.

ние руд с помощью сероокисляющих бактерий, переработка отходов, очистка бактериями загрязнённых (особенно нефтепродуктами) почв и водоёмов. Изучение жизни бактерий, особенностей их обмена веществ позволило создать промышленное производство лекарственных и биологически активных препаратов (витаминов, гормонов, ферментов и др.).

Особенности строения и жизни бактерий приводят к тому, что очень

многие из них вызывают у растений и животных разнообразные болезни. Изобретение метода вакцинации и открытие антибиотиков сильно снизили опасность бактериальных заболеваний, а обычная гигиена — мытьё рук перед едой или закаливание — важнее многих лекарств. Известно, что многие бактерии безопасны, но только в том случае, если иммунитет организма многоклеточных растений и животных не нарушен.

ПОЛЕЗНОЕ БРОЖЕНИЕ

В основе процесса брожения лежат простые механизмы получения необходимой для жизнедеятельности энергии прокариотами, в том числе в анаэробных условиях. Эта энергия выделяется при разрушении органических веществ. Такой способ получения энергии более древний, чем процесс дыхания. Об этом говорит и отсутствие у бактерий ферментативного аппарата для использования кислорода воздуха. Кислород для них или безразличен, или даже угнетает развитие. В 1860-х гг. микробиолог Луи Пастер показал в эксперименте, что брожение является результатом жизнедеятельности микробов.

Схема процесса брожения проста: на первом этапе ферменты бактерий разрушают органические соединения (углеводы), затем образуются молочная, масляная, уксусная кислоты и другие вещества и выделяется энергия.

Одно из самых известных брожений — молочнокислое: бактерии разрушают сахара (глюкозу) с образованием молочной кислоты, углекислого газа и других продуктов. В природе молочнокислые бактерии можно встретить повсюду, но чаще всего на поверхности растений. К числу наиболее распространённых молочнокислых бактерий принадлежит *Streptococcus lactis*. Она разлагает сахара без образования газов на две молекулы молочной кислоты. Особенно благоприятна для неё температура +30—35 °С. Другая известная бактерия — *Lactobacillus bulgaricus*, или болгарская палочка. Её обнаружили в болгарском кислом молоке «ягурт» (йогурт). Эта неподвижная бактерия длиной до 20 мкм лучше всего растёт при температуре 40 °С и выше.



Молочно-кислые бактерии человек издавна использует для производства сыров и простокваши.

Кроме производства молочных продуктов этот вид брожения используют при консервировании фруктов и овощей, силосовании кормов для домашних животных. Без молочной кислоты не обойтись при производстве кож и окраске тканей, изготовлении стиральных порошков и пластмасс, лекарств и кондитерских изделий.

При маслянокислом брожении бактерии получают энергию, разрушая углеводы, даже такие высокомолекулярные, как крахмал и гликоген. Основные продукты такого брожения — масляная кислота, углекислый газ и водород, побочные — спирты, молочная и уксусная кислоты.

Маслянокислое брожение в природе происходит в гигантских масштабах на дне болот, в заболоченных почвах, илах и во всех тех местах, куда ограничен доступ кислорода. Благодаря деятельности сбраживающих бактерий разлагаются огромные количества органического вещества.



Даже в пересолённых водах Мёртвого моря живут бактерии.



Все археи — свободно живущие организмы, среди них обнаружен лишь один паразитический организм — *Nanoarchaeum equitans*.

Археи

Археи (*Archaea*) (от греч. «архайос» — «царственный») совсем недавно относили к бактериям и называли археобактериями (*Archaeobacteria*), т. е. древними бактериями. В этой группе объединены очень разные экстремальные прокариоты: метанобразующие, галофилы (обитатели «пересолённых» водоёмов), серные бактерии, аэробные из воды кипящих источников и анаэробные (их обнаружили только в начале 1980-х). Археи устроены совершенно иначе, чем остальные организмы Земли, прокариоты и эукариоты, растения и животные, грибы и водоросли.

Археи были «открыты» лишь в конце 1970-х гг. До этого времени их считали «обычными» бактериями, ведь при рассмотрении таких организмов в световой и даже электронный микроскоп невозможно увидеть какие-либо их отличия от эубактерий. Только после детальных биохимических исследований, при сравнительном анализе одной из рибосомных РНК, выполненном на представителях этих прокариот, удалось выявить их отличия от всех других земных организмов, настоящих бактерий и эукариот. Эти разли-

чия настолько велики, что позволяют говорить о независимом происхождении бактерий и архей, выделяя их в самостоятельные подцарства.

Для архей характерны особые синтез белков, молекулярная структура клеточной стенки, биохимия обмена веществ. Археи не могут производить сложные гидролитические ферменты, без которых невозможно расщеплять сложные органические вещества биологического происхождения. Их большая часть — хемотробы (получают энергию от химических реакций неорганических соединений). Среди них есть даже виды, способные к фотосинтезу, но вместо привычного хлорофилла у них «работает» бактериородопсин — пигмент, весьма сходный с родопсином, зрительным пигментом нашего глаза.

По форме клеток археобактерии напоминают эубактерии. Они представляют собой кокки, палочки, извитые клетки. Под электронным микроскопом клетки археобактерий принципиально не отличаются от клеток эубактерий (больше похожи на их грамположительную ветвь). У археобактерий нет ядра и органелл, окружённых мембраной, хромосомная ДНК в виде нуклеотида располо-



В некоторых водоёмах синезелёные водоросли могут размножаться с огромной скоростью, при этом вода становится мутной и приобретает зеленоватый оттенок.



Так выглядит сине-зелёная бактерия под микроскопом.



жена непосредственно в цитоплазме, имеет вид электронно-прозрачной зоны, заполненной нитями ДНК.

От внешней среды клетки архебактерий отделены клеточной стенкой. У одних она в виде толстого гомогенного слоя, у других — тонкого, структурированного, а у некоторых нитчатых форм сверху клеточной стенки расположен чехол, объединяющий несколько клеток. Многие виды имеют жгутики и ворсинки эубактериального типа. В цитоплазме некоторых архебактерий обнаружены газовые вакуоли и запасное вещество гликоген, что присуще многим эубактериям.

В клетках архебактерий найдены макромолекулы (липиды, полисахариды, белки), не встреченные ни у бактерий, ни у эукариот.

В клеточных стенках архебактерий не обнаружен характерный для эубактерий пептидогликан, хотя под

электронным микроскопом их клеточные стенки выглядят как однородный слой толщиной 15—40 нм, внешне ничем не отличающийся от клеточной стенки грамположительных эубактерий.

Цианобактерии

Цианеи (они же цианобактерии, синезелёные водоросли, синезелёные бактерии) — примитивные и крайне живучие микроорганизмы, относящиеся к прокариотам. Молекулы их ДНК и РНК просто «плавают» в цитоплазме, т. е. клеточного ядра эти организмы не имеют.

Цианеи — анаэробные организмы, очень сложные и очень древние формы жизни — им уже более 3 — 3,5 млрд лет! Для них характерен наиболее эффективный тип синтеза органических веществ — фотосинтез, идущий с выделением серы и её соединений. Он проходит только в присутствии восстановленных соединений серы (таких, как сероводород). Однако цианеи «научились» использовать вместо сероводорода обычную воду, что в давние времена обеспечило им широкое распространение и огромную биомассу.

Эти «изобретатели» долгое время были основными производителями кислорода в древнем океане, а сегодня





на планете обитает всего лишь около 2000 их видов. В архее и протерозое значительные участки морских мелководий покрывали плёнки и «коврики» («маты»), состоявшие из цианей, в результате возникали строматолиты. И сейчас кое-где в экстремальных биотопах (например, в прибрежных пересолённых лагунах Австралии) идут такие же процессы.

Помимо цианобактерий в архее и протерозое существовало огромное разнообразие других прокариотических организмов. К сожалению, по ископаемым остаткам крайне трудно что-то сказать об их образе жизни, метаболизме и других важнейших свойствах. Есть косвенные свидетельства, что огромные залежи железных руд в протерозое сформировались благодаря деятельности железобактерий.

Цианеи — удивительные живые организмы, они включены в разные классификации. В одной их называют бактериями (из-за отсутствия ядра), в другой — растениями (так как они способны к фотосинтезу).

Синезелёные — микроскопические объекты, они могут быть одноклеточными или нитчатыми, образуя скопления в виде корки либо кустиков высотой до 20 см. Многие из них становятся симбионтами и входят в состав лишайников. В их клетках есть различные пигменты, придающие цианеям чаще всего сине-зелёную окраску, но встречается также розовая, красная и почти чёрная. Если эти организмы бурно развиваются, то вода окрашивается — «цветёт».

Синезелёные чутко реагируют на изменения освещённости в течение суток. Если на них попадает солнечный свет, они растут в высоту и их цвет становится более зелёным. Когда освещение ослабевает, рост происходит в ширину, цвет темнеет и постепенно цианеи синеют.

Синезелёные, одна из древнейших форм жизни на Земле, — это очень



Бактериальный коврик на побережье озера.



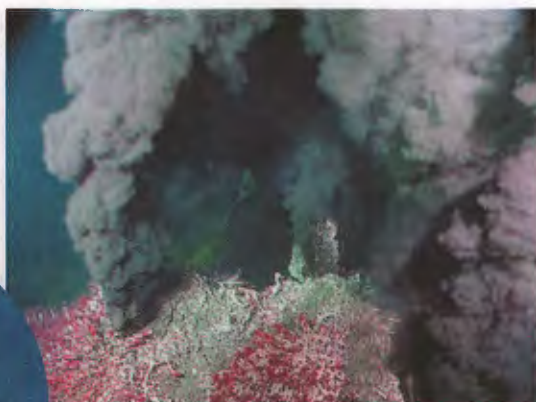
«Цветущая» вода, в которой синезелёные бурно развиваются, опасна для других живых организмов.

выносливые прокариоты. Несмотря на свою древность, они заселяют всю планету. Их можно встретить в морях и океанах, лужах и реках, в тонком слое воды на почве, на камнях и в порах известняка. Но, конечно же, им трудно конкурировать с эукариотами, поэтому в настоящее время они отступили в так называемые крайние местообитания, неудобные для высших форм жизни. Обычно это непроточные водоёмы или водоёмы с медленно текущей водой — реки и каналы, озёра и пруды, совсем небольшие лужицы, канавы и даже дорожные колеи. Когда становится очень жарко и в воде остаётся мало кислорода — они начинают активно развиваться, и водоём «цветёт». Растения и животные чувствуют себя в такой воде очень плохо, начинают болеть и даже могут погибнуть...

Но всё же современные условия существования, прежде всего обилие кислорода на планете, не дают синезелёным главенствовать на Земле. Однако цианеи существуют повсюду. Они найдены даже на вершинах Гималаев, в суровых условиях Арктики и Антарктиды, но особенно впечатляет их жизнь в океанских впадинах на глубине 5—10 км, там, где давление водных толщ огромно и полная темнота. В некоторых местах на океаническом дне извер-



Цианеи развиваются даже в тех районах океанического дна, где образуются «чёрные курильщики».



гаются подводные грязевые вулканы, и образуются чёрные курильщики. Впервые они были обнаружены в 1980-х гг., на дне Тихого океана. Вскоре выяснилось, что в ядовитой и обжигающей среде на склонах подводных вулканов существует совершенно особая жизнь, уникальные природные сообщества, составленные «экстремалами». Там, где на глубине нескольких тысяч метров магма подходит близко к поверхности, бьют горячие источники, выбрасывая кипящую жижу с огромным количеством растворённых солей и газов, в том числе и ядовитых для всего живого, цианеи живут и чувствуют себя хорошо. Для них кислород — страшный яд, а сероводород — вкусная пища.

Вирусы изучают с помощью специальных микроскопов с большой осторожностью.



ВИРУСЫ

Вирусы (от *лат.* *virus* — «яд») — неклеточные формы жизни, микроскопические частицы, способные проникать в определённые клетки живых организмов и размножаться в них. Вирусы, как и всё живое на нашей планете, имеют собственный генетический аппарат, но... он становится активным и начинает синтезировать свои белки только в клетке хозяина.

Вирус представляет собой крупную частицу нуклеопротеида — небольшое количество РНК или ДНК, покрытых плотной защитной белковой оболочкой. У многих вирусов в геноме всего лишь от 3 до 100 генов.

Открыли вирусы в 1892 г., а увидеть смогли только после создания электронного микроскопа. С тех пор



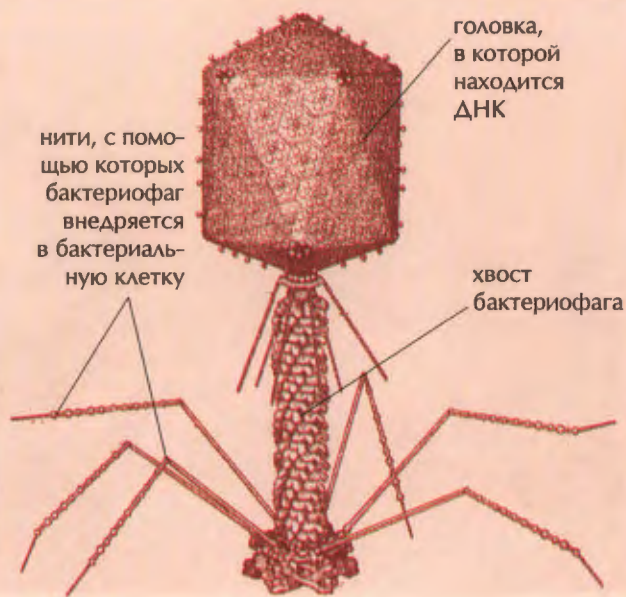
Фотография смертельно-опасного вируса Эбола, который вызывает геморрагическую лихорадку, — на 90 % летальное заболевание, поражающее людей и некоторых приматов. Вирус выделен в районе реки Эбола в Демократической Республике Конго.



БАКТЕРИОФАГИ

Бактериофаги открыл в 1917 г. американский микробиолог Ф. Х. д'Эррель (1873—1949), изучавший бактерию — возбудителя дифтерии. Во время работы он обнаружил, что колонии бактерий, похожие на пуховые подушечки, которые росли в закрытых стеклянных чашках на стерильной желеобразной среде, погибали, как будто их кто-то разрушал. Это были бактериофаги. Они прикреплялись к стенке бактериальной клетки, растворяли небольшой участок и вбрасывали в цитоплазму свою ДНК. Через 10—15 минут после заражения в клетке бактерии оказывалось полным-полно вирусных частиц, а вскоре на месте бактерии появлялись сотни бактериофагов.

В первой половине XX в. предпринимались попытки использовать бактериофаги для лечения различных бактериальных заболеваний человека, но безуспешно. Оказалось, что в многоклеточном организме эффективность бактериофага слишком низкая. Зато эти борцы с бактериями — самые обычные и очень многочисленные обитатели



Земли, они очищают от бактерий солёные воды Мирового океана и пресные воды материков. Да и в кишечнике человека их очень много.

вирусы стали предметом пристального внимания исследователей да и большинства людей на Земле. Дело не только в том, что они вызывают страшные болезни, быстро распространяющиеся по планете, но и в их важнейшей роли в поддержании круговорота органических веществ и живом покрове Земли.

Фильтрующиеся вирусы, проникающие через мелкие поры фарфоровых фильтров, были открыты в 1892 г. российским ботаником Д. И. Ивановским (1864—1920), изучавшим болезни растений («табачную мозаику»). Термин «вирус» введён в 1899 г., после того как голландский микробиолог М. Бейеринк (1851—1931) подтвердил открытие Ивановского.

Вирусы — одна из самых больших загадок науки. На Земле они распространены повсюду, где есть жизнь. Это самые мелкие объекты, вне клетки хозяина они находятся в состоянии покоя, т. е. совер-

шенно инертны. Некоторые из них имеют правильную геометрическую форму — цилиндра или многогранника, представляя собой кристаллы. В таком состоянии вирус называют вирионом — вирусной частицей, особой формой существования вируса вне живой клетки.

Происхождение вирусов до сих пор так и не выяснено. Предполагают, что они произошли при упрощении более сложных микроорганизмов при переходе их к внутриклеточному паразитизму. Возможно, вирусы — результат обособления отдельных молекул нуклеиновых кислот или органоидов клетки (митохондрий либо хлоропластов). Есть гипотеза, что вирусы — это сохранившаяся форма перехода от органических молекул к их системе — клетке-организму.

В настоящее время выделяют три группы этих объектов: вироиды, бактериофаги и вирусы. Наиболее про-



Модель бактериофага.



В бактериологической лаборатории.

стоя форма — вирионы, состоящие только из коротких кольцевых фрагментов транспортной РНК, окружённых плотной белковой оболочкой. Молекулы РНК вирионов не могут синтезировать белки, но когда попадают в клетки растения-хозяина, заставляют его ферменты «строить» макромолекулы для себя.

Размеры вирусов от 10 мкм (вирус ящура) до 275 мкм у вируса пситтакоза (тяжёлая болезнь, переносимая попугаями). Вирус проникает в специфические для него (строго определённые) клетки растений или животных и «размножается», создавая новые вирусные частицы.

На самом деле это не размножение в привычном понимании этого слова. Вирус меняет обмен веществ в поражённой клетке так, что её ферменты сами начинают строить новые молекулы белков, чужих или даже вредных для организма-хозяина.

Вирусы являются возбудителями многочисленных болезней растений и животных. Для человека это оспа, бешенство, корь и другие, в том числе и всем нам хорошо известный грипп.

В наше время вирусам и бактериям «нашли работу» в биотехнологии и биоинженерии. Вирусы могут «захватить» нужный ген из одной клетки и перенести его в другую. Таким образом создаётся организм с новыми свойствами.



ГРИБЫ (MYCOTA или FUNGI) И ЛИШАЙНИКИ (LICHENES)

ГРИБЫ

Или существа сильно различаются по форме, размерам и окраске. После тёплых летних дождей и осенью их внезапно становится много. Кто они — животные или растения, у которых нет цветов и плодов? Как появляются? От очень сильной росы, ударов молнии или из гниющих растений? Долго не удавалось установить, что представляют собой эти необычные организмы. Некоторые учёные даже предлагали относить их к минералам, с которыми находили больше сходства, чем с растениями и животными. Трудности, с которыми столкнулись биологи, изучая грибы, можно выразить словами некоторых ботаников начала XIX в., называвших их «дьявольскими произведениями, нарушающими общую гармонию природы: растениями без цветов — проклятым поколением, созданным для того, чтобы смущать исследователей». Тем не менее знания об особенностях грибов посте-

пенно накапливались, и ещё в 1601 г. голландский ботаник Чарлз Ключиус (1525—1609) создал первую их классификацию. В ней выделено более 100 видов грибов, объединённых в два класса — съедобные и вредные.

Грибы — очень древние организмы, появившиеся на Земле в конце мезозоя (более 185 млн лет назад) — таким возрастом датиру-

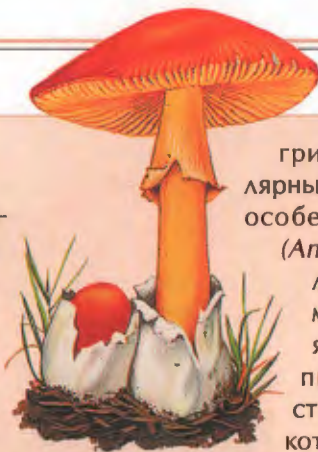
Летний опёнок растёт группами на пнях лиственных пород деревьев.





УЖ ЭТИ СТРАННЫЕ ГРИБЫ!

Грибы настораживают и удивляют своими свойствами, а также способностью пронизывать все сферы земной жизни. Их изучают более 20 веков — начиная с Аристотеля (IV в. до н. э.). Они будоражат умы всех известных биологов, до наших дней практически оставаясь загадкой, в которой переплетаются научные знания и легенды. С древности их ценили за пищевые качества, и в то же время известно множество случаев



Цезарский гриб
или мухомор
Цезаря.

грибных отравлений. Они были популярны в Древней Греции и Древнем Риме, особенно кесарев, или цезарский, гриб (*Amanita caesaria*), обладающий великолепным вкусом. Он относится к роду мухоморов, в котором многие виды ядовиты. В Древней Руси привычной пищей «губы» (так называли грибы) стали с X в., с принятием христианства, которое требует соблюдения длительных постов с запретом на мясную и молочную пищу (в православии на них приходится около 200 дней в году).

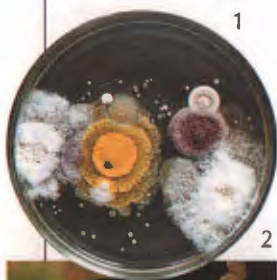
ют отложения, в которых найдены остатки грибов, имеющих сходство с некоторыми современными видами. Многие учёные считают, что грибы произошли от водорослей, другие полагают, что они имели общих с водорослями предков из примитивных групп, например жгутиковых.

Грибы захватили всю планету — от суровых приполярных областей до тропиков, встречаются не только на лугах, в лесах, горах, но и на болотах, в пустынях, городах и даже в водоёмах, их споры обнаружены на ледниках Антарктиды и в атмосфере. Многие семейства грибов космополиты — обитают на большей части земного шара, а некоторые имеют узкий ареал. Их мир огромен: в настоящее время насчитывают около 100 тыс. видов. По числу видов, разнообразию размеров, форм и окраски первенство у грибов тропических лесов, но более полно изучены те, что распространены в густонаселённых странах Европы и Северной Америки с умеренным климатом.

Грибы относятся к царству эукариот (*Eucarya*), единственному отделу — настоящие грибы (*Eumycota*), подцарству хитиновых грибов (*Mycobionta*), объединяющему одноклеточные и многоклеточные организмы, отличающиеся от растений и животных своим строением, размно-

жением и образом жизни и в то же время имеющие сходство и с теми, и с другими. Так же, как животные, они являются гетеротрофами — питаются готовым органическим веществом, выделяют мочевины — конечный продукт белкового обмена животных; в оболочках клеток содержат хитин — вещество, образующее наружный скелет насекомых, ракообразных и членистоногих; в клетках запасают животный крахмал — гликоген. Они похожи и на растения: прикреплены к субстрату, нарастают верхушкой гифа, имеют клеточные стенки, всасывают воду и растворённые вещества из субстрата.

У грибов, как и у всех живых организмов, происходят процессы ассимиляции (питательные вещества усваиваются живыми клетками, и грибы строят своё тело), а также процессы диссимиляции (дыхание — распад органических веществ с освобождением энергии). У некоторых грибов (бледная поганка, опёнок) дыхание сопровождается свечением. Основной тип питания большинства грибов — сапротрофный: с помощью ферментов они превращают сложные углеводы — целлюлозу, из которой в основном состоят клеточные оболочки растений, а также белки, содержащиеся в мёртвых органических остатках, — в простые вещества.



1



2



3

Споры плесневых грибов (1) в чашке Петри.
Гриб-трутовик (2) на ольховом пне.
«Серая плесень» — гриб мукор (3)

тем, как и растения, они всасывают растворённые питательные вещества осмотическим путём — благодаря разнице давлений клеточного сока и всасываемого раствора.

Большая часть грибов — обитатели суши, но некоторые относятся к водным организмам. Например, сапрофитные грибы живут в воде на икре рыб, мёртвых растениях, органических остатках, разлагающихся трупах.

В жизни природы роль грибов огромна: они участвуют в круговороте веществ — разрушают и минерализуют мёртвое органическое вещество. При этом уничтожаются многие патогенные (болезнетворные) микроорганизмы и повышается плодородие почвы. Грибы имеют большое значение в жизни человека: из них получают антибиотики (пенициллин и др.), лимонную кислоту, гиббереллин — вещество, ускоряющее развитие и рост растений; препараты для борьбы с вредными насекомыми (боверин) и растениями (триходермин), используют как пищевые и лекарственные продукты. Многие грибы являются вредными — это ядовитые, а также паразитные грибы, которые приводят к потере урожая, порче пищевых продуктов, древесных, пластмассовых и металлических конструкций, вызывают заболевания (микозы) у человека, животных и растений.



Наука о грибах называется микологией (от греч. «микес» — «гриб» и «логос» — «наука»). Её основателями считаются немец Х. Персон (1755—1837) и швед Э. Фриз (1794—1878).

СТРОЕНИЕ БАЗИДАЛЬНОГО ГРИБА



Строение грибов

Клетки грибов имеют твёрдую оболочку — клеточную стенку. Внутреннюю часть клетки занимает протопласт, он включает содержимое клетки вместе со всеми органеллами. Протопласт окружён оболочкой — цитоплазматической мембраной, регулирующей обмен между клеткой и окружающей средой. В клетке есть органеллы, вакуоли (как у растений), в которых запасаются питательные вещества — волютин, липиды (жиры), гликоген. Клетка имеет одно или несколько ядер. Ядро окружено двойной мембраной, в нём есть ядрышко.

Плодовые тела грибов:

- 1 — алый мухомор;
 - 2 — гриб-зонтик;
 - 3 — ангел смерти;
 - 4 — рогастики;
 - 5 — «дама под вуалью»;
 - 6 — мокруха пурпуровая;
 - 7 — древесные грибы;
 - 8 — склеротинии;
 - 9 — гриб-призрак.
- Строение гриба: споры образуются на пластинках в нижней части шляпки гриба; гифы гриба составляют его ножку.



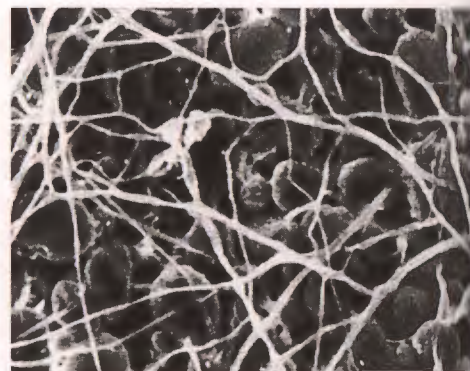


СКЛЕРОЦИИ

Для некоторых грибов характерны видоизменения мицелия, так называемые склероции — плотные переплетения гиф, наполненные питательными веществами. Из них могут развиваться или новый мицелий, или органы спороношения. Например, гифы спорыньи (сумчатые грибы) образуют жёсткие чёрные уплотнения длиной 1—3 см, похожие на рожки, торчащие из колоса злака. Осенью склероции падают на почву и сохраняются даже в холодные зимы. Склероции тропических грибов могут иметь огромные размеры, например у полипоруса (базидиомицеты), обитающего в лесах Бразилии, они до 30 см в диаметре и весом до 20 кг. Они очень вкусные и используются в пищу.



► Гифы гриба под микроскопом.



и хроматиновое вещество, из которого образуются хромосомы. Цитоплазма содержит белки, ферменты, углеводы, аминокислоты и липиды.

Грибы могут быть одноклеточными, но большинство имеет вегетативное тело, состоящее из нитевидных, ветвящихся гиф (от *греч.* «гифе» — «сеть», «ткань»).

Гифы нарастают только верхней частью (где находятся меристемы), и поэтому молодые ветви гифов всегда располагаются возле их верхушек. Гифы формируют мицелий (от *греч.* «микес» — «гриб») или грибницу, которая может занимать большую поверхность. В высокоорганизованных классах грибов при образовании органов спороношения или в вегетативных органах гифы плотно переплетаются и образуют ложную ткань — плектенхиму. Её называют также плодовыми телами, а в

обиходе — грибами. Плодовые тела очень разнообразны. У грибов класса аскомицетов наиболее часто встречаются следующие формы: бокалов (дискомицеты), замкнутых округлых, полужамкнутых кувшиновидных или раскрытых блюдцевидных образований (эуаскомицеты), шляпки с ножкой (сморчковые). Плодовые тела базидиомицетов могут иметь форму копыта (трутовые грибы), кораллов (рогатиковые), шляпки с ножкой (агариковые), причудливую форму «грибов-цветов», особенно распространённую у тропических видов (гастеромицеты).

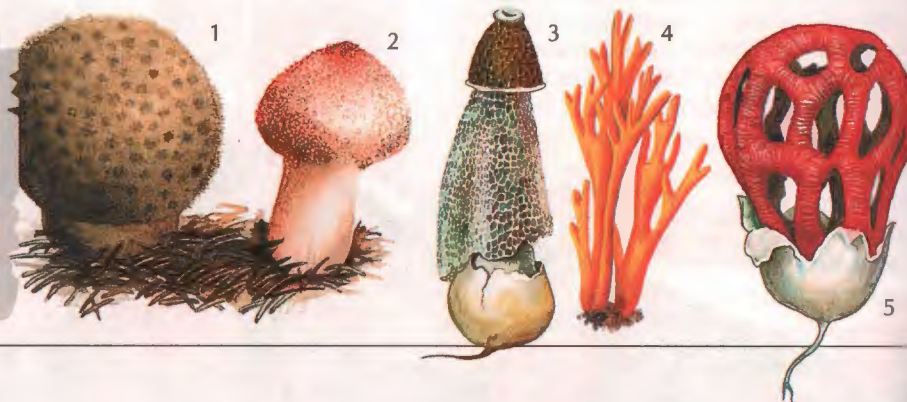
Параллельно расположенные гифы могут соединяться, образуя тяжи мицелия — ризоморфы, по которым к плодовым телам поступают питательные вещества и вода и с помощью которых захватываются новые участки почвы. Толщина тяжей достигает нескольких миллиметров, а длина — нескольких метров (опёнок, дождевик, белый гриб, домовые грибы).

Виды грибов:

- 1 — шиповатый дождевик;
- 2 — умбровый дождевик;
- 3 — диктиофора или «дама под вуалью»;
- 4 — гриб-рогатик;
- 5 — решёточник красный (очень редкий гриб).



Спора (от *греч.* «спора» — «семя») — специальная клетка, отделяющаяся от материнского организма и служащая для бесполого размножения.





Классификация грибов

Современная классификация грибов основана на анализе многих признаков, включая ход их развития, особенности строения органов, обеспечивающих половое размножение — половое спороношение. Грибы объединены в шесть классов: хитридиомицеты (*Chytridiomycetes*), зигомицеты (*Zygomycetes*), сумчатые грибы, или аскомицеты (*Ascomycetes*), базидиомицеты (*Basidiomycetes*), несовершенные грибы (*Deuteromycetes*) и лишайники (*Lichenes*).

Хитридиомицеты

Класс хитридиомицетов включает микроскопические грибы, вегетативное тело которых имеет наиболее простое строение — состоит из отдельных клеток или образует многоядерный таллом, не имеющий поперечных перегородок.

Известно около 500 видов хитридиомицетов, их большая часть — интруклеточные паразиты пресноводных и морских водорослей, высших водных растений и животных, обитающих в воде. Многие хитридиомицеты паразитируют на наземных растениях (например, синхитриум — возбудитель рака



картофеля), а некоторые развиваются на отмерших растениях и трупах животных.

Зигомицеты

Класс зигомицетов объединяет 500 видов, вегетативное тело которых обычно не имеет перегородок и представляет собой одну гигантскую клетку, содержащую большое число ядер. Эти грибы развиваются на отмерших растениях и трупах животных, а некоторые — на живых растениях, насекомых, крошечных почвенных животных, домашних животных и на человеке, вызывая у них заболевания — микозы. Поселяясь на продуктах питания — овощах, фруктах, как, например, ризопус, похожий на чёрную вату, зигомицеты приводят к их порче.

Сумчатые грибы, или аскомицеты

Этот класс включает около 30 тыс. видов. Из них только дрожжи имеют одноклеточное вегетативное тело в виде почкующихся клеток, а у остальных оно нитевидное, сильно разветвлённое, разделено поперечными перегородками. В перегородках имеются простые поры. Высокоорганизованные сумчатые грибы (например, сморчки, строчки) образуют микроскопические или крупные плодовые тела. Многие виды паразитируют на насекомых (аскосфера),

Первую сводку по морфологии и систематике грибов составил в начале XX в. американский миколог Г. М. Фитцпатрик (1886—1949). Итальянский миколог П. А. Саккардо (1845—1920) опубликовал в 1882—1931 гг. описание 74 323 видов грибов земного шара.

Плесень — это плесневые грибы, в основном зигомицеты, которые образуют ветвящиеся мицелии и мелкие (плохо видимые невооружённым глазом) плодовые тела.



Гриб ризопус — серая головчатая плесень под микроскопом.

Плодовые тела сумчатого гриба склеротинии.



Трудно найти грибы, равные по вкусовым качествам белым.

растениях (мучнисторосяе грибы), вызывая их заболевания и образование «ведьминых метел» на деревьях (берёза, граб), портят пищевые продукты. Около 10 видов относятся к ядовитым грибам. Из пеницилла и аспергилла производят антибиотики, а дрожжи и съедобные сморчки, трюфели и другие аскомицеты используют в кулинарных целях.

Базидиомицеты

Класс базидиомицетов объединяет 30 тыс. видов, их гифы имеют перегородки и разделены на клетки. В этот класс входят грибы с крупными плодовыми телами (трутовики, весёлки) и микроскопические (ржавчинные, головнёвые), вызывающие болезни растений. Ядовитых базидиомицетов около 150 видов (мухомор, бледная поганка и др.), много среди них и съедобных грибов (лисичка, белый гриб, подосиновик, рыжик).

Несовершенные грибы

В данный класс входят около 30 тыс. видов. У его представителей известно только бесполое размножение с помощью спор, а половой стадии нет. Это разнородная группа грибов, объединённых в класс по внешнему сходству, а не по общему происхождению. Только с помощью анализа ДНК для большей части несовершенных грибов удалось выяснить их родственные связи и найти им место в современной классификации. Многие несовершенные грибы

ДРОЖЖИ

Сумчатые грибы рода дрожжи относят к наиболее древним организмам, выращиваемым человеком. Их применяли в Древнем Египте, странах Двуречья и Средиземноморья для приготовления сброженных продуктов. И в наше время без них трудно приготовить хорошие пироги, хлеб, квас, вино, пиво. В странах Азии для этих целей используют грибы семейства мукоровых (зигомицеты) и готовят сброженные продукты питания из риса и сои (например, соевый сыр, тофу, темпе). Некоторые виды дрожжей и мукоровых — паразитические, они вызывают микозы у растений и человека.

К зигомицетам относится много необычных видов. Например, виды семейства пилоболовых умеют... стрелять! Они обитают на пастбищах, на конском навозе. Их крупные, диаметром до 1,5 мм, стилоспоры тонкой струёй отлетают от гриба на расстояние до 2 м и, ударяясь о растение, разбиваются, при этом каждая высypает до 70 тыс. спор. Вместе с пастбищными растениями животные съедают споры, а затем отлагают их с экскрементами. Споры прорастают, начиная новый цикл развития грибов.



Вид дрожжей сахаромицеты (или сахарный гриб), развивающийся на ягодах винограда, необходим для изготовления вина.





оказались близки к аскомицетам, а некоторые — к базидиомицетам.

Лишайники

Эта группа организмов входит в царство грибов, объединяет комплексные организмы, возникшие в результате симбиоза грибов с водорослями, имеющие отличительные морфологические и химические особенности. Лишайники образуют грибной компонент — аскомицеты, реже базидиомицеты и растительный компонент — зелёные водоросли (коккомикса, клорелла, требуксия и др.) или одноклеточные и нитчатые цианобактерии (носток, хроококкус и др.).

Размножение грибов

Грибы могут размножаться вегетативным, бесполом и половым путём. Вегетативное размножение происходит разными способами. У базидиомицетов — кусочками гиф, которые могут развиваться самостоятельно (шампиньоны), или клетками с толстыми оболочками — хламидиоспорами, образующимися на гифах (головневые грибы). У сумчатых грибов (мучнисторосяные) вегетативное размножение идёт с помощью коротких клеток — артростор, на которые распадаются гифы, и из каждой раз-



ВОЛШЕБНЫЕ ГРИБЫ ИЗ МЕКСИКИ

Много легенд связано с мексиканскими «волшебными грибами», известными с XVI в. Европейцы узнали о них от монаха-францисканца Бернардино де Саагуна. В составленных им летописях указано, что индейцы ацтеки и майя едят чудесные грибы во время религиозных праздников, чтобы войти в транс и вызвать видения, а также поклоняются их каменным изваяниям. Только в 1953 г. американскому микологу Р. Дж. Уоссону удалось увидеть их и попробовать...

Они относятся к базидиомицетам, роду псилоцибе и содержат вещества не ядовитые, но вызывающие глубокие изменения в психике человека, сопровождающиеся галлюцинациями. Сегодня известно 25 видов галлюциногенных грибов, к которым принадлежат также ядовитые и даже смертельно ядовитые виды мухомора. В европейских странах такие грибы запрещены к продаже.



Красный мухомор был священным у древних майя и ацтеков.

вивается новый организм. Грибы размножаются также почкованием гиф или отдельных клеток (дрожжевые и головневые). При этом способе дочерние организмы получают те же признаки, которые были характерны для родительских форм.

Бесполое размножение наиболее важно для хитридиомицетов и сумчатых грибов. Те из них, что живут в воде, размножаются, как и водоросли, подвижными зооспорами, перемещающимися с помощью жгутиков.

Грибы, обитающие на суше, размножаются неподвижными спорами — конидиями (от *греч.* «конис» — «пыль»), которые переносят ветер, дождевая вода или животные, поедающие грибы. Споры образуются в особых органах на концах выростов, появляющихся на гифах, — конидиеносцах. Конидии приспособлены к неблагоприятным условиям, имеют защитную оболочку и могут распространяться более, чем на 1000 км.

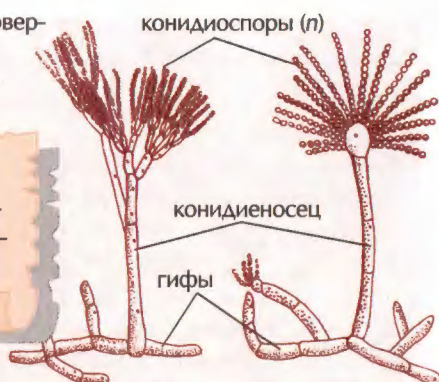
Грибы шиитаке используют в медицине и косметологии, их родина — Китай. Обычно шиитаке выращивают на стволах кастанопсиса длинноостроконечного.



Бесполое размножение несовершенных грибов происходит с помощью спор — конидий.



В 1 г почвы может содержаться от нескольких сотен до миллиона зачатков грибов.

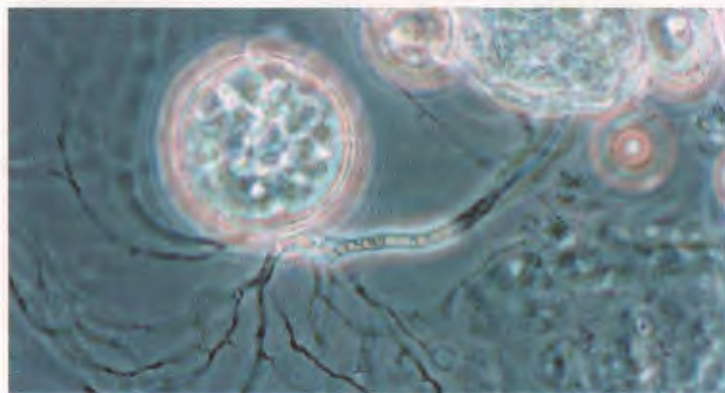


У зигомицетов при бесполом размножении споры — спороцисты образуются в результате клеточного деления, а затем они высвобождаются и распространяются по воздуху. Попадая в подходящие для них условия, спороцисты превращаются в конидии и сначала образуют проростковую трубку, а затем — гифы. Споры образуются в спорангиях — специальных органах, сидящих на гифах и поднимающихся над субстратом, а затем переноситься с помощью ветра. Спорангии по-разному устроены, различаются по размерам и могут содержать от четырёх спор до 70 тыс.

Половое размножение грибов

При половом размножении образуется больше новых особей, чем при других видах размножения, а также происходит полное обновление организма. Половое размножение различается у разных грибов.

Микроскопические грибы хитридиомикеты обитают в водной среде и паразитируют на водорослях и беспозвоночных.



Половой процесс хитридиомикетов

Для хитридиомикетов характерны три типа полового процесса: анизогамия, изогамия, оогамия.

При анизогамии (от греч. «анизо» — «неравный» и «гамос» — «брак») обе гаметы подвижны, но различаются по величине, на концах гиф полового поколения — гаметофита, отделённых перегородками (септами), формируются гаметангии, в которых образуются, а затем высвобождаются гаметы (n). Женские гаметы путём хемотаксиса привлекают мужские гаметы и после оплодотворения возникает диплоидная зигота ($2n$). Сначала зигота имеет жгутики, необходимые для передвижения. Из неё прорастает спорофит, внешне сходный с гаметофитом. На концах гиф спорофита обособляются толстостенные спороцисты ($2n$), которые отпадают и после периода покоя претерпевают редукционное деление — мейоз и высвобождают гаплоидные споры (n), прорастающие в гаметофиты.

Изогамия (от греч. «изос» — «равный» и «гамос» — «брак») — тип полового процесса, при котором обе гаметы подвижны и одинаковы по размерам.

При оогамии (от греч. «оион» — «яйцо» и «гамос» — «брак») одна гамета (яйцеклетка) крупная и неподвижная, а другая (сперматозоид) меньше по размерам и подвижна. Оогамный половой процесс происходит с помощью неподвижных вздутых одноядерных женских половых органов — оогоний, расположенных на концах гиф над сперматогониями — мужскими половыми органами, которые высвобождают одноядерные, одножгутиковые сперматозоиды (n).

После оплодотворения яйцеклетки в оогонии образуется зигота ($2n$), которая прорастает проростковой трубкой.



СТРОЕНИЕ АСКОМИЦЕТОВ (СУМЧАТЫХ ГРИБОВ)



Половой процесс зиготомицетов

Половой процесс зиготомицетов называется зиготогамией. В его начале на концах растущих навстречу друг другу гиф образуются короткие одноклеточные боковые ответвления, представляющие собой мужские и женские гаметангии. Это гаплоидная фаза развития, так как половые клетки имеют половинный, гаплоидный (n) набор хромосом. По размерам эти клетки бывают одинаковые — изогамные и неодинаковые — гетерогамные. Затем гаметангии и их содержимое сливаются, сливаются и их ядра, число хромосом удваивается и в результате образуется особая толстостенная клетка — зигоспора (от греч. «зигон» — «пара»). Далее наступает диплоидная фаза развития, так как в зигоспоре содержится полный

диплоидный ($2n$) набор хромосом. Зигоспора впадает в состояние покоя, а затем прорастает в зародышевую спороцисту, в которой происходит мейоз и образуются споры (n).

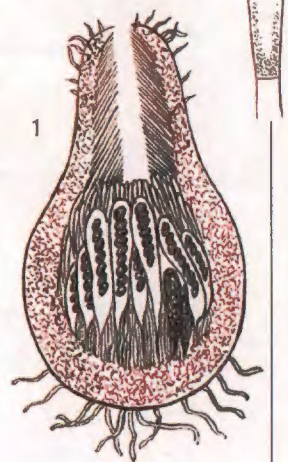
Половой процесс сумчатых грибов

Половой процесс сумчатых грибов называется гаметангиогамией. На концах гиф образуются органы полового размножения: женский гаметангий, нижняя часть которого (аскогон) шаровидно вздута, а верхняя (трихогина) имеет вид трубки; а рядом с ним — булавовидный многоядерный одноклеточный мужской гаметангий. При оплодотворении содержимое мужского полового органа переливается по трихогине в аскогон. При этом сливаются два протопласта, тогда как мужские и женские гаплоидные ядра не сливаются, лишь попарно сближаются.

Затем из аскогона вырастают гифы (их называют аскогенными гифами), и в них мигрируют пары сближенных мужских и женских ядер, образуя дикарионы (от греч. «ди» — «два» и «карион» — «ядро») — клетки с парой гаплоидных ядер противоположного «физиологического знака». На верхушках аскогенных гиф закладываются аски (сумки), где происходит слияние ядер дикариотической клетки. Образовавшееся диплоидное ядро ($2n$) делится редукционно, поэтому в аске образуется восемь гаплоидных ядер. Вокруг каждого такого ядра формируются оболочки, в результате чего появляются аскоспоры (n). Сумки приспособлены к активному выбрасыванию аскоспор.

Таким образом, в жизненном цикле сумчатых грибов чередуются три стадии: 1) длительная гаплоидная — происходит бесполое размножение; 2) непродолжительная дикариотическая (двухядерная); 3) очень короткая диплоидная — образуется сумка с диплоидным ядром.

Размножение аскомицетов:
1 — плодовое тело (перитеций);
2 — аска (сумка) с аскоспорами.



Аскогон (от греч. «аскос» — «мешок» и «гонос» — «рождённый») — одноклеточный женский половой орган, содержащий одну или несколько яйцеклеток. Аск (от греч. «аскос» — «мешок») — специальная клетка у грибов класса зиготомицетов, в которой сливаются два гаплоидных ядра с образованием зиготы.



Булавочная базидия несёт споры на ножках-выростах.

Половой процесс базидиомицетов
У базидиомицетов половой процесс называется «соматогамия» (от греч. «сома» — «тело» и «гамос» — «брак»). При таком своеобразном процессе происходит слияние двух вегетативных клеток гаплоидного мицелия, которые не разделены на мужские и женские. Ядра клеток при этом не сливаются, а попарно сближаются. Так возникают дикариотические клетки, из которых образуется дикариотический мицелий, а на нём в свою очередь формируется орган спороношения — базидия (от греч. «базидиум» — «маленький»), обычно имеющая булабовидную форму.

Как и в сумке аскомицетов, в базидии происходит слияние ядер дикарионов, образуются спороцисты, в которых в результате редукционного деления (мейоза) возникают гаплоидные ядра (n). Они перемещаются в кончики палочковидных выростов базидии, где развиваются споры (по месту нахождения их называют базидиоспорами). Эти споры гаплоидны (n) и прорастают в гаплоидный мицелий с одноядерными клетками,

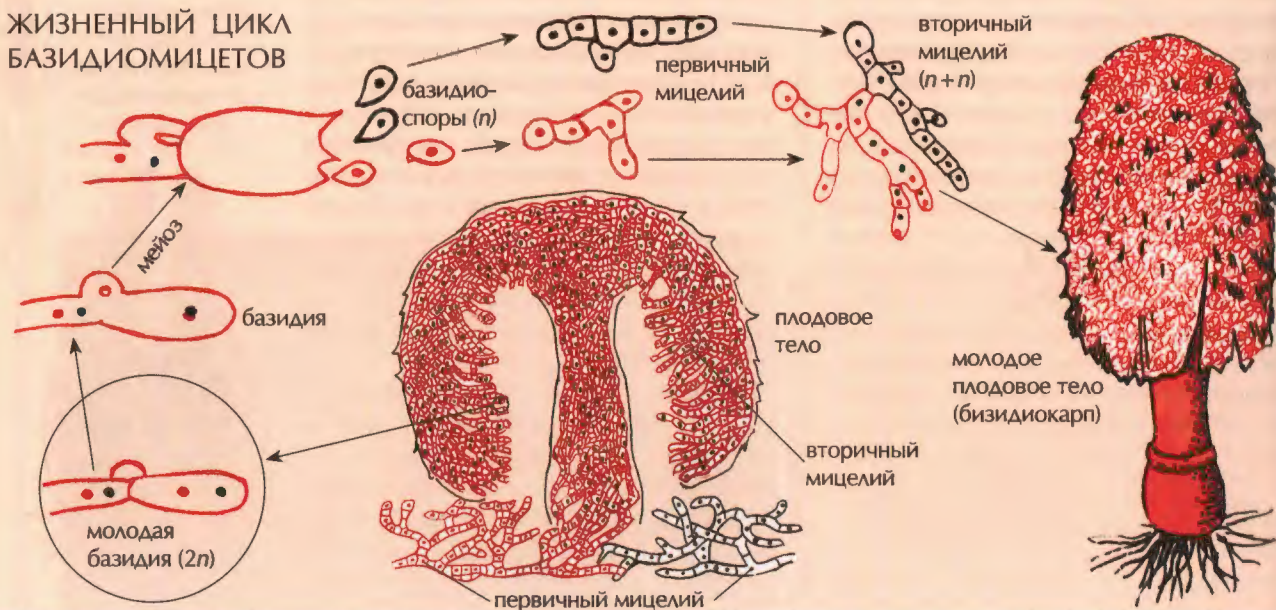
который способен к практически неограниченному росту.

У дейтеромицетов половой процесс неизвестен.

Клетки и органы спороношения аскомицетов и базидиомицетов находятся в плодовых телах в слое, который именуется «гимений». У более примитивных видов он располагается на верхней стороне плодовых тел, у высокоорганизованных — на нижней поверхности шляпки гриба — гименофоре, который бывает трубчатым (белый гриб, подосиновик, подберёзовик, маслёнок), пластинчатым (шампиньон, сыроежка, опёнок, волнушка, рыжик), складчатым (лисичка) и шиповатым (ежевник).

Трубчатый гименофор состоит из трубочек. Их отверстия — поры могут быть крупные или маленькие, округлые, овальные, или угловатые. Иногда весь трубчатый слой легко отделяется от шляпки, а порой — с трудом. Пластинчатый гименофор составлен тонкими свободными или приросшими пластинками, густыми или редкими, прямыми или

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ БАЗИДИОМИЦЕТОВ





разветвлёнными, разной окраски, которые могут даже немного спускаться по ножке. Складчатый гименофор сложен толстыми складками, а шиповатый состоит из шипиков. У некоторых видов грибов гименофор прикрыт плёнчатым покрывалом или тонкими паутинками (паутинники). При созревании гриба покрывало разрывается и остаётся в виде кольца на ножке (шампиньон, опёнок, колпак).

Плодовые тела многих грибов съедобны. Заготавливать можно до 40 видов, а шампиньон, вешенку и шиитаке специально выращивают для нужд пищевой промышленности и для производства лекарственных препаратов. Дрожжи применяют в хлебопечении, виноделии, пивоварении и лечебном питании.

Продолжительность жизни грибов

Грибы различаются по продолжительности жизни. У шляпочных грибов, которые мы собираем и используем в пищу — жарим, варим, солим, сушим, — мицелий живёт долго. Поэтому опытный грибник, чтобы не повредить грибницу, аккуратно

срезает плодовые тела у самой земли либо выкручивает их, как лампочку, не нарушая слой мха или подстилку.

Грибница разрастается по кругу: в центре находится более старая, а молодая, на которой формируются плодовые тела, — по краю. Молодая грибница образует кольцо, радиус которого каждый год увеличивается на 10—15 см. Часто встречаются круги из мухоморов, рядовок, сыроежек, шампиньонов или лугового опёнка. Раньше их называли «ведьмиными», и многие верили, что круги появляются там, где плясала ведьма или был зарыт клад волшебника. В наших лесах обычны круги диаметром 6—10 м, а значит, возраст грибницы составляет 15—25 лет. Только в заповедных лесах круги огромны и им бывает по 200—500 лет. В тропических лесах можно найти и более старую грибницу — возрастом до 1500 лет.

Плодовые тела грибов живут меньше, чем грибница. Они бывают однолетние (шляпочные грибы) — вырастают за несколько суток, живут одну-две недели, и многолетние (трутовые) — нарастают постепенно, живут до 10—15 лет. Плодовые тела шляпочных грибов формируются периодически — «слоями», начиная

У базидиомицетов пластинчатый гименофор несёт меньше спор, чем шиповатый или трубчатый гименофор более высокоорганизованных грибов.

Разрастаясь, грибницы образуют круги.





Вешенки выращивают в мешках, наполненных древесными стружками, а в природе они растут на стволах деревьев.



с июня по октябрь, иногда — с мая по ноябрь. Число слоёв зависит от климатических условий: так, в средней полосе грибы образуют четыре-пять слоёв, в тундре — один.

Для развития плодовых тел необходим кислород и другие факторы среды: готовые органические вещества для питания; достаточно тепла, влаги и освещённости. Субстрат, на котором растут многие базидиомицеты и сумчатые грибы, — опавшие листья, отмершие растения, пни, сухие деревья. Он должен иметь кислую реакцию и содержать органические и минеральные вещества. Большинство плодовых тел разви-

вается при температуре от +1—5 до +30—35 °C, но более благоприятны тёплые условия: +20—25 °C и влажность субстрата не ниже 50 %. Избыток влаги вреден так же, как и её недостаток, поэтому не должно быть излишне сыро. Важно, чтобы рядом оказались растения: деревья, кустарники, травы или водоросли, нужные этому виду грибов. Но даже при наличии всех этих условий время появления плодовых тел определяется биоритмами представителей каждого вида — колебаниями интенсивности происходящих в них биологических процессов. При отсутствии перечисленных факторов плодоношение грибов задерживается, иногда на несколько лет.

Сапротрофные грибы

Большинство грибов — сапротрофы, они питаются за счёт мёртвого органического вещества. Вместе с бактериями они разрушают его, чтобы обеспечить себя и другие растительные организмы необходимыми питательными веществами. Сапротрофные грибы относятся к разным экологическим группам. Ксилотрофы (трутовики, вешенка и трихоломвые) разлагают мёртвую древесину — деревья, валежник и пни. Подстилочные сапротрофы (шляпочные грибы — навозники, шампиньоны и др.) используют для питания многолетние отложения растительных остатков — подстилку. Копротрофы разлагают экскременты животных, это многие зигомицеты, например пилобовые, и сумчатые, например пиронемовые. Карботрофы (в частности, геопиксис угольный) поселяются на старых кострищах.

Сапротрофные грибы (из рода аспергилл и др.) поселяются также на продуктах питания (влажном хлебе, варенье, зерне), на обоях и коже. Некоторые способны усваивать



Сапротрофные грибы поражают фрукты.





Грибковые болезни у человека и животных изучает микотоксикология, у высших растений — микофитопатология. В исследование иммунитета растений, позволяющего противостоять грибным заболеваниям, большой вклад внёс Николай Иванович Вавилов.



Мучнистая роса — грибковое поражение листьев растений.



В 1929 г. английский микробиолог А. Флемминг установил, что один из видов плесневого гриба выделяет антибактериальное вещество — пенициллин.

углерод из углеводов, например аморфотекса резина, или керосиновый гриб, использует в качестве субстрата керосин, креозот, дизельное топливо, смазочные масла и смолы, вызывая их разрушение, нанося ущерб технике, в том числе авиационной, вызывая закупорку двигателя.

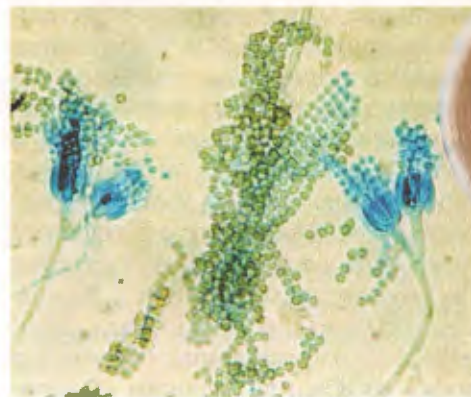
Паразитические грибы

Известно более 10 тыс. видов грибов-паразитов — для них средой обитания служит тело хозяина. Слизистое тело паразита помещается внутри одной клетки или в межклетниках жертвы, а в клетки проникает с помощью особых гиф — гаусторий. Оно живёт недолго, затем превращается в зооспорангий, образующий споры, из которых снова формируется тело гриба. Эти грибы паразитируют на высших растениях (мучнисторосяные, ржавчинные), лишайниках (лихенофома, лихеностикта), водорослях (септория), грибах (мукооровые, гипокрейные, дрожалковые) и пр. Некоторые питаются живыми клетками, а другие сначала убивают клетки антибиотиками или ферментами, а затем усваивают их содержимое. Поселяясь на человеке и животных, они вызывают паршу, стригущий лишай, дерматиты, мико-

генную аллергию и другие заболевания, а многие водные грибки поражают рыб. Заболевания вызывают также ядовитые вещества — продукты жизнедеятельности грибов микотоксины, которые не разрушаются при термообработке, и поэтому хлеб со спорыньей или заплесневевшие продукты нельзя использовать в пищу.

Паразитические грибы используются как средство биологической борьбы с насекомыми; плесневые грибы, особенно пеницилл и аспергилл, применяют в микробиологической промышленности для получения витаминов, антибиотиков (пенициллин, стрептомицин, синтомицин, биомицин, тетрациклин) и других препаратов, а также в биотехнологии.

По образу жизни паразитические грибы объединяются в две группы:



Конидии пеницилла в чашке Петри и под микроскопом.



Листья и клубни картофеля поражены фитофторой.



Химические средства борьбы с паразитическими грибами называются фунгицидами.



Плесневые (несовершенные) грибы пеницилл Каммбера и пеницилл Рокфора используют для приготовления сортов сыра каммбер, рокфор и соусов.

► Артроботрис — хищный гриб.

факультативные паразиты, ведущие сапрофитный образ жизни, а при недостатке питания переходящие к паразитизму (например, опёнок осенний) и облигатные паразиты, всегда ведущие паразитический образ жизни (в частности, дарлюка нитчатая — паразит ржавчинных грибов). Некоторые паразиты приспособились использовать только одного хозяина, их называют специфическими паразитами (головнёвые и ржавчинные), другие могут поселиться на многих хозяевах — это неспецифические паразиты (мучнисторосяные).

Паразитические грибы по-разному используют тело хозяина. Если мицелий располагается на поверхности его тела, образуя небольшие отростки, уходящие вглубь, грибы называют эктопаразитами. Они поражают кожу, волосы, ногти, перья, когти и копыта жертвы (как, например, трихофитон красный или ножной гриб). У эндопаразитов мицелий полностью развивается в клетках тела, а наружу выходят только органы, на которых образуются споры (хистоплазма, вызывающая заболевания лёгких). Вместе с растениями-хозяевами паразитические грибы заселяют новые территории. Так из Северной Америки в Европу завезены паразиты винограда (гриб милдью) и крыжовника (мучнистая роса), из Южной Америки — пара-

зит картофеля (картофельный гриб). Многие грибы, паразитирующие на растениях, распространяются насекомыми. Например, яблоки, заражённые плодовой гнилью, служат пищей жуку-казарке, и вместе с мякотью он поедает споры гриба, затем самка жука откладывает свои яйца в яблоки и заражает их плодовой гнилью.

Хищные грибы

Это особая группа факультативных паразитов. Они способны поймать, убить и использовать в пищу микроскопических животных — нематод, коловраток или личинок насекомых, чтобы обеспечить себя дополнительным азотным питанием. Из них более 100 видов относится к классу зигомицетов, порядку зоопаговых. Они развиваются в почве, листовом перегное и навозе.

Наиболее распространён стилоспага хадра. Его мицелий при соприкосновении с телом нематоды выделяет клейкое вещество, раство-





ряющее жертву, а потом её всасывает. Другой хищный гриб — эурианкале ниссиоспора поражает нематод своими клейкими конидиями. Хищные грибы артроботрис пышный и мало-споровый (несовершенные грибы) улавливают нематод с помощью колец и сетей.

Симбиоз грибов с другими организмами

Многие грибы вступают в симбиотические отношения с другими организмами. Например, в результате симбиоза гриба и водоросли возникает новый организм — лишайник. Симбиоз грибов и высших растений называется «микориза», т. е. «грибо-корень», «грибной корень».

Большинство деревьев образует микоризу со шляпочными грибами (сумчатыми и базидиомицетами), и для многих из них (подберёзовик, подосиновик, рыжик) симбиоз обязателен. Микоризу с елью образуют маслёнок настоящий, белый гриб, сыроежка, мухомор; с берёзой — подберёзовик, белый гриб, волнушка, рядовка; с осинной — подосиновик, груздь, сыроеж-

берёза образует микоризу с подберёзовиками.



Симбиоз (от греч. «син» — «вместе с» и «биос» — «жизнь») — совместное проживание двух или более организмов разных видов, от которого они получают пользу.



ка; с сосной — белый гриб, польский гриб, маслёнок, моховик жёлто-бурый, рыжик, сыроежка и мухомор.

Лесные травы, из сельскохозяйственных растений — хлебные злаки и хлопчатник обычно вступают в симбиоз с микроскопическими пред-

ВИДЫ МИКОРИЗЫ

Микориза бывает внешняя (экзотрофная), внутренняя (эндотрофная) и переходная между ними (эктоэндотрофная). При внешней гифы гриба оплетают корни растения, образуя вокруг них плотные чехлики, и отходят от них во все стороны, заменяя отмирающие корневые волоски: с их помощью растения получают из почвы воду и питательные вещества. Гифы не проникают в корень на большую глубину, а только по межклеточным промежуткам кожицы. Такая микориза есть, например, у дуба, бука, греихи живородящей. Внутренняя микориза отличается тем, что гифы проникают довольно глубоко в клетки краевой части корня растения — коровую паренхиму, но клетки не погибают, а растворяют



гифы гриба и используют для питания, корневые волоски при этом сохраняются. Такая микориза характерна для орхидных, ароидных, вересковых, а из деревьев — для клёна, тополя). Если гифы гриба окутывают корни растения чехликами и проникают в коровую паренхиму — это эктоэндотрофная микориза. Она наблюдается у большинства деревьев, в частности у сосны и многолетних трав.

В 1880 г. русский учёный, профессор Одесского университета Франц Михайлович Каменский (1851—1912), впервые установил наличие микоризы, открыл симбиоз грибных гиф с корнями поддельника (*Monotropa hypopitys*), а затем — с корнями хвойных деревьев. В настоящее время микориза выявлена более чем у 2 тыс. видов высших споровых (мхов, папоротникообразных) и цветковых растений.

СЪЕДОБНЫЕ ГРИБЫ



ставителями класса несовершенных грибов, а иногда — с зигомицетами и сумчатыми.

Микориза усиливает всасывающую способность корней высших растений, что увеличивает поступление азота и минеральных веществ из почвы, кроме того, часть грибного гиф разрушается и также используется клетками растений для питания. У орхидей и поддельника семена не могут прорасти при отсутствии гиф подходящего вида гриба. Многие деревья (дуб, граб, бук и хвойные) способны жить без микоризы, но с ней развиваются лучше. Без микоризы хорошо растут липа, берёза и многие кустарники, но иногда они её образуют.

Разнообразен симбиоз грибов с животными, которые содержат в особых органах или пищеварительном тракте дрожжи и бактерии, например с насекомыми — кровососущими и питающимися древесиной либо растительными соками. Агариковые грибы, разлагающие целлюлозу, разводят тропические муравьи-листорезы и термиты, раскладывая для них в специальных камерах разжёванные листья деревьев, а затем используя их для питания царицы и личинок. Некоторые виды хитридиомикетов поселяются в рубце жвачных животных и играют важную роль в переваривании пищи.

Несъедобные и ядовитые грибы

Бледная поганка (*Amanita phalloides*), вонючий мухомор, белая поганка (*Amanita virosa*) и другие грибы вызывают сильное отравление и даже смерть. Отравиться можно также съедобными старыми и «червивыми» грибами, потому что в них накапливаются выделения самого гриба и живущих там личинок грибных комаров. Отравление может вызвать и млечный сок, содержа-



Входящий во многих грибах. В грибах, растущих в городе или рядом с автомобильной либо железной дорогой, содержатся тяжёлые металлы, вредные для здоровья человека. Сильным накопителем токсичных веществ является свинушка тонкая (*Paxillum involutus*). Вредные вещества образуются даже в том случае, если грибы неправильно обработаны и приготовлены.

Грибы пахнут. Для нас этот своеобразный запах (мучной, редечный, селедочный, чесночный или кумариновый) не такой привлекательный, как цветочный, но он притягивает мух и комаров, личинки которых питаются грибами. «Червивость» грибам полезна. Их поедают также слизни и животные — птицы, мыши, бурундуки, белки и дикие кабаны. Северные олени улавливают запах грибов и могут прибежать



к ним издалека. Животные, съедая грибы, переносят споры в своих кишечниках на большие расстояния, помогая их расселению. Такая обработка спор необходима для многих видов грибов.

Подосиновики и подберёзовики — отрада для грибников.

ЯДОВИТЫЕ ГРИБЫ





ШЛЯПКИ И НОЖКИ

Плодовое тело грибов может иметь вид плёнки, корочек, копыта. У шляпочных грибов оно состоит из шляпки — главной его части и ножки. Шляпки бывают деревянистые, кожистые, рыхлые, волокнистые, упругие или ломкие; совсем маленькие (диаметром несколько миллиметров) и огромные (до полуметра), разные по форме и окраске. У некоторых грибов шляпка так сильно пропитана водой, что становится полупрозрачной — гигрофанной.

Форма шляпки изменяется с возрастом: у молодых грибов она коническая, полушаровидная, цилиндрическая или яйцевидная, а затем становится воронковидной, плоской, колокольчатой; меняется и форма её края.

Ножки плодовых тел различаются по толщине, форме и цвету, а также по заполнению мякотью: полностью заполненные (подосиновик, белый гриб) или имеющие внутри отверстие (сыроежки, рыжики).



Покрывальце на некоторых пластинчатых грибах разрывается со временем, образуя на ножке воротничок.

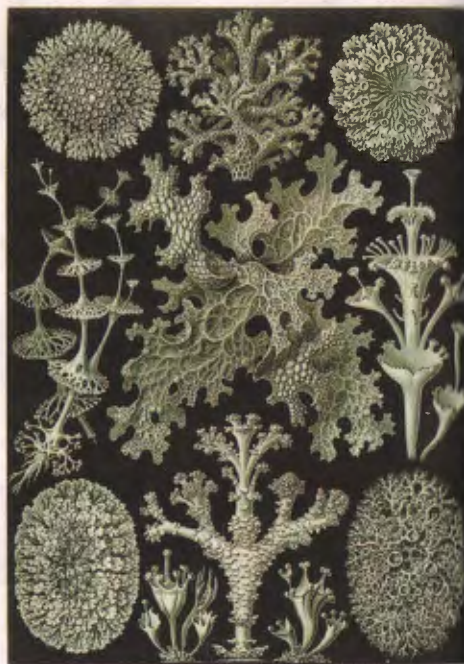
Грибы различаются на вкус: бывают пресными, сладкими, кислыми, горькими, острыми. Но пробовать сырые грибы не нужно, среди них могут оказаться и несъедобные, и смертельно ядовитые, а некоторые (грузди и др.) содержат в мякоти жгуче-едкий сок.

ЛИШАЙНИКИ

Эти сложные организмы состоят из двух равноправных членов — гриба и водоросли или цианобактерии, которые в процессе эволюции образовали в результате симбиоза единый организм. В 1867 г. происхождение лишайников впервые открыл немецкий учёный Симон Швендер (1829—1919). Лишайники — это симбиоз зелёных, жёлто-зелёных и бурых водорослей, поставляющих питательные вещества, с сумчатыми либо базидиальными грибами, которые защищают водоросли от неблагоприятных условий и впитывают воду и растворимые питательные вещества из почвы. Лишайники могут жить везде: в суровых Арктике

и Антарктике, в высокогорьях и пустынях, даже в морской воде (лишайник верукария серпулоидес). Причём водоросли, составляющие лишайники, могут жить и отдельно, сами по себе, в отличие от грибов, обычно встречающихся только в симбиозе с водорослями. В настоящее время известно более 20 тыс. лишайников. Их изучением занимается наука лишайнология. Лишайники отличаются от грибов, и от водорослей медленным ростом, способами размножения и высокой чувствительностью к загрязнению природной среды.

Вегетативное тело лишайников называется «таллом» или «слоевище». Оно образовано переплетёнными гифами гриба с включениями водорослей по всей толще слоевища, иногда образующих отдельные слои. Гифы имеют более толстые оболочки, чем у обычных грибов, и разделены на клетки поперечными перегородками, причём в каждой есть маленькое отверстие для тонкого тяжа, соединяющего протопласты соседних клеток. В клетках имеется одно или два ядра. В ниж-



▶ Лишайники.
Рисунок
Э. Геккеля. XIX в.

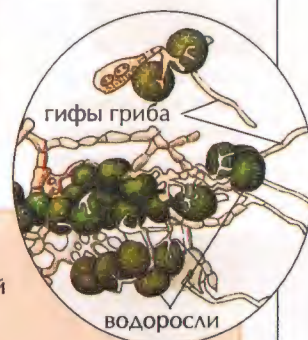


Разнообразие лишайников. Рисунок из Энциклопедического словаря, составленного Д. Мейером. XIX в.



Кладония воронковидная.

Водорослевый слой.



ной части вегетативного тела, там, где оно прикрепляется к субстрату, иногда развиваются жировые гифы, имеющие из-за большого содержания жира зеленоватый цвет. Самыми паразитическими являются ищущие и охватывающие гифы. Их назначение — найти и охватить клетки водорослей, поэтому они появляются у гриба при прорастании споры, когда только начинает образовываться слоевище. Но и это ещё не всё! У лишайников есть двигающиеся гифы, которые переносят водоросли в те части тела, где их нет или содержится очень мало.

В симбиоз с грибами вступают виды из 28 родов водорослей, но около половины известных лишайников образует одноклеточная зелёная водоросль требуксия. При совместной жизни с грибами водоросли изменяют свой облик. Они распадаются на отдельные клетки, обычно размножаются делением, способны переносить долгое высушивание, становятся устойчивыми к высоким температурам — в лабораторных условиях выдерживают нагревание до +90 °C. При отсутствии влаги в неблагоприятный период лишайни-

ки высыхают и становятся хрупкими, но в таком состоянии могут переносить жару и холод. Они необычайно выносливы и способны оживать даже при небольшом количестве влаги, опять становясь эластичными.

Вегетативные тела лишайников различаются по форме, размерам, строению и окраске. Наиболее ярко окрашены лишайники высокогорий, Арктики и Антарктики, где очень яркое солнечное освещение.

СТРОЕНИЕ ЛИШАЙНИКА





Усnea густо-борода.

► Усnea флоридская.

Кладония красноплодная встречается на торфяниках, замшелых стволах, пнях и камнях.



Размножаются лишайники спорами, которые образует грибной компонент, или вегетативно — с помощью кусочков слоевищ.

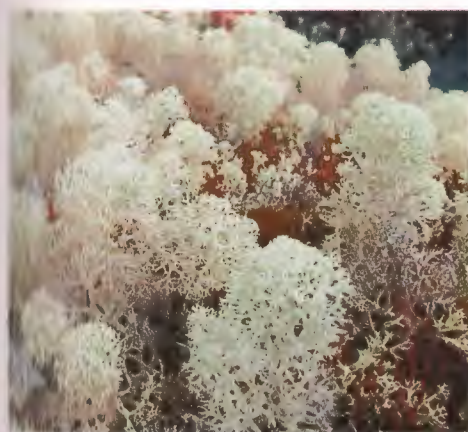
Лишайники растут очень медленно, особенно накипные, увеличивая свой радиус на 0,2—1 мм в год. Быстрее растут кустистые лишайники: ягель, или олений мох, прирастает на 2—7 мм в год. Чемпионом по скорости роста является рамалина сетчатая, обитающая на стволах дубов и лип в широколиственных лесах

Северной Америки. Её максимальный прирост за семь влажных месяцев составляет 90 мм.

Значение лишайников огромно. Они первыми поселяются на голых скалах и постепенно создают условия для жизни растений. Ягель служит основной пищей для северных оленей зимой, которая длится на Крайнем Севере до девяти месяцев. Лишайники применяют в медицине, парфюмерии, для приготовления красок. Виды, которые не выдерживают загрязнения и погибают, используются для лишеноиндикации (от лат. lichen — «лишайник» и indicator — «указатель») экологии



ческого метода определения состояния окружающей среды. Для этого в районе исследований изучают виды лишайников, а затем разделяют их на группы, различающиеся по выносливости к разной степени загрязнения среды. Если встречаются виды, не выдерживающие загрязнения, — условия благоприятны для жизни человека и животных, если встречаются только виды, устойчивые к загрязнению, — среда неблагоприятна, а если лишайников вообще нет — загрязнение среды очень сильное и может принести вред здоровью.



Разнообразие лишайников

Накипные лишайники

Их вегетативное тело обычно имеет вид округлой корочки, плотно срастающейся с субстратом, диаметр составляет несколько миллиметров, иногда 20–30 см, и сильно увеличивается, когда пятна сливаются. Эти лишайники встречаются на стволах деревьев и кустарников, пнях, почве, скалах, камнях. Их гифы выделяют кислоты, растворяющие горные породы. По распространению ризокарпона географического определяют давность схода лавин и селей в горах.

Слоевище лишайников из рода *Аспициллария*, именуемых «лишайниковой манной» и обитающих в пустынях, — шаровидное, не прикрепляющееся к субстрату, поэтому их относят к кочующим формам. В Алжире они идут на корм овцам, а в голодные годы — в пищу людям.

Листоватые лишайники

Эти лишайники являются более высокоорганизованной формой в сравнении с накипными. Их округлые кожистые слоевища прикрепляются к скалам или другим субстратам центральной частью (умбиликария) либо с помощью толстой короткой ножки. У многих видов слоевища растечены на широкие доли (пельтиге-

ра) или мелкие лопасти (цетрария), по-разному окрашенные с верхней и нижней стороны. На нижней стороне образуются небольшие тяжи гиф — ризоиды — специальные органы, с помощью которых лишайники прикрепляются к субстрату. Эти лишайники растут в тундре и тайге на почве, среди мха. В сухих степях Тувы, Бурятии, Монголии встречаются кочующие формы, например пармелия блуждающая, которая переносится ветром с места на место.

Кустистые лишайники

Кустистые лишайники напоминают маленькие кустики, высотой от нескольких миллиметров до 30–50 см, растущие вертикально вверх. Они прикрепляются к субстрату нижней частью слоевища или ризоидами. В суровых условиях арктических тундр их слоевища не разветвлены (тамнолия), а в типичных тундрах и хвойных лесах — сильно разветвлены (виды ягеля — кладина лесная, кладина альпийская; цетрария исландская). Как пышный персидский ковер выглядит покров лишайников в сосновых лесах на песчаных почвах, где и на деревьях поселяются лишайники (уснея), образующие длинные свисающие слоевища, похожие на бороду.

Основная пища северных оленей — лишайники из рода кладония.



Цетрария исландская.



Пельтигера.

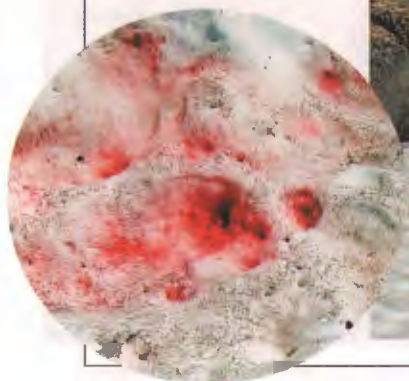
Ксантория настенная — накипный лишайник.





ВОДОРΟΣЛИ (ALGAE)

В Калифорнии, в горах Сьерра-Невада, летом можно увидеть розовый «арбузный» снег. Он обладает запахом и вкусом арбуза. Причина этого необычного явления — водоросли *Chlamydomonas nivalis*, содержащие красный пигмент астаксантин.



Облик этих растений необычен: у них нет ни стебля, ни листьев, ни корней. Многие связывают их жизнь с водой, но они живут и на суше: на поверхности почвы, в её толще, на деревьях, скалах, в пещерах и даже в городах — на тротуарах, влажных стенах зданий, крышах... Это — водоросли, их можно встретить и в

жарких каменистых пустынях, и на ледниках высокогорий, и у горячих источников!

Водоросли — древнейшая группа низших одноклеточных и многоклеточных растений, содержащих хлорофилл и вырабатывающих органические вещества в процессе фотосинтеза. Водоросли появились



Латинское название водорослей *Algae* принадлежит Плинию Старшему (23—79 г. н. э.) и, согласно данному им определению, обозначает «травянистую морскую поросль». Соответственно, наука о водорослях стала именоваться альгологией.

Русское название «водоросли» ввёл в 1827 г. ботаник М. А. Максимович (1804—1873).

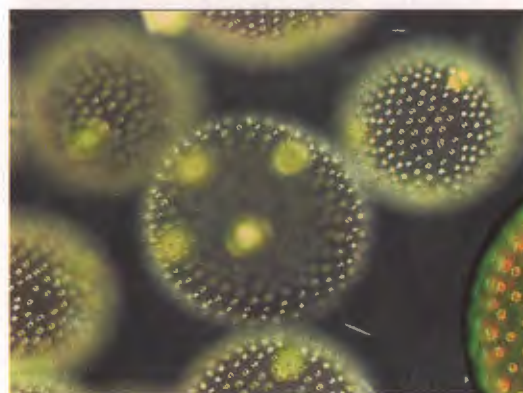


на Земле в протерозое — примерно 2,7 млрд лет назад. Они играют важную роль в природе: образуют органические вещества, участвуют в круговоротах кальция и кремния, очищают воду; продукты жизнедеятельности водорослей разрушают скалы, способствуя образованию почвы. Ежегодно водоросли создают в Мировом океане более 1/4 всех органических веществ, которые необходимы другим живым организмам.

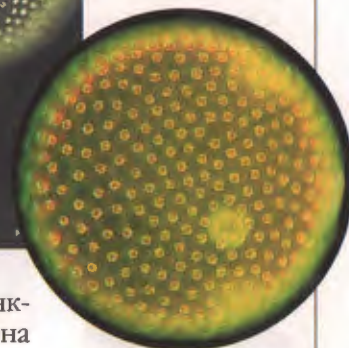
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ

Водоросли живут в водной или периодически увлажнённой среде. Как и высшие растения, они способны усваивать азот, фосфор, калий, серу и другие минеральные элементы в виде ионов минеральных солей и использовать их для питания и роста. В разных условиях водоросли выработали множество приспособлений, на основе которых выделяют две основные экологические группы: водную и наземную.

Водные водоросли сильно различаются по размерам и образу жизни. Микроскопические водоросли входят в состав планктона (от греч. «планктос» — блуждающий). Эти мельчайшие организмы плавают в тонком поверхностном слое воды и перемещаются с течениями. Планктон

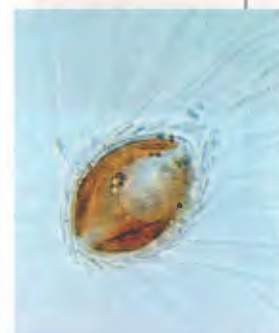


Колония зелёных водорослей Вольвокс (*Volvox*).



в целом состоит из фитопланктона (водорослей) и зоопланктона (моллюсков, ракообразных и др.). Фитопланктон вырабатывает органические вещества, за счёт которых существует остальной живой мир водоёмов. Наиболее обилен планктон в холодных водах арктических и антарктических морей, где он служит пищей большим косякам рыб и стадам китов. Водоросли, обитающие на дне водоёмов, входят в состав бентоса — группы придонных организмов. Они прикрепляются ко дну и заселяют глубины до 30—50 м, а некоторые опускаются глубже 200 м.

Наземные водоросли живут в сырых и увлажнённых местах: на поверхности почвы и внутри неё, на коре деревьев, встречаются у горячих источников, на снегу и во льдах, вокруг солёных водоёмов.



Золотистая водоросль Малломонада (*Mallomonas*) характерна для планктона пресных водоёмов с прохладной чистой водой. Она служит пищей для зоопланктона.



Вода озера Лагуна-Колорадо в Боливии окрашена в розовый и красный цвета благодаря водорослям и микроорганизмам, живущим в толще воды.



► Богатая белками и жирами одноклеточная зелёная водоросль Хлорелла (*Chlorella*).



Спирулина (*Spirulina*) — многоклеточная спиральная нитчатая микроводоросль. Она содержит до 70 % белка, что в 1,5 раза больше, чем в соевых бобах. Спирулина культивируется в искусственных условиях.

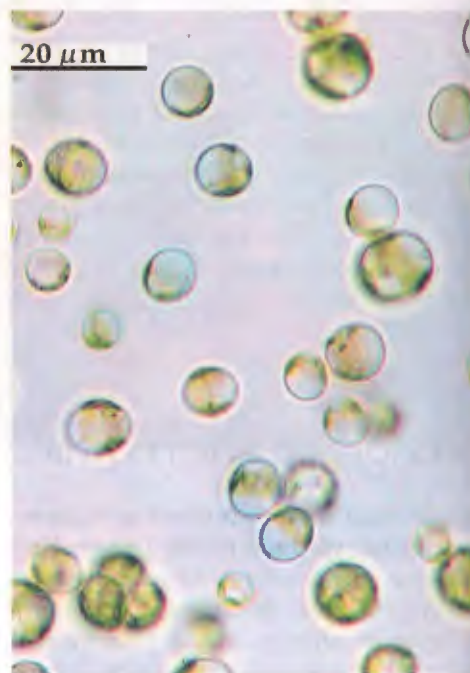
Многообразие водорослей. Рисунок из английской энциклопедии А. Раппопорта и др. 1922 г.

ТИПЫ ПИТАНИЯ ВОДОРосЛЕЙ

Одним из основных типов питания водорослей, как и всех зелёных растений, является фотоавтотрофный (от *греч.* «фотос» — «свет», «аутос» — «сам» и «трофее» — «пища») — питание растений, которые содержат хлорофилл и производят в процессе фотосинтеза первичные питательные (углеводы — сахара) вещества из неорганических веществ окружающей среды (воды и углекислого газа).

На основе первичных органических веществ идут все процессы биосинтеза, необходимые растениям для жизни.

Миксотрофным типом питания (от *греч.* «микеш» — «смешение» и «трофее» — «пища») называется смешанное питание, при котором растения производят органические вещества из неорганических, а наряду



с ними усваивают мёртвые органические вещества, как сапротрофы (от *греч.* «сапрос» — «гнилой»).

Многие зелёные, жёлтозелёные, диатомовые и другие водоросли способны переходить с фотоавтотрофного и миксотрофного типов питания на гетеротрофный. Гетеротрофными называют организмы (от *греч.* «гетерос» — «другой» и «трофее» — «пища»), которые питаются готовыми органическими соединениями. Например, хлорелла (зелёные водоросли) производит многие углеводы — глюкозу, фруктозу, сахарозу и др., но иногда вынуждена питаться и готовыми органическими веществами — сочетать гетеротрофный способ питания с фотосинтезом. Гетеротрофный рост водорослей в темноте происходит медленнее, чем автотрофный на свету.

Многие водоросли введены в культуру, их выращивают в искусственных водоёмах, где контролируется весь процесс развития и размножения конкретных промышленных видов.



СТРОЕНИЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Тело водорослей называется «таллом» (от *греч.* «таллос» — «росток») или «слоевище», потому что оно не расчленено на стебель, листья и корень. Тело может быть или одноклеточным, или многоклеточным.

У одноклеточных водорослей клетка может иметь простую форму — шара, яйца, груши, веретена, спирали, диска, бочонка, цилиндра — или сложную.

Клетка одноклеточных водорослей представляет собой самостоятельный организм, потому в её строении и физиологии сочетаются черты клетки и организма, при этом она обладает способностью к росту и самовоспроизведению. У многоклеточных функции клеток (питание, выделение, накопление питательных веществ и пр.) разделились. Это были первые шаги в эволюции растений к формированию тканей и органов.

Клетка водорослей поглощает из окружающей среды и перерабатывает растворы минеральных солей и углекислоты и производит белки, углеводы, жиры, а также выделяет свободный кислород. Клетка имеет ядро, вакуоли, лизосомы, содержащие большой набор ферментов, хлоропласты — органеллы, несущие зелёный пигмент хлорофилл, красный чувствительный глазок — стигму (*греч.* «клеймо», «рубец»), белковую оболочку и один или несколько жгутиков, с помощью которых она активно передвигается в воде.

В клетках большинства водорослей только одно ядро, у некоторых — два-три и более. Клетки, вмещающие



В 1807 г. немецкий альголог Йоганн Иоганн Фридрих Трентеполь (1748—1806) впервые обнаружил у зелёных водорослей зооспоры, при помощи которых происходит их бесполое размножение.

Гидродиктион или водяная сеточка — крупная колониальная водоросль, относящаяся к отделу зелёных водорослей.

десятки и сотни ядер, не разделённых оболочками или мембранами, как, например, у водяной сеточки (*Hydrodictyon reticulatum*), называются ценоцитными (от *греч.* «коинос» — «совместный» и «цитос» — «сосуд»). Ядро содержит ядерный сок, ядрышко и хроматиновые структуры. Хромосомы в клетках водорослей мелкие и обычно без перетяжек.

В отличие от высших растений у некоторых клеток водорослей протопласт окружён только тонкой мембраной — плазмолеммой (от *греч.* «плазма» — «вылепленное», «оформленное» и «лемма» — «скорлупа», «кожица»), поэтому клетка не способна сохранять свою форму и постоянно её изменяет (такие клетки называют иногда голыми). У многоклеточных водорослей изменяющие форму клетки бывают у гамет и зооспор. Зооспора (от *греч.* «зоон» — «животное» и «спора» — «семя») — спора, имеющая жгутики, с помощью которых она активно передвигается в воде.



Водоросль Эремосфера, состоящая из одиночных шаровидных клеток, встречается на сфагновых болотах.



Нитчатая водоросль Спирогира состоит из одного ряда цилиндрических клеток.



Эвгленовые водоросли имеют монадную структуру.



Водоросль Каулерпа относится к классу сифоновых водорослей.

У эвгленовых, жёлтозелёных и других водорослей клетки окружены плазмолеммой, а также кожистым эластичным слоем — пелликулой, или перипластом, на поверхности которого могут образовываться складки и выросты в виде зубцов, утолщений, что значительно усиливает прочность покрова. Ещё более прочный клеточный покров — тека представляет собой сложный комплекс мембран из углеводистых соединений в виде пластинок, имеющих множество выростов и шипиков. Такой покров встречается у пирофитовых, золотистых и зелёных водорослей. Через поры теки происходит обмен веществ между клеткой и внешней средой.

Длина самых маленьких одноклеточных водорослей не превышает доли микрометра; у крупных, например каулерпы прорастающей (класс сифоновых водорослей), она составляет около 0,5 м.

Слоевища многоклеточных водорослей также разнообразны по форме. Водоросли с нитевидными горизонтальными, стелющимися по субстрату, и вертикальными талломами называются разнонитчатыми. Тело

пластинчатых водорослей состоит из одного или нескольких слоёв клеток, имеющих форму пластин. Таллом харофитных водорослей представляет собой главный побег, вверх от которого отходят ветки с сидящими на них мутовками членистых боковых побегов, а вниз — ризоиды. Слоевища многоклеточных гигантов могут достигать 30—45 м, а иногда и 60 м.

Строение таллома водорослей

Водоросли имеют разную структуру тела, по характеру которой их можно объединить в девять групп. Перечислим их в порядке усложнения уровня организации.

Амебозидная структура характерна для одноклеточных пирофитовых, золотистых и жёлтозелёных водорослей. Их клетки не имеют твёрдой оболочки, постоянной формы и образуют псевдоподии — ложноножки, с помощью которых захватывают твёрдые частицы пищи. У некоторых водорослей тела могут объединяться в ряды или группы.

Монадную структуру имеют одноклеточные пирофитовые, золотистые, эвгленовые, жёлтозелёные и зелёные водоросли с твёрдой клеточной оболочкой, красным глазком (стигмой), пульсирующими вакуолями и одним или несколькими жгутиками для передвижения в воде. По мере клеточного деления они могут образовывать колонии, соединённые слизью.

Коккоидная структура встречается у одноклеточных водорослей во всех отделах, наиболее часто — у диатомовых. У вегетативных клеток этих водорослей нет жгутиков, имеется твёрдая оболочка; они могут составлять небольшие колонии при помощи слизи или без неё.

Пальмеллоидная — усложнённый вариант коккоидной структуры, когда большое число коккоидных клеток



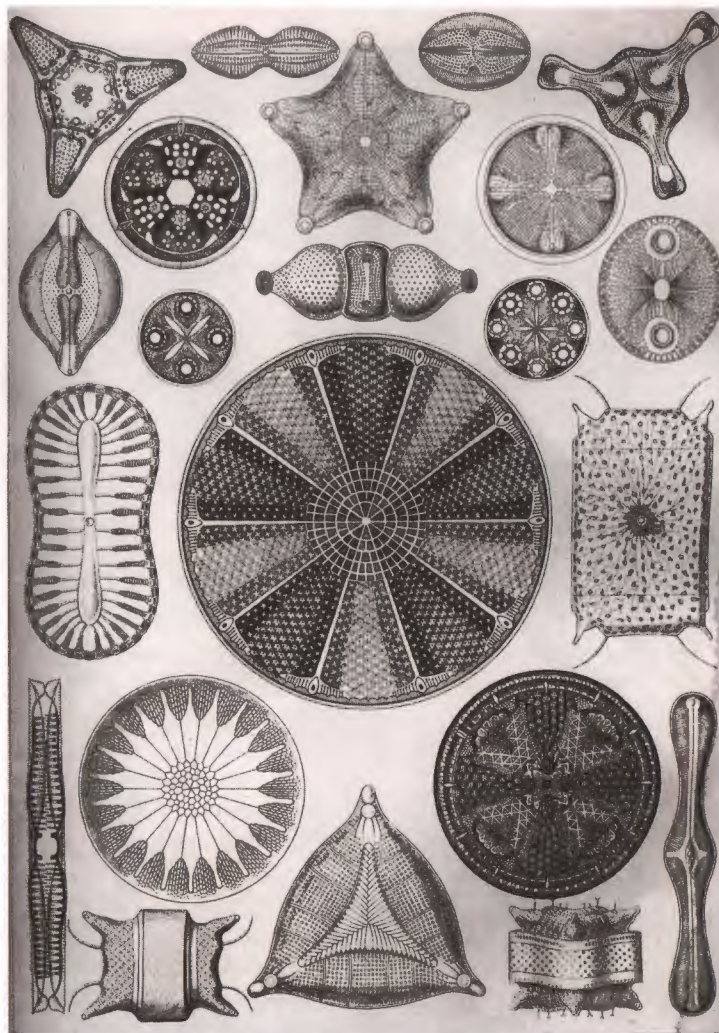
формирует крупные слизистые тела, прикреплённые к субстрату, при этом слизь объединяет их в одно целое, но клетки между собой плазматически не связаны. У многих водорослей это постоянная форма вегетативного роста тела. А у некоторых она возникает только в неблагоприятных условиях, когда при делении клеток дочерние особи не образуют новых выростов, а группируются в небольшие слизистые тела. Такое временное образование называется пальмелловым состоянием.

Нитчатая структура — простейшая форма многоклеточного слоевища, образующего разветвлённые или неразветвлённые нити, которые при вегетативном размножении могут распадаться на отдельные нити или клетки.

Разнонитчатая структура встречается у зелёных, золотистых, бурых и красных водорослей. Их тело можно разделить на поднимающиеся вертикально вверх разветвлённые нити, на которых обычно развиваются органы размножения, и нити, стелющиеся по субстрату.

Харофитная структура свойственна только харовым водорослям — их многоклеточный таллом представлен главным разветвлённым побегом, на котором мутовками сидят боковые побеги, формируя узлы и междоузлия. Причём междоузлия и членики боковых побегов образованы одной клеткой.

У водорослей с ложнотканевой структурой клетки слипаются или

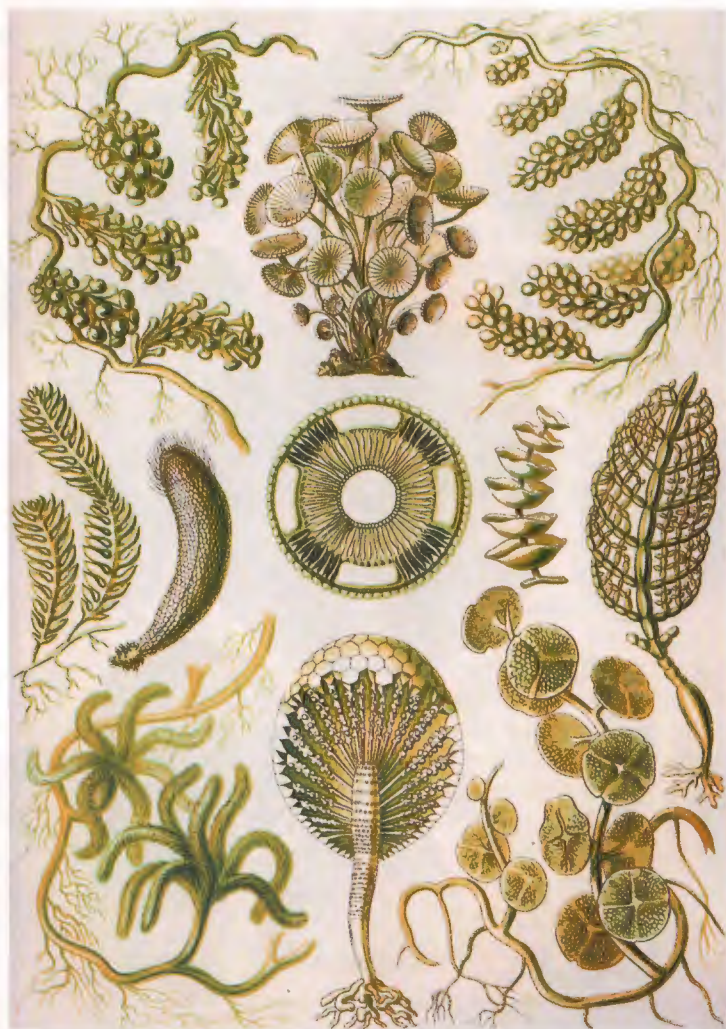


плотно прилегают друг к другу. Вначале они составляют одну нить, а затем её клетки делятся продольно и образуют пластинку, которая свободно лежит на субстрате либо прикрепляется к нему на одном участке.

Диатомовые водоросли. Рисунок Э. Геккеля. XIX в.



Диатомовые водоросли имеют коккоидную структуру и отличаются большим разнообразием.



Сифоновые водоросли. Рисунок Э. Геккеля. XIX в.

Сифональная (от греч. «сифон» — «трубка») структура водорослей — когда их таллом представлен одной многоклеточной клеткой. При этом он может иметь большие размеры и сложное внешнее расчленение (например, у зелёных и жёлтозелёных водорослей).

▲► Пирофитовые водоросли передвигаются с помощью жгутиков и могут иметь разнообразные оттенки.

Ризоиды (от греч. «риза» — «корень») — одноклеточные или многоклеточные нитевидные образования, которые служат для прикрепления, поглощения воды и минеральных солей.

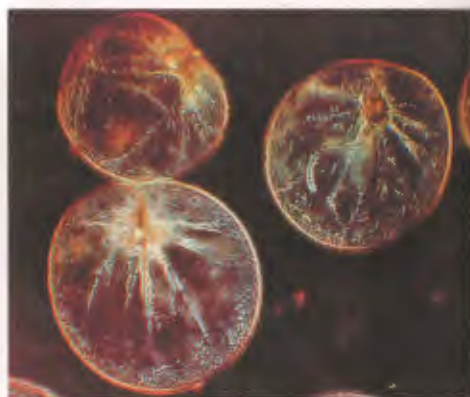
ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВОДОРОСЛЕЙ

Мир водорослей огромен и разнообразен: известно около 20 — 25 тыс. видов. Все водоросли делят на два подцарства: настоящие водоросли (которые объединяют восемь отделов — пирофитовые, эвгленовые, жёлтозелёные, золотистые, диатомовые, бурые, зелёные, харовые) и багрянки (один отдел — красные водоросли).

Подцарство настоящих водорослей

Настоящие водоросли живут в воде или в очень влажной среде и бывают одноклеточными, колониальными или имеют многоклеточный таллом. Их таксономическое разнообразие представлено восемью отделами.

Пирофитовые водоросли имеют жёлто-бурую окраску, которую им придают пигменты из группы ксантинов (от греч. «ксантос» — «желтовато-бурый»). Эти микроскопические одноклеточные организмы передвигаются с помощью двух жгутиков. Известно более 1000 видов пирофитовых водорослей. Они распространены в морях (многие входят в





Жёлтозелёные водоросли представлены самыми разными структурными формами, преимущественно они обитают в чистых пресных водоёмах умеренных широт.



Хлоропласт (от греч. «хорос» — «зелёный» и «пластос» — «вылепленный») — зелёные пластиды (органойды), в которых совершается процесс фотосинтеза.



В состав планктона), реже встречаются в пресных водоёмах, могут обитать на сфагновых болотах. Многие имеют монадное строение тела, некоторые — коккоидное, нитчатое, а наиболее примитивные — амёбоидное. Пирофитовым водорослям нет равных по разнообразию окраски хлоропластов: у них известно множество оттенков — от жёлтого до красно-бурого, синего и оливкового, отсутствует только зелёный цвет. Запасаемое вещество — крахмал. Эти водоросли участвуют в круговороте веществ в водоёмах, а отмирая, образуют ил сапропель. Бурное развитие пирофитов вызывает гибель рыб.

Эвгленовые — одноклеточные водоросли, насчитывающие более 100 видов. Они характерны для пресных стоячих водоёмов, насыщенных органическими веществами, и редко образуют колонии. У эвгленовых водорослей нет клеточной стенки, а под плазматической мембраной имеется тонкая оболочка — пелликула, благодаря которой форма клетки может изменяться. Эвгленовые содержат хлорофилл, а запасаемым веществом является не крахмал, а сахара. Если в водоёме много органических веществ, эти водоросли активно размножаются и начинается «цветение» воды. Индикаторами сильного загрязнения водоёмов

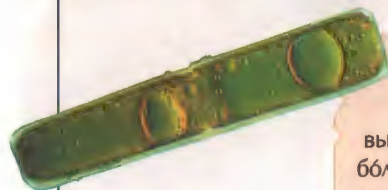
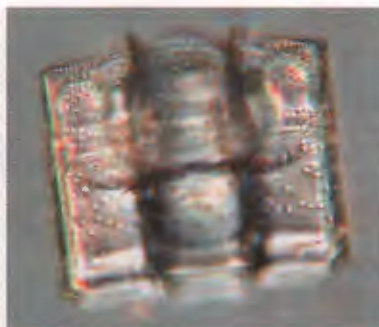
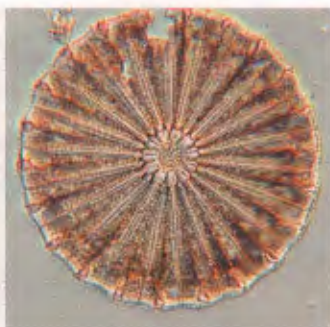
служат *Euglena pisciformis*, *Euglena viridis* и *Lepocinclis ovum*. Большинство видов являются сапрофитами и способствуют самоочищению водоёмов. В экспериментальных исследованиях используется *Euglena gracilis*, способная быстро размножаться в условиях культуры.

Жёлтозелёные водоросли включают 400 видов из 40 родов. Их талломы очень разнообразны и часто представлены разными структурными формами. Преобладают монадные разножгутиковые формы, у которых жгутики прикреплены сбоку. Жёлтозелёные водоросли имеют зелёные хлоропласты, запасают жиры. Обитают они в пресной и морской воде, входят в состав планктона. Бентосные (донные) формы прикрепляются к субстрату пучком ризоидов. Они составляют первичное звено пищевой цепочки водных организмов, а отмирая, образуют сапропель. Иногда жёлтозелёные водоросли встречаются на влажной почве.

Золотистые водоросли объединяют около 1000 видов из 200 родов. Из них большая часть — монадные одноклеточные организмы с характерной радиальной симметрией клеток, некоторые образуют колонии; встречаются виды с амёбоидной, коккоидной, нитчатой и тканевой организацией таллома. Пигменты из группы фукоксантин



Жёлтозелёная водоросль
Xanthophyceae
tribonematales.



Диатомовые водоросли обладают твёрдой кремнезёмной оболочкой.



Каждая створка панциря диатомовых водорослей имеет своё название: большая створка — эпитека (от греч. «эпи» — «вместилище», «ящик»), меньшая — гипотека (от греч. «гипо» — «под»).

сантилов и лютеинов окрашивают эти водоросли в золотисто-жёлтый цвет. Крахмала у них нет, они запасают жиры и полисахарид ламинарин. Обитают золотистые водоросли в пресных, реже — в солоноватых и солёных водах. Виды, относящиеся к родам *Mallomonas*, *Dinobryon*, *Synura*, а также *Prymnesium parvum* вызывают «цветение» воды, придают ей запах рыбьего жира, ухудшая её питьевые и технические качества и нанося урон рыбному хозяйству.

Ламинария — бурая морская водоросль.



Диатомовые (от греч. «диато-мее» — «рассечение»), или кремнезёмные, водоросли объединяют более 10 тыс. видов из 200 родов микроскопических одноклеточных организмов. У этих разнообразных коккоидных водорослей имеется твёрдая кремнезёмная оболочка — панцирь (похожий на коробочку с двумя створками). Для обмена веществ между протопластом и окружающей средой в стенках панциря есть мельчайшие отверстия.

Иногда диатомовые водоросли встречаются поодиночке, а иногда образуют слизистые колонии в виде нитей, цепочек, лент, кустиков или звёздочек. Их хлоропласты окрашены пигментами (каротином, ксантофиллом и диатомином) в оттенки жёлто-бурого цвета, поэтому у живых клеток хлорофилл незаметен, а когда клетки отмирают и пигменты растворяются, он становится заметным. Запасное вещество — жирное масло волютин. Диатомовые водоросли обитают везде: на влажной почве, скалах, болотах, в стоячих водоёмах. Они особенно разнообразны в водной среде, где формируют значительную часть планктона и служат кормом для многих водных организмов. В 1 л воды может содержаться несколько миллионов клеток диатомей, а после отмирания, падая на дно, они образуют диатомовые илы. Горная порода диатомит на 50—80 % сложена из панцирей древних диатомовых водорослей. Она лёгкая и пористая,



используется в пищевой, медицинской и химической промышленности, а также в строительстве.

Бурые многоклеточные морские водоросли отличаются наибольшими размерами таллома, который может достигать нескольких десятков метров (длина слоевища макроцистиса грушевидного (*Macrocystis pyrifera*), составляет 30–50 м). Эти большие талломы поддерживаются в вертикальном положении с помощью воздушных пузырей. Известно около 1500 видов из 250 родов, которые распространены в холодных и умеренно тёплых морях. Бурые водоросли поселяются на разных глубинах — от литорали (прибрежной зоны), где во время отлива выдерживают несколько часов без воды, до глубин более 100 м. Например, ламинария Родригеса была найдена в Адриатическом море на глубине 200 м.

Клетки бурых водорослей включают одно ядро, одну или несколько вакуолей, а также межклеточное желатинообразное вещество альгинат, у крупных талломов оболочки клеток толстые и имеют крупные поры. Наряду с хлорофиллом эти водоросли содержат пигменты фукоксантин (бурый), каротин (жёлто-оранжевый) и ксантофилл (жёлтый). Бурые водоросли запасают углеводы (сахара), иногда жиры. У многих талломы состоят из нескольких рядов клеток, которые плотно соединены друг с другом. Наиболее сложно устроены слоевища у ламинариевых. Они имеют толстый коройный слой, в котором поверхностные один–четыре слоя сложены маленькими клетками, способными делиться и формировать органы размножения и полосы. Далее располагается кора, состоящая из крупных окрашенных клеток. Затем идут бесцветные клетки центральной части таллома: промежуточный слой и сердцевина, в которой продукты фотосинтеза

САРГАССОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ

Наиболее своеобразными среди водорослей являются некоторые виды саргассовых (бурые водоросли) — саргассум плавающий (*Sargassum fluitans*) и саргассум погружённый (*S. natans*). Их крупные слоевища, длиной до 1 м, образуют спутанную массу. Эти водоросли не имеют органов прикрепления и плавают на поверхности и в толще воды в виде огромных скоплений. Особенно много их в Саргассовом море (которое из-за них и получило такое название). Оно расположено в Атлантическом океане у побережья Северной Америки и имеет площадь 6–7 млн кв. км. У моряков за ним закрепилась дурная слава, так как в этом море практически нет течений и водоросли часто наматываются на винты кораблей, препятствуя их движению.



Рыбка саргассовый клоун искусно маскируется среди водорослей.



передвигаются по особым слизистым каналам, а кроме того, она служит для укрепления всего таллома.

Бурые водоросли служат сырьём для удобрений, из них получают ацетон, уксусную кислоту, спирт, йод, калийные соли, соду, а также альгинаты — высокомолекулярные соединения, применяемые в пищевой и текстильной промышленности, медицине, фотоиндустрии, производстве косметики. Наиболее известна ламинария (морская капуста), которая используется в пищу и в медицинских целях.

Очень многие водоросли съедобны, содержат углеводы, белки, витамины, йод и другие вещества, необходимые для диетического питания и профилактики различных заболева-

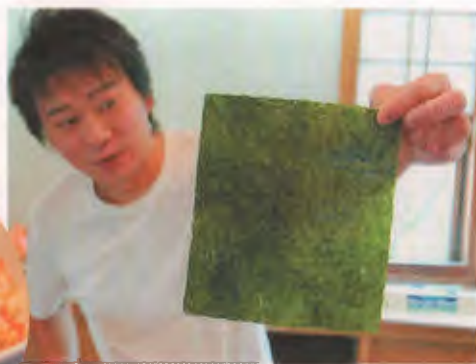
Большие скопления плавучих бурых водорослей («морской винограда») из семейства Саргассовые (*Sargassaceae*) свободно плавают в Саргассовом море.



Различные виды съедобных красных водорослей в Японии называются «нори».



Водоросли измельчают, высушивают на сетке, после чего они принимают вид зелёной бумаги.



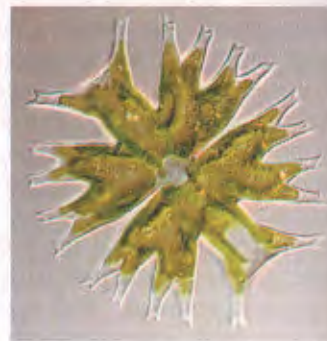
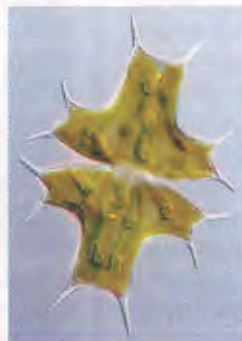
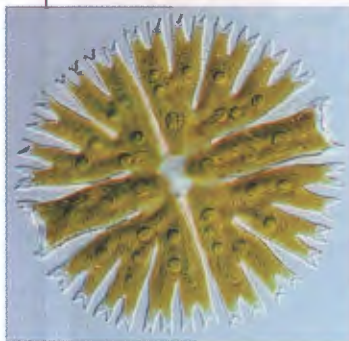
ний. Во многих странах, особенно в Японии, из них готовят разнообразные блюда, соусы, приправы и даже кондитерские изделия. За свои вкусовые качества наибольшую известность получила морская капуста, или ламинария (бурые водоросли). Род ламинария включает 30 видов, из них промысловое значение имеют пять: ламинария японская, сахаристая, северная, пальчатая и узкая. Причём особенно ценится ламинария японская, обитающая у побережий Японского моря, а также выращиваемая вдоль берегов Жёлтого моря. В пищевых целях используется утолщённая центральная часть таллома второго года жизни. Слоевидица первого года имеют тонкую, узкую пластинку и содержат меньше питательных веществ, обычно их перерабатывают для получения йода. Чтобы постоянно иметь большой урожай морской капусты, её разводят. На мелководьях расчищают дно от других водорослей и морских ежей, которые её охотно

поедают, или специально сбрасывают в море каменные или бетонные глыбы. Чтобы заросли быстрее образовались, на поверхности моря разбрасывают куски талломов ламинарии. В бухтах её выращивают на верёвках или канатах, прикрепленных с поверхности к поплавкам, а ко дну — якорем, и вся бухта покрывается сетью таких поплавков.

Зелёные водоросли объединяют от 13 до 20 тыс. видов, относящихся к 450 родам, из них 7000 видов имеют многоклеточные талломы. Последние очень разнообразны — представлены практически всеми формами структурной организации. Встречаются организмы с микроскопическими одноклеточными и листоватыми талломами, напоминающими высшие растения. Большая часть видов относится к планктонным или к бентосным группам и обитает в пресных водах, меньшая часть встречается в морях и имеет крупные талломы, ещё более редки наземные формы, растущие на коре деревьев и сырой земле, например фритчиелла (*Frittschiella tuberosa*) — водоросль, приспособившаяся к жизни в почве. Некоторые зелёные водоросли образуют симбиоз с грибами и входят в состав лишайников.

Зелёные водоросли содержат большое количество хлорофилла, поэтому их слоевища окрашены в зелёный цвет, запасаемый продукт — крахмал, реже масло. Они снабжают кислородом водоёмы, в которых оби-

В состав фито-планктона пресных вод входят микроводоросли рода *Micrasterias* (Микрастериас).





туют; составляющие планктон служат пищей водным животным. Хлорелла и ульва идут в пищу и животным, и людям. Нитчатые зелёные водоросли используются в производстве бумаги и альгилита — строительного и изоляционного материала. Коккоидные (хлорелла, сценедесмус) отличаются высокой активностью фотосинтеза, их применяют в биотехнологии для получения белков и витаминов. Из пресноводных форм наиболее известна хламидомонада, которую обычно называют тинной, при её массовом развитии водоёмы (лужи, каналы) приобретают зелёную окраску.

Харовые водоросли — высокоразвитые крупные зелёные растения. Их талломы достигают в длину до 2 м и представляют собой последовательное чередование тканевидных (узлы) и нитчатых (междоузлия) участков. Известно около 300 видов, которые живут в пресных (особенно с жёсткой известковой водой) и солоноватых водоёмах, а также в морских заливах. К илистому или песчаному грунту харовые водоросли прикрепляются с помощью нитевидных ризоидов. Клетки этих водорослей включают известь, из их древних отложений образовалась горная порода — известковый туф. В густых и жёстких зарослях формируется особый биоценоз водоёма: на талломах поселя-



Харовым зелёным водорослям (или лучицам) присуща харофитная структура слоевища.

Харовые зелёные водоросли. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.

ются эпифитные микроскопические водоросли, находит убежище молодь рыб и другие мелкие животные, при этом личинки комаров практически отсутствуют. Также харовые служат пищей для водоплавающих птиц; их используют как удобрение и как объект физиологических и биохимических исследований.

Подцарство Багрянки

Красные водоросли, или багрянки, — многоклеточные организмы, их талломы окрашены в красно-фиолетовые цвета. Это самая обширная группа среди донных морских водорослей, включающая около 4000 видов из 500 родов. Они могут жить на глубине до 180 м, куда доходит только коротковолновый свет, прикрепляясь к каменистому дну присосками, или специальными нитями. Наибольшая глубина, на которой

Зелёная водоросль морской салат.





Порфира
лопастная.



Филлофора
жилковатая.

нашли багрянку, составляет 268 м. Преобладают виды с нитевидными талломами из отдельных нитей или их сплетений.

Клетки багрянок одноядерные, имеют дисковидные, овальные или лопастные пластиды, запасаемые вещества — багрянковый крахмал (полисахарид), липиды. В пластидах содержатся хлорофилл, каротиноиды и флуоресцирующие пигменты, расположенные в дисковидных или шаровидных тельцах — фикобилисомах, которые улавливают свет, а затем передают энергию на фотосинтезирующий пигмент.

У багрянок происходит смена трёх поколений: вначале развивается гаплоидный гаметофит, затем — диплоидный карпоспорофит и наконец — диплоидный спорофит (тетраспорофит).

Красные водоросли употребляют в пищу и на корм скоту, из них получают агар — желеобразное вещество, необходимое для пищевой промышленности, медицинских и лабораторных целей (как среда для выращивания бактерий, клеточных культур в биотехнологии), а также йод. Хондрус (*Chondrus cristatus*) служит источником каррагинина для текстильной промышленности.

Агар-агар (от малайского агар-агар — водоросли) — продукт, получаемый путем экстрагирования из красных (филофора) и бурых водорослей (*Gracilaria*, *Gelidium*, *Ceramium* и др.). Он применяется при производстве мармелада, желе, пудингов, мясных и рыбных студней, мороженого, пастилы и других продуктов.



РАЗМНОЖЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ

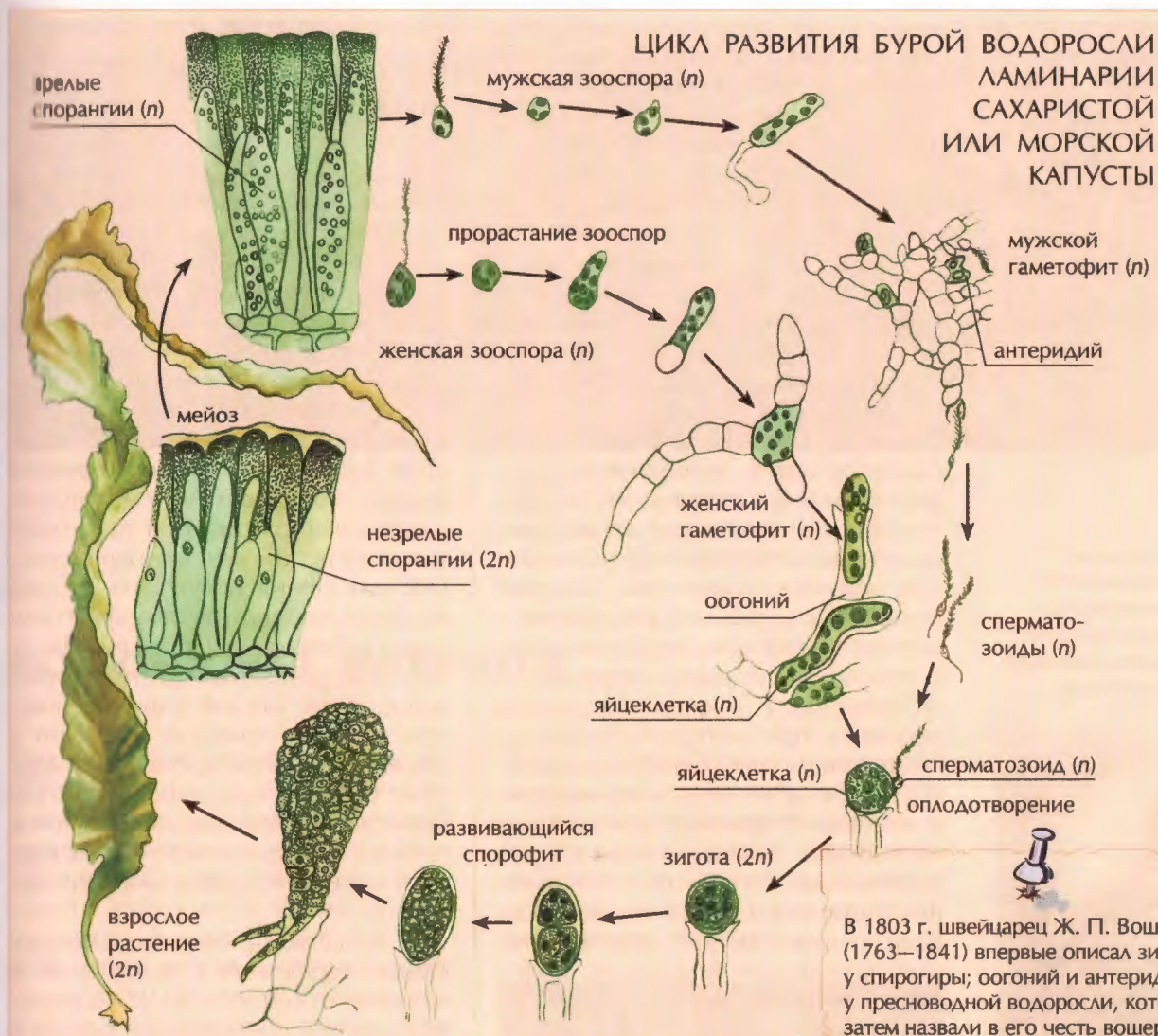
Водоросли могут размножаться вегетативно и с помощью спор, поэтому они относятся к споровым растениям. Для водорослей характерны разные формы полового процесса. Органы, в которых образуются споры и гаметы, у них обычно одноклеточные. Споры появляются в спорангиях, гаметы — в гаметангиях. Гаметы и споры водорослей обычно имеют парные жгутики.



Наиболее красивыми считают виды красных водорослей рода кораллина (*Corallina*). Их перистые, вильчато разветвлённые талломы пропитаны известью и растут вертикально, напоминая кораллы.

Кораллина широконосая распространена в умеренных водах Тихого океана.





Вегетативное размножение одноклеточных водорослей происходит делением материнской особи на две дочерние клетки путём митоза; многоклеточных — распадением нитей на многоклеточные или одноклеточные части, а также при механическом разрыве таллома на куски.

При бесполом размножении протопласт клетки делится на части и образуются споры. Они могут иметь жгутики, чтобы активно передвигаться (зооспоры), неподвижными. Спорангии — это особые клетки, кото-

рые появляются в виде выростов на обычных клетках. В одном спорангии может содержаться от одной до нескольких сотен спор. Они покидают материнскую клетку через специальное отверстие и дают начало новым организмам.

При половом размножении внутри специализированных клеток (гаметангий) образуются половые клетки — гаметы. Мужские гаметы — сперматозоиды подвижны и часто имеют жгутики. Женская гамета — яйцеклетка обычно неподвижна и лише-



Водоросли — мощный источник кислорода, поступающего от зелёных растений в атмосферу.



на жгутиков. Гаметангии называются спермогониями, если они содержат сперматозоиды со жгутиками; сперматангиями — если содержат спермации, лишённые жгутиков; оогониями — если содержат яйцеклетку. В гаметангии может находиться от одной до нескольких сотен гамет.

При слиянии двух половых гамет (n) разных особей образуется зигота ($2n$). Из неё вырастает новый организм или образуются зооспоры.

У водорослей существует несколько типов полового процесса. При изогамии происходит слияние двух половых гамет, неразличимых по форме, размеру и подвижности. При гетерогамии сливаются подвижные гаметы, различающиеся по размерам. Для оогонии характерно слияние крупной неподвижной яйцеклетки с мелким подвижным сперматозоидом. Конъюгация (от лат. *conjunctio* — «соединение») — форма полового процесса, при которой сливаются протопласты двух равноценных клеток, не разделяющихся на мужские и женские. В процессе конъюгации происходит обмен частями ядер и цитоплазмы, после чего путём деления клетки образуются новые особи. Если сливаются две одноклеточные жгутиковые водоросли, половой процесс называют гологамией. Автогамия — половой процесс, при котором вначале происходит деление ядра клетки на четыре ядра с уменьшением числа хромосом — мейоз, затем два ядра разрушаются, а оставшиеся два сливаются, образуя диплоидное ядро с удвоенным набором хромосом. При таком процессе число особей не увеличивается, а происходит их омоложение.

Женские гаметы могут развиваться без оплодотворения и служить для бесполого размножения, их называют партеноспорами. Например, у зелёной водоросли вольвокс такие гаметы в результате последовательного деления дают начало новым особям.

Чередование поколений в жизненном цикле водорослей

У одних водорослей одна и та же особь даёт гаметы или споры в зависимости от возраста и условий окружающей среды. В цикле развития других возникло и закрепилось чередование поколений со сменой гаплоидной (n) и диплоидной фаз ($2n$). Организм, несущий гаметангии, в которых образуются гаметы, называется гаметофитом, а несущий спорангии, где формируются споры, — спорофитом. У некоторых водорослей спорофит и гаметофит могут существовать одновременно. Оба поколения могут быть сходны по внешнему виду (изоморфны) или резко различаться (гетероморфны), что особенно характерно для бурых водорослей. Так как слияние гамет при половом процессе приводит к удвоению набора хромосом в ядре ($2n$), в следующем цикле развития происходит редукционное деление (мейоз), при котором дочерние ядра получают гаплоидный набор хромосом (n).

В качестве примера рассмотрим схему чередования поколений у ламинарии (см. стр. 243). На взрослой особи в спорангиях в результате мейоза появляются споры, при их прорастании формируется гаплоидное поколение гаметофитов в виде небольших нитевидных образований, на которых возникают гаметангии. На мужском гаметофите в мужских половых органах — антеридиях образуются мужские зоогаметы — сперматозоиды (n), на женском — оогонии с яйцеклетками (n). Сперматозоиды покидают антеридии и проникают в оогонии, где происходит слияние мужской и женской гамет в зиготу ($2n$), из которой развивается новая особь водоросли — поколение спорофита.



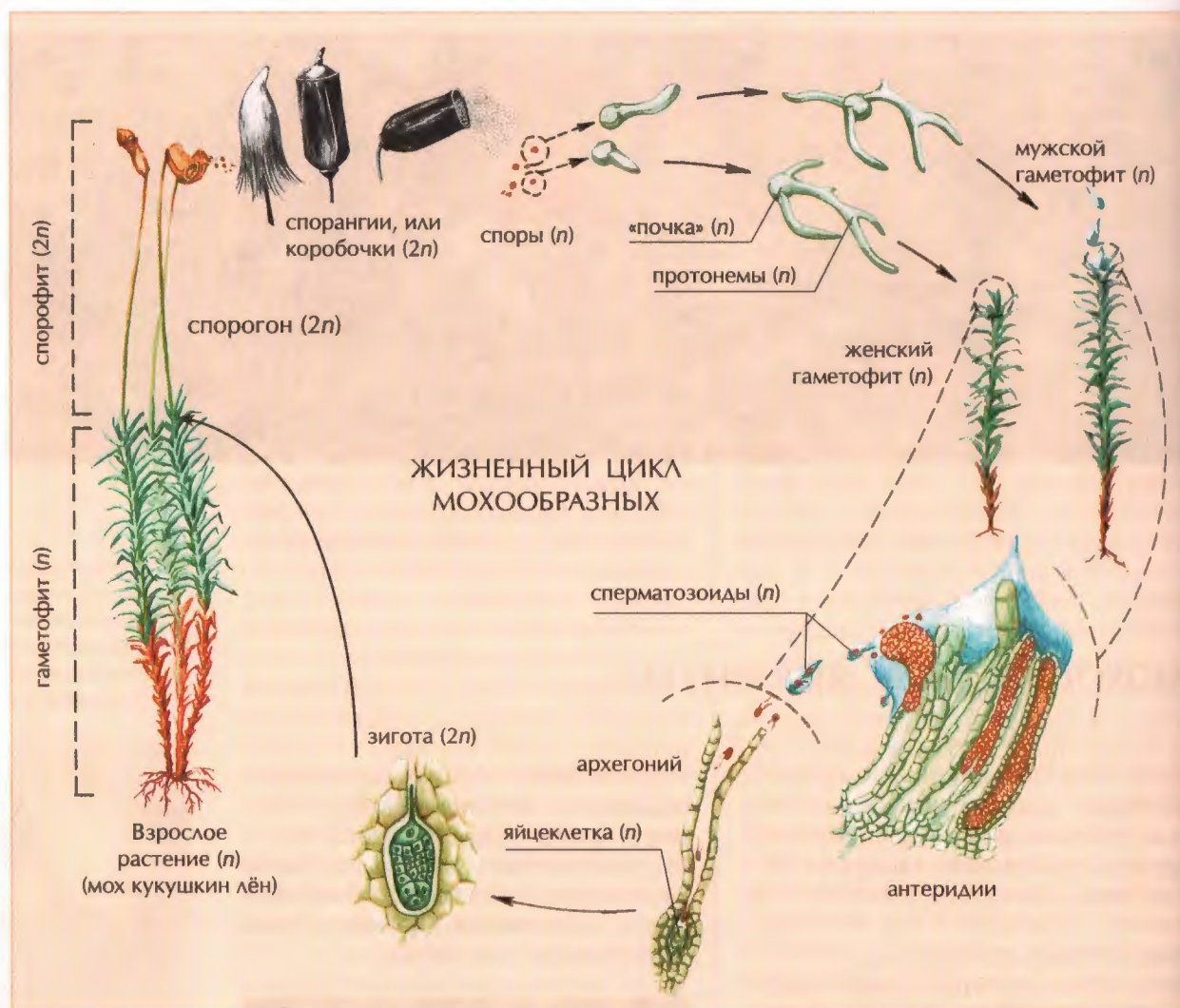
МОХООБРАЗНЫЕ (BRYOPHYTA)

Мохообразные вместе с плаунообразными, папоротникообразными и семенными растениями образуют группу, называемую высшими растениями. При этом мохообразные сильно отличаются от всех прочих высших растений, в жизненном цикле которых доминируют спорофиты (бесполое поколение). У мохообразных же большая часть жизненного цикла приходится на гаметофиты (половое поколение). Гаметофиты имеют в клетках одинарный набор хромосом и развивают половые органы — гаметангии. Мужские и женские гаметы (n) сливаются и дают начало организму с удвоенным набором хромосом ($2n$) — спорофиту. По мере своего развития спорофит формирует спорангий — орган бесполого размножения. В спорангии в результате мейоза (особого деления, ведущего к уменьшению вдвое числа хромосом) образуются гаплоидные споры (n). Они развиваются в новые гаме-

тофиты. Таким образом происходит чередование поколений, оно свойственно практически всем растениям — от микроскопических водорослей до цветковых. Однако особенности этого чередования у разных групп значительно отличаются.



Во влажном лесу мхи покрывают не только почву, но также стволы и ветви деревьев.



► Феоцерос, один из родов антоцеротовых.

Говоря, например, о «растении» папоротника, сосны или кактуса, имеют в виду спорофит. А их гаметофиты представляют собой более коротко живущие образования. У папоротников это маленькие зелёные пластиночки, которые можно найти на сырой почве, на сильно прогнивших пнях и т. п. Гаметофиты семенных растений большей частью скрыты в шишках и цветках, мы сталкиваемся с ними преимущественно на стадии распространения мужских гаметофитов — пыльцы.

У мохообразных, напротив, долгоживущие побеги с расположенными





Один из видов рода антоцеротовые.



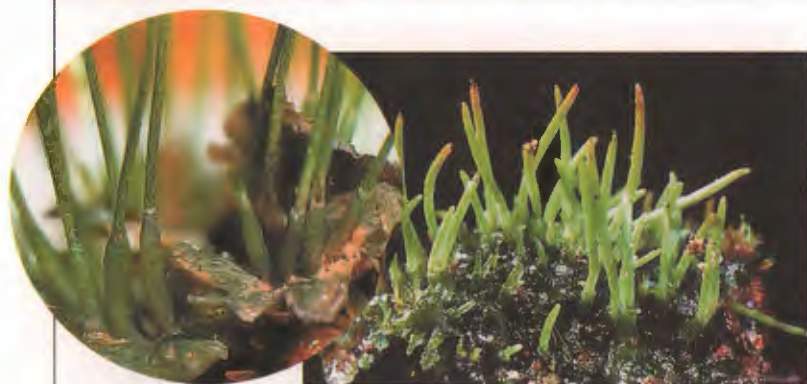
ни на них листьями являются гаметофитами. Именно их мы и называем «растением», когда говорим о мхах. А спорофит мха состоит из ножки и коробочки, в которой созревают споры, столь мелкие, что не видны невооружённым глазом, но способные разноситься ветром на большие расстояния и, прорастая, давать новые растения.

Выделяют три группы мохообразных: антоцеротовые (около 100 видов), печёночники (или печёночные мхи, 6—8 тыс. видов) и мхи (или листостебельные мхи; около 10 тыс. видов). Мохообразные — очень древние организмы, они возникли ранее всех прочих высших растений, в начале заселения суши. Мохообразные появились на Земле в силуре, примерно 450 млн лет назад. За долгое время независимого существования между мхами, печёночниками и антоцеротовыми не осталось почти ничего общего, кроме относительно мелких размеров и преобладания в жизненном цикле гаметофита. Из-за маленьких размеров, затрудняющих исследование, а также из-за сложности культивирования мохообразных они остаются довольно слабо изученной группой, несмотря на их важность во многих природных процессах.



Разнообразие антоцеротовых, печёночников и мхов. Рисунок из Энциклопедического словаря, составленного Д. Мейером. XIX в.

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. <i>Marchantia polymorpha</i> | 8. <i>Splachnum luteum</i> |
| 2. <i>Blasia pusilla</i> | 9. <i>Neckera complanata</i> |
| 3. <i>Anthoceros laevis</i> | 10. <i>Buxbaumia aphylla</i> |
| 4. <i>Andreaea rupestris</i> | 11. <i>Climacium dendroides</i> |
| 5. <i>Mnium cuspidatum</i> | 12. <i>Ephemerum serratum</i> |
| 6. <i>Schistostega osmundacea</i> | 13. <i>Physcomitrum pyriforme</i> |
| 7. <i>Sphagnum cymbifolium</i> | 14. <i>Tetraphis pellucida</i> |



Спорофиты
антоцеротовых.

АНТОЦЕРОТОВЫЕ (ANTHOCEROTOPSIDA)

Антоцеротовые (Anthocerotopsida) — очень небольшая группа мохообразных, представленная в России всего четырьмя видами (а в мире их примерно 100). Отыскать антоцеротовые непросто, они встречаются на глинистой почве, иногда на сильно нарушенных участках, например по краям дорог и полей.

Эти мелкие тёмно-зелёные растения со слоевищем величиной с рублёвую монету имеют много уникальных черт строения. Одна из них легко заметна глазом и очень важна для понимания ранних этапов эволюции наземных растений. На тёмном фоне слоевища антоцеротовых проступают почти чёрные точки. Это

Поры воздушных
камер на верхней
поверхности тал-
лома маршанции.



Маршанция
(*Marchantia*) — род
печёночников.
Крупно — чашечки
маршанции с вывод-
ковыми почками.



просвечивают сквозь ткани слоевища колонии цианобактерий, или синезелёных водорослей. У антоцероты они находятся в специальных полосках, которые на ранних стадиях развития «поливают» растущие верхушки растения слизью, а затем заполняются цианобактериями. Важнейшая функция цианобактерий в природе состоит в том, чтобы усваивать из атмосферы азот, столь необходимый для синтеза белков и нуклеиновых кислот, без которых не может жить ни один организм. Дело в том, что высшие растения, и мохообразные не исключение, самостоятельно усваивать азот не способны. Они получают его при помощи различных симбионтов, т. е. организмов, тесно связанных с основным растением. Антоцеротовые, как одна из древнейших групп, выработали исключительно надёжный вариант симбиоза — взаимодействие с цианобактериями, что позволило им поддерживать своё существование в течение сотен миллионов лет, даже будучи вытесненными в весьма непривлекательные условия обитания.

Споры у антоцеротов развиваются в длинных коробочках, которые нарастают снизу. Достигая зрелости, они раскрываются двумя створками в верхней своей части.

ПЕЧЁНОЧНИКИ (HEPATICOPSIDA)

Печёночники (Hepaticopsida) — группа, объединяющая внешне весьма несхожие растения. Она включает как слоевищные виды (их тело представляет собой многослойную пластинку), так и листостебельные. Слоевищные виды (называемые ещё талломными) более широко известны. К ним относится маршанция, которая встречается на сырой почве в лесу, нередко развивается на кострищах, зарастающих торфяных разработках и промышленных отвалах. Недавно маршанция



стала трудно истребимым сорняком приусадебных участков, особенно расположенных на месте осушенных болот. Другой достаточно известный печёночник — риччия. Её часто разводят в аквариумах, там она плавает в виде мелких «рогулек».

Листостебельные печёночники, тело которых состоит из стебля и утолщённо расположенных листьев, значительно многочисленнее слоевищных. В России, например, из примерно 450 видов печёночников около 370 — листостебельные. Эта же пропорция справедлива и для мира в целом, где общее количество видов составляет 6—8 тыс. Малоизвестны же листостебельные печёночники по двум основным причинам. Во-первых, большая часть видов имеет размеры от нескольких миллиметров до 1—2 см. Во-вторых, чаще всего эти печёночники растут в строго определённых местах — там, где воздух никогда не бывает сухим (на сильно разложившейся древесине в болотистых лесах, по берегам ручейков в тундре высоких широт и в высокогорных и т. п.). В приморских районах, а также высоко в горах их разнообразие увеличивается, в континентальных же равнинных лесах найти их



очень сложно. Наибольшее количество видов таких печёночников встречается в горах тропических районов, где дождь или морось опрыскивают деревья несколько раз в день и формируются так называемые моховые леса. Здесь огромные «шапки» и «шубы» на стволах и ветвях деревьев образованы преимущественно печёночниками.

У большинства талломных печёночников тело состоит из почти одинаковых клеток, лишь иногда в них выделяется утолщённая часть (центральная жилка) из более длинных клеток. Но в группе печёночников, близких к маршанции, таллом

Пеллия Несса, печёночник с простым строением таллома.



ПЕЧЁНОЧНИКИ СО «ЗВЁЗДОЧКАМИ»

В некоторых группах особо сложно устроенных печёночников коробочки со спорами выносятся не ножками, а так называемыми подставками — выростами слоевища, оканчивающимися на верхушке девятиконечными звёздочками. На их нижней стороне на коротких ножках и развиваются коробочки, нередко окружённые дополнительными защитными покровами. Так устроена маршанция, а также ряд близкородственных ей групп. Данный механизм позволил маршанциевым печёночникам освоить весьма засушливые местообитания: в настоящее время некоторых представителей этой группы можно встретить и в полупустынях Прикаспийской низменности, и даже в пустыне Гоби.

Женские подставки маршанции.



Печёночник цефалозия полулунная встречается на гнилой древесине в еловых лесах.



имеет гораздо более сложное строение. Верхняя его часть разделена на камеры по несколько миллиметров в диаметре, наполненные воздухом. В камерах располагаются богатые хлорофиллом нити-ассимиляторы. Снаружи камера прикрыта слоем клеток верхнего эпидермиса, и бояться иссушения нитям-ассимиляторам не нужно. Именно в них (в весьма выгодных условиях) происходит фотосинтез. Газообмен с камерой осуществляется через небольшие поры — у маршанции они хорошо видны на верхней стороне растения.

На нижней, обращённой к субстрату поверхности талломных печёночников развиты ризоиды — длинные клетки, выполняющие функции поглощения и прикрепления (т. е. те же, что и корни семенных растений). Часто ризоидов много, у маршанциевых печёночников они собраны в жгуты, по которым, как по фитилю, растению доставляется вода. Такие «фитили» по специальным, покрытым чешуйками желобкам доходят до всех частей растения. У печёночни-

ков нет настоящей внутренней проводящей системы, но она прекрасно компенсируется своеобразной «наружной проводящей системой».

Надо сказать, что большинство печёночников настолько малы, что в проводящей системе не нуждаются, тем более что растут они в постоянно сырых, никогда не пересыхающих местах, многие виды — на гнилой древесине. Приспособления к таким непростым условиям нужны совсем другие: данная экологическая ниша принадлежит грибам, и гнилая древесина, если рассмотреть её с очень большим увеличением, оказывается ничем иным, как сосредоточением древоразрушающих грибов. Защита от такого соседа — сложная задача, но печёночники подошли к её решению с полной ответственностью. В их клетках содержится большое количество биологически активных веществ, которые позволяют не бояться грибов. Более того, некоторые виды печёночников «пропускают» внутрь себя гриб, который заполняет часть их тела (например, стебля), помогая им всасывать воду.

Характерной особенностью более чем половины листостебельных печёночников является специфическая форма листа, разделённого сверху на лопасти (это позволяет легко отличать их от мхов). Чаще всего лопастей две, реже три-четыре, но иногда лист разделён на многочисленные нитевидные доли, которые и сами тоже ветвятся, так что растение выглядит как сплетение тончайших нитей. Когда

По валежнику, от которого отвалилась кора, быстро расплозается печёночник лофоколея разнолистная.





же лопастей две, то чаще всего они несколько неравные у растений, обитающих на земле, и сильно неравные у печёночников, живущих на стволах деревьев, особенно в тропиках. Меньшая лопасть при этом образует как бы карманы, или мешочки, или кувшинчики, прячущиеся под покровом более крупной лопасти листа. Разнообразие таких скрытых вместилищ огромно, и устройство их зачастую исключительно сложное. Учёные пока не нашли точного объяснения причин такого разнообразия, однако есть предположения, что эти своеобразные «квартиры» предоставляются цианобактериям (уже упоминавшимся при рассмотрении антоцеротовых), которые способны усваивать атмосферный азот. Таким образом эпифитные печёночники решают проблему недостатка азотного питания, которое вполне естественно возникает при обитании в кронах деревьев, тем более в тропиках, где ежедневные ливни отмывают эпифиты до чиста.

Печёночники нечасто удаётся увидеть с коробочками — спорофиты у многих видов живут лишь несколько дней. В лесной зоне России, где подходящие условия для прорастания спор ограничены весенним периодом, спороношение происходит вскоре после таяния снега. Чёрная блестящая округлая коробочка выносятся над дерновинкой на тонкой, легко ломающейся ножке. Коробочка растрескивается на четыре лопасти, принимая вид буроватого «цветочка», обычно с пучком нитей-элатер в центре, помогающих быстрее рассеять споры. Скорость, с которой растёт ножка, очень велика: за день-два она иногда достигает длины 10 см — происходит это за счёт растяжения тонкостенных клеток, наполняющихся водой. Этот замечательный и уникальный по скорости роста механизм и то же время и необычайно чувствителен: стоит ножкам чуть подсохнуть, они необратимо теряют форму и

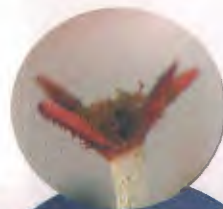
МАСЛЯНЫЕ ТЕЛА

Возможно (хотя это пока и не доказано), важную роль в накоплении биологически активных веществ у печёночников играют масляные тела. Выглядят они как капли маслянистой жидкости в клетках этих мохообразных. Причём их форма, количество, цвет и структура — свои для каждого вида. Такое поразительное разнообразие объясняется тем, что масляные тела — это не просто капли маслянистой жидкости, а особые органеллы, — такие же, как митохондрии, вакуоли, хлоропласты. Однако, в отличие от обычных органелл, представленных в клетках всех растений, масляные тела имеются только у печёночников и ни у кого больше. Как и прочие органеллы, масляные тела окружены двойной мембраной, внутри формируется специфическая среда, в которой и накапливаются биологически активные вещества.

больше не способны поддерживать коробочки. Поскольку процесс рассеивания спор оказывается, таким образом, сильно ограничен временными рамками, строение коробочек максимально упрощено.

Коробочки арктических и тропических, болотных и полупустынных видов, а также растущих на деревьях, на почве и в воде практически ничем не отличаются. У печёночников спорофитная стадия жизненного цикла наиболее упрощённая из всех высших растений.

Раскрывшаяся коробочка.



Коробочки *Fossombronia longiseta* из группы печёночников.



МХИ (BRYOPSIDA)

► Мох Сфагнум с созревающими коробочками.



Мох Сфагнум оттопыренный.

Третья группа мохообразных, собственно мхи, часто называемые также листостебельными мхами (*Musci*), насчитывает в России 1200 видов (в мире около 10 тыс.). Хотя их не намного больше, чем печёночников, растения эти гораздо более заметные и известные. Они постоянно попадают на глаза и в таёжных лесах, и на болотах, где зачастую формируют сплошные ковры, и на скалах в горах, и на стволах деревьев, и на шиферных крышах домов, и во многих других местах.

У мхов не бывает слоевищных форм, все растения имеют стебли и листья, расположенные на стебле спирально, как и у большинства прочих высших растений. В отличие от печёночников у мхов коробочки, в которых образуются споры, живут долго, необычайно разнообразны по строению и имеют сложнейшие приспособления для рассеивания спор.

Среди мхов России несложно научиться отличать сфагновые от всех прочих, бриевых мхов.



Сфагновые мхи иногда называют торфяными, а также белыми. Торфяные они потому, что составляют основу покровов болот, в которых откладывается торф; белые — потому, что в сухом состоянии цвет большинства видов становится значительно менее насыщенным, вплоть до бледно-желтоватого. Связано это с тем, что большая часть клеток сфагновых мхов — мёртвые, имеют продырявленную поверхность и служат для запасания воды. По мере высыхания они заполняются воздухом и сильнее отражают свет, обуславливая тем самым более светлую окраску растений. Два типа клеток — водоносные (мёртвые) и фотосинтезирующие (живые) характерны только для сфагновых мхов.

В строении сфагнов много черт, не свойственных другим мхам. Стебли их не имеют ризоидов, растут прямо, не разветвляясь на новые стебли, но выпускают короткие, собранные в мутовки веточки, часть из которых отстоит, а часть опускается вниз непосредственно рядом со стеблем. Свисающие веточки образуют своеобразный фитиль, выполняющий функцию проводящей системы. Так же, как и у маршанциевых печёночников, она оказывается снаружи (а не внутри стебля, как у большинства высших растений).



В лесах острова Ирландия есть участки, где мхи сплошным мягким ковром покрывают поверхность земли.



Коробочки сфагнума тоже устроены иначе, чем у других мхов. В нераскрывшемся состоянии они округлые и чёрные, в их верхней части кольцом расположены несколько рядов гигроскопических (способных поглощать влагу из воздуха) клеток, по ним отделяется верхняя часть коробочки (крышечка). Происходит это так: к середине лета коробочка созревает и частично заполняется воздухом; когда она (совершенно чёрная, как уже отмечалось) оказывается на солнцепёке, под давлением расширяющегося воздуха крышечка хорошо слышным щелчком «отстреливается», и споры выбрасываются далеко от материнского растения.

Таким образом, сфагновым мхам приходится расти на достаточно освещённых местах — иначе коробочка не откроется. Но как же решают эту проблему остальные, бриевые мхи, нередко обитающие в более тенистых местах, а зачастую в таких, до которых солнечные лучи никогда не добираются?

Ответ на этот вопрос подводит к самому сложному и разнообразно устроенному органу мхов — перистому, с помощью которого регулируется рассеивание спор. Подобно тому как цветковые растения



Формирующиеся коробочки со спорами у одного из мхов из семейства бриевые.

У многолетнего мха тейлории длиннозаострённой формируются веретеновидные коробочки.



объединяются в роды и семейства в соответствии с особенностями строения их цветков и плодов, классификация мхов основывается на признаках перистомы. И так же как невозможно даже в толстой книге описать всё многообразие строения цветков, нельзя в краткой главе рассмотреть даже главные типы строения перистомов. Поэтому здесь о них приведены только наиболее общие сведения.

Перистом образован мёртвыми клетками, причём в большинстве случаев даже не целыми, а их остатками. Клетки, начавшие строить перистом, на определённой стадии разрушаются, при этом внутренние стенки наружных клеток срастаются с наружными стенками внутренних, и все вместе они разделяются обычно на 16 зубцов. Зубцы перистомы, таким образом, состоят из двух слоёв, которые имеют разное строение, а главное — разную способность реагировать на влажность воздуха. В результате даже небольшие изменения влажности обуславливают гигроскопическое движение зубцов. Именно эти движения позволяют сбрасывать в нужный момент кры-



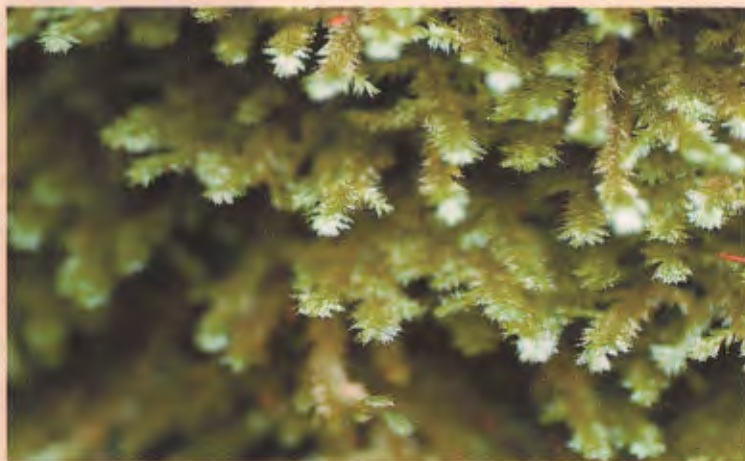
Перистомы мхов из родов синтрихия, бриум и тиммия.



МХИ-ЭПИФИТЫ И МХИ-ЭПИКСИЛЫ

Мхами-эпифитами называются те мхи, которые обитают на деревьях. Для них очень важно не упустить шанс заселить достаточно толстый ствол. Существовать им весьма непросто: после дождя ствол быстро высыхает, и эпифит сразу же попадает в очень засушливые условия. Поэтому большая их часть растёт очень медленно, и для того, чтобы набрать достаточную массу, без которой нельзя приступить к половому размножению, многим видам необходимо до 10, а то и 20 лет (лишь некоторые виды способны размножиться на деревьях на второй — четвёртый год). Неудивительно, что только «старые» леса оказываются прибежищем редких мхов-эпифитов.

Специфические мхи-эпиксилы способны расти только на пнях и валежнике. Такие типы местообитаний очень недолговечны, и если за 5—10 лет мхам не удастся развиваться до стадии спороношения, а спорам попасть на незанятые участки подходящего субстрата — жизнь популяции может прекратиться.



Мох Неккера перистая относится к эпифитам.

шечку и рассеивать споры. Их рассеивание точно регулируется в зависимости от погодных условий, и в каждой группе мхов это происходит по-своему!

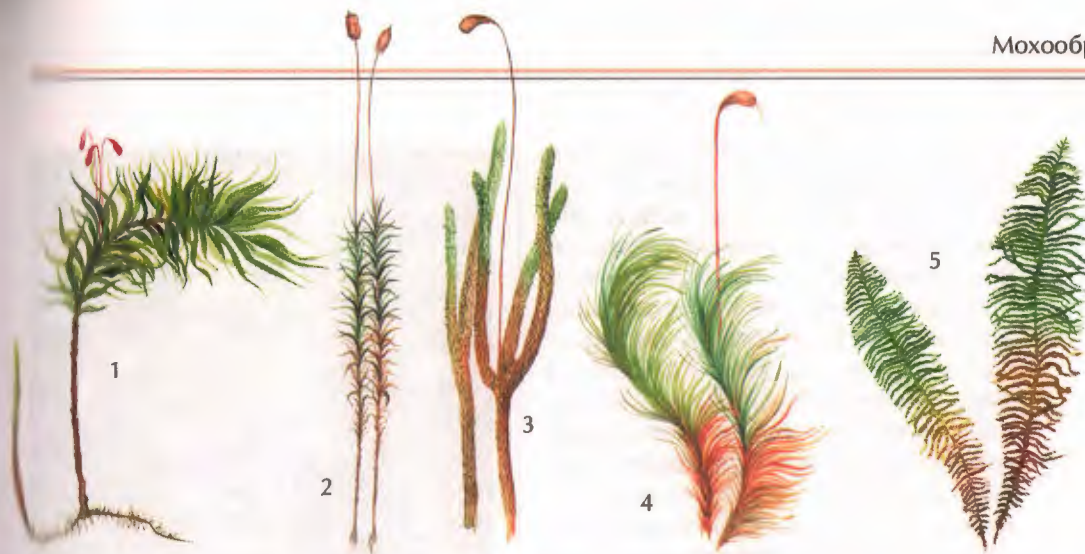
Например, у большинства наших напочвенных лесных мхов перистом во время дождя закрывается (в такое время споры далеко не улететь), а по его окончании, по мере подсыхания, зубцы начинают двигаться. Причём сначала они запускают свою верхушку внутрь коробочки, захватывая спе-

циальными карманами внутренней поверхности споры, а затем, отгибаясь, рассеивают эти споры. У видов, обитающих на стволах деревьев, всё наоборот: зубцы плотно закрывают устье коробочки в сухую погоду, а во время дождя — раскрывают. Что это даёт? А то, что споры во время дождя вымываются из коробочек и стекают с водой вниз по стволу, что позволяет им заселять его поверхность (если бы споры расселились в сухое время, закрепиться на стволе им было бы гораздо труднее).

Существуют и ещё более сложные механизмы распространения спор. Есть группа сплахновых мхов, споры которых вообще не способны разноситься ветром — их поверхность липкая. Распространяться они могут лишь в том случае, если их кто-то перенесёт из коробочки на новое подходящее для произрастания место. Как нетрудно догадаться, место это должно быть весьма специфическим. Так оно и есть: сплахновые мхи обитают на помёте млекопитающих, погавках птиц, трупиках грызунов. Найти такой сравнительно редкий субстрат этим мхам помогают мухи, которые часто посещают все эти столь неприятные для человека объекты. Сплахновые мхи изобрели и способ приманивать мух: яркая ниж-



► Мох леукодон беличий растёт на стволах деревьев широколиственных пород.



Зелёные мхи:
1 — климациум японский;
2 — кукушкин лён обыкновенный;
3 — аулакомниум вздутый;
4 — аикранум;
5 — птилиум, или мох страусово перо.

ни часть их коробочек расширяется в виде колбочки или абажурчика и выделяет вещества, привлекающие насекомых. Спор в коробочке образуется относительно немного, но они постоянно выдавливаются вверх, где прилипают к лапкам и брюшку насекомых, обеспечивая успешное расселение данных видов.

Все эти интереснейшие механизмы для мхов крайне важны, они делают расселение видов весьма эффективным — ведь большая их часть обитает на субстратах, существующих относительно короткое время. Для сплaxновых мхов необходимо попасть на соответствующий субстрат в первый же год, тогда на второй год они смогут произвести споры и расселиться дальше.

Напочвенные виды мхов оказываются в более благоприятных условиях, их субстрат никогда не исчезает. Некоторые из них могут расти на бедных и кислых почвах, такие виды широко распространены в лесах, особенно таёжных. Однако к таким доминирующим видам относятся единицы. Большая же часть мхов встречается на почвенных обнажениях (незадернованной почве), на крутых склонах, по краям лесных дорог, на зарастающих кротовинах и тому подобных субстратах, существующих, опять-таки, непродолжительное время.

Из сравнения систем размножения печёночников и мхов становится совершенно очевидно, что более продолжительное существование спорофита мхов решает многие жизненно важные проблемы этих растений. У печёночников же с короткоживущим спорофитом они полностью ложатся на плечи гаметофита и обуславливают исключительное разнообразие строения его тела. В этом отношении с печёночниками не сравнится ни одна другая группа высших растений. Единый план строения тела у них вообще отсутствует. У мхов же общее строение значительно однотипнее. Но однотипно устроены и все семенные растения. Вместе с тем

Гилокомиум блестящий доминирует в моховом покрове таёжных лесов.



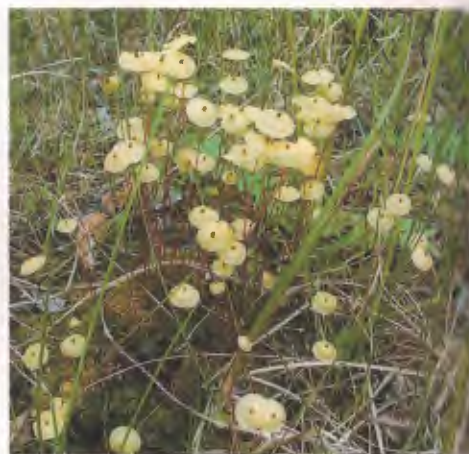


► Сплахнум жёлтый в тундре на полуразложившихся останках грызунов.

Мхи. Рисунок Э. Геккеля. XIX в.



видоизменения их побегов и многообразие жизненных форм трудно даже представить. Если вспомнить сосну, кактус, ряску, василёк, кувшинку, пырей, пальму, кочку осоки, то становится понятно, что единый план строения часто, наоборот, открывает гораздо более широкие возможности морфологической эволюции. Разнообразие растений мхов также значительно: среди них встречаются как однолетние, так и многолетние виды, как растущие единичными побегами, так и формирующие густые дерновинки. Стебли мхов растут прямо вверх, или стелятся по субстрату, или



свисают с ветвей деревьев и т. д. Но наиболее интересным становится рассмотрение этого разнообразия при сопоставлении его с особенностями биологии отдельных видов. И поскольку основная проблема для мхов, как и для большинства наземных растений, — недостаток воды, в основном мы коснёмся именно этого вопроса.

Большинство высших растений, сталкиваясь с дефицитом влаги, или развивают обширную корневую систему, или формируют запасющие органы — мясистые листья или стебли, разного рода подземные органы. Всё это недоступно мхам. Они пошли своим путём — научились, полностью пересыхая, сохранять возможность быстро оживать после нескольких месяцев засухи. Они приспособились также с помощью выростов на поверхности клеток — папилл — получать воду из более влажного ночного воздуха, даже если общая сухость не позволяет образоваться росе. Отдельным пустынным видам хватает 80 % относительной влажности воздуха (а по некоторым данным даже 60 %!), чтобы начать улавливать влагу из воздуха, расправить листья и перейти в физиологически активное состояние. Благодаря способности мхов замирать на неблагоприятный период они выживают, например,



будучи погребёнными под толщами ледников Гренландии и Антарктиды, а после отступления льдов при оттаивании оживают и по крайней мере некоторое время успешно растут. Эти мхи — современники мамонтов!

Мхи растут в некоторых озёрах Антарктиды, оттаивающих на две недели в году, да притом ещё и не каждый год. Мхи растут на камнях в центре пустыни Гоби, где снег или дождь случаются раз в несколько лет. Ждать следующего благоприятного момента столько, сколько потребуется, и максимально эффективно использовать его — вот в чём заключается стратегия мхов.

И эта необычайная выносливость, и умение осваивать за непродолжительное время существующие местообитания, и различные приспособления к заселению далеко друг от друга стоящих мест выявляют важнейшую роль мхов в природе — роль растений-пионеров. Поселяясь где-либо, они быстро начинают запасать влагу, накапливать разного рода пыль, которая, накапливаясь, преобразуется внутри дерновинки мхов в почву, создавая условия для дальнейшей эволюции растительных сообществ. Во всех случаях развивающиеся покровы мхов стабилизируют режим влажности, создавая среду для многих мелких беспозвоночных, грибов и микроорганизмов. В некоторых экосистемах, где мхи играют особую значительную роль в формировании

растительного покрова (это и болота, и тундры, и моховые тропические леса), многие виды цветковых растений не могут жить иначе как в обширных моховых дерновинках. Особенно яркий тому пример — орхидеи: большинство их видов в горах тропиков растёт именно там, где «шубы» мхов и печёночников поддерживают постоянную влажность, близкую к 100-процентной.

До недавнего времени роль мхов в природе считалась не столь уж значительной, и, рассматривая вопросы охраны природы, о них просто забывали. Однако теперь становится всё яснее, что сокращение разнообразия мхов отражает сокращение общего экологического разнообразия, которое, в свою очередь, приводит к исчезновению многих видов животных и растений. И мхи могут подать сигнал, подсказать специалистам, что необходимо начать принимать меры по охране биологического разнообразия. Если вспомнить исключительную способность мхов к расселению и освоению всевозможных субстратов, можно понять, почему они лучше других подходят на роль «термометра» экологических условий в большинстве районов мира.

Синтрихия полевая в сухом (слева) и влажном (справа) состоянии. Папиллы на её листьях (вверху) позволяют извлекать воду из воздуха.





СОСУДИСТЫЕ СПОРОВЫЕ РАСТЕНИЯ

Папоротники птерисы относятся к сосудистым споровым растениям, они дали название всем птеридофитам.

Растения, как и все живые существа, имели водных предков, и их эволюция связана с постепенным завоеванием суши. По-видимому, важным событием на раннем этапе развития растений, когда они только начали выходить на берег, было появление спор. Их прочные защитные оболочки поз-

воляли переносить неблагоприятные засушливые условия. К тому же благодаря спорам растения смогли распространяться по поверхности Земли с помощью ветра. Постепенно размеры растений увеличивались, они совершенствовались, споры стали более эффективно рассеиваться. Со временем в покровных тканях растений появилась кутикула (воскоподобный слой, предохраняющий от избыточного испарения) и устьица, которые обеспечивали газообмен. У сосудистых растений развилась эффективная проводящая система, которая решила проблему транспорта воды и органических веществ в условиях суши.

Остатки сосудистых растений обнаружены в отложениях силурийского периода (438—408 млн лет назад). В девоне (408—360 млн лет назад) три отдела споровых сосудистых растений — риниофиты (*Rhyniophyta*), зостерофиллофиты (*Zosterophyllophyta*) и тримерофиты (*Trimerophyta*) стали многочислен-





ны и разнообразны. Вымерли они к концу девона. Всё это относительно простые по структуре организмы. Лостерофиллофиты дали начало плаунообразным, а тримерофиты — папоротникообразным.

Самыми просто организованными растениями из населяющих сушу в настоящее время являются представители отдела псилоотообразных. Сложнее устроены плаунообразные и хвощеобразные. Венцом эволюции сосудистых споровых растений являются папоротникообразные — многочисленная и разнообразная группа, имеющая общих предков с семенными растениями.

РИНИОФИТЫ — ПЕРВЫЕ ВЫСШИЕ РАСТЕНИЯ

В 1859 г. канадский геолог Джордж Доусон (1849—1901) в девонских отложениях Канады обнаружил остатки примитивного высшего растения, не похожего ни на одно из



известных науке. Его вильчато (или дихотомически) разветвлённые стебли не имели листьев, а спорангии были верхушечные — свисали с кончиков боковых веточек. Растению дали название *Psilophyton princeps* (буквально — «голорос первичный»). Этой замечательной находке долгое время не уделяли серьёзного внима-

В раннем девоне преобладали риниофиты.

РАСТЕНИЯ ВЫСШИЕ, СОСУДИСТЫЕ, СЕМЕННЫЕ

К высшим растениям относятся все отделы растительного царства, за исключением водорослей: вымершие риниофиты, мхи, печёночники, псилоотообразные, плаунообразные, хвощеобразные, папоротники, голосеменные и покрытосеменные (цветковые). Для высших растений характерно чередование поколений — полового (гаметофита) и бесполого (спорофита). Половые мужские и женские органы (антеридии и архегонии) формируются на гаметофите. При слиянии мужской и женской гамет образуется зигота — новая клетка с двойным набором хромосом ($2n$). В отличие от низших у высших растений зигота даёт начало многоклеточному зародышу, из которого развивается само растение (спорофит). На спорофите формируются многоклеточные спорангии, и в них формируются споры — одноклеточные образования с гаплоидным набором хромосом (n),

служащие для бесполого размножения. При образовании спор число хромосом уменьшается вдвое в результате мейоза. Споры дают начало половому поколению — гаметофиту.

У большинства высших растений, за исключением мхов и печёночников, в жизненном цикле преобладает спорофит, проводящая система хорошо развита и представлена ксилемой и флоэмой. Поэтому псилоотообразные, плаунообразные, хвощеобразные, папоротники, голосеменные и цветковые принадлежат к сосудистым растениям. Псилоотообразные, плаунообразные, хвощеобразные и папоротники распространяются преимущественно спорами — их относят к сосудистым споровым растениям. Голосеменные и цветковые распространяются семенами — их называют семенными растениями.

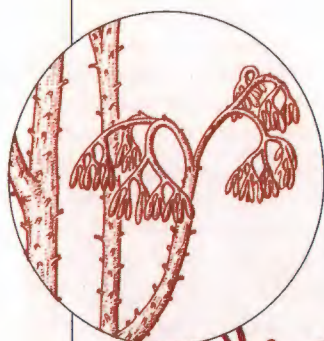


Отпечаток древнего папоротника.

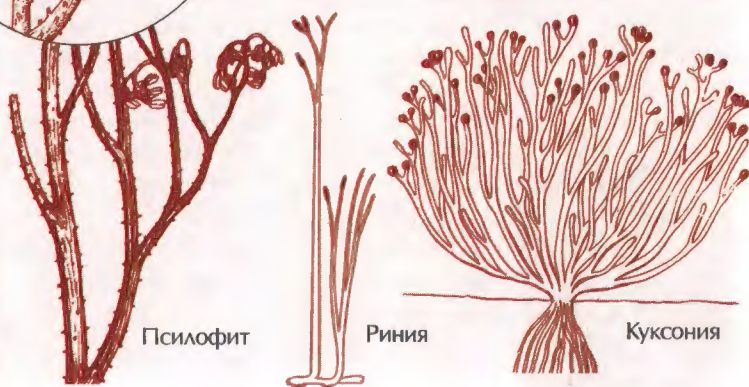


Позднедевонский ландшафт.

Ископаемые риниофиты.



ния: псилофит сильно отличался от всех известных растений и не укладывался в существовавшую классификацию. В 1912 г. близ местечка Райни (Рини) в Шотландии врач У. Макки нашёл сходные растительные остатки исключительно хорошей сохранности, которые несколько позже были изучены и описаны британцами Р. Кидстоном (1852—1924) и У. Лангом (1874—1960). Возраст этих остатков, отнесённых учёными к новым родам из вновь описанных родов *Rhynia* (риния), *Horneophyton* (хорнеофит) и другим, был определён как раннедевонский (т. е. не менее 408 млн лет). И наконец, в 1937 г. в верхнесилу-



Псилофит

Риния

Куксония

рийских песчаниках Уэльса У. Ланг открыл ещё один род, названный им *Cooksonia* (куксония), — самый древний из всех высших растений, существовавший 420 млн лет назад. В результате этих работ оказалось, что риния, хорнеофит, куксония, псилофит и ряд близких родов составляют наиболее древний и примитивный отдел высших растений — риниофиты (*Rhyniophyta*), которые полностью вымерли в позднем девоне. Первые высшие растения обитали во влажных и болотистых местах, а также на мелководьях по окраинам морских и континентальных бассейнов.

ОТДЕЛ ПСИЛОТООБРАЗНЫЕ (PSILOTOPHYTA)

Среди ныне живущих высших растений обособленное положение занимает небольшая группа видов из родов псилот и тмезиптерис, составляющих отдел псилотообразных. В отдел входит одно семейство псилотовых (*Psilotaceae*), состоящее из двух родов — псилот (*Psilotum*) и тмезиптерис (*Tmesipteris*). Псилотообразным по современным данным учёных-генетиков, родственны примитивные уховниковые папоротники.

Строение псилотообразных

Псилотовые отличаются многими интересными морфологическими и биологическими особенностями. Чрезвычайно примитивные черты их строения свидетельствуют об очень древнем происхождении. Даже внешний облик псилота голого говорит об этом. Пожалуй, это наиболее просто устроенное высшее растение из ныне существующих.

Вместо корней у псилотовых имеются ризоиды — более или



ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ПСИЛОТООБРАЗНЫХ

менее дихотомически разветвлённые и довольно длинные (до 1 м и более) корневищеподобные образования. В отличие от настоящих корней ризоиды лишены чешуй, но покрыты многочисленными ризоидами. Выходя на поверхность земли, концы ветвей ризоида разветвляются в новые надземные стебли и вегетативно размножаются. В клетках наружной коры ризоида часто содержатся гифы грибов, поэтому псилотовые частично являются сапрофитами. Концы некоторых ризоидов псилота голого могут разрастаться на ранней стадии в небольшую выводковую почку, которая в дальнейшем способна дать начало новому растению.

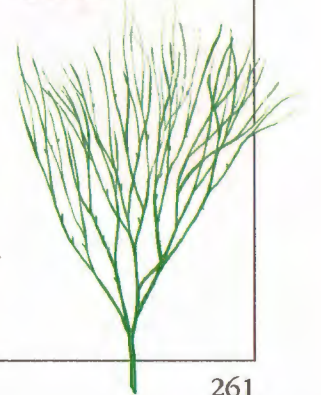
Одна из наиболее характерных особенностей псилотовых — отсутствие корней (так же, как и у риниофитов). Их нет не только у взрослых растений, зачаток корня (равно как и зачаток листа) отсутствует и на всех стадиях развития зародыша. Стеб-

ли псилота от 10 до 100 см длиной дихотомически (вильчато) ветвятся. На них, главным образом в верхней части, видны беспорядочно расположенные мелкие чешуевидные придатки — это листья. Спороносящие части псилотовых также сходны в строении с вымершими риниофитами. У псилотовых спорангии (органы, в которых формируются споры) сохранили довольно примитивное строение. Они собраны по три в довольно крупные образования диаметром 2—4 мм (синангии).

Чередование поколений псилотообразных

Псилотовые — равноспоровые растения. В результате мейоза внутри спорангия образуются споры, все одинаковые по форме и размерам. Прорастая, споры дают начало обоеполю подземным гаметофитам, которые похожи на фрагменты кор-

Стебли псилота
обыкновенного
дихотомически
(вильчато)
ветвятся.





РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПСИЛОТООБРАЗНЫХ

Род псилот (два вида) широко распространён в тропиках и субтропиках обоих полушарий; ареал рода тмезиптерис (около 10 близких видов) занимает Австралию и острова юго-западной части Тихого океана. Псилот и тмезиптерис растут на стволах древовидных папоротников, саговниковых и пальм, у основания стволов деревьев, на перегнойной почве или в трещинах скал.



Для плаунообразных (баранец обыкновенный) характерно дихотомическое (вильчатое) ветвление.

невищ. Антеридии и архегонии рассеяны по всей поверхности гаметофита. В многоклеточных архегониях развиваются яйцеклетки. Сперматозоиды (подвижные формы мужских гамет) псилотовых многожгутиковые и, чтобы достичь яйцеклетки, нуждаются в воде.

При оплодотворении образуется зигота, из которой развивается поколение спорофита. Зародыш формируется внутри архегония, причём молодой спорофит первоначально прикреплен к гаметофиту стопой, через которую поступают питательные вещества из гаметофита. Впоследствии спорофит отделяется, начиная независимое существование, а стопа остаётся погружённой в гаметофит.

Подробнее жизненный цикл равноспоровых растений на примере плауна описан в следующей главе.



В 1838 г. бельгийский ботаник Фридерик Антон Шпринг (1814—1872) впервые разработал систематику плауновых.

Плаун баранец, характерный для таёжных лесов и тундр, — ядовитое растение.



ОТДЕЛ ПЛАУНООБРАЗНЫЕ (LYCOPODIOPHYTES)

Среди ныне живущих высших растений плаунообразные относятся к одним из наиболее древних. Эта группа достигла своего наибольшего развития в пермский период (250—300 млн лет назад), а в настоящее время представлена небольшим числом родов и видов.

В отдел плаунообразных входят два класса: плауновидные (*Lycopodiopsida*) и полушниковидные (*Isoëtopsida*). Первый класс включает три порядка, но только порядок плауновых сохранился до наших дней. Класс полушниковидных также объединяет три порядка, из которых два — современные селлагинелловые и полушниковые.

Строение плаунообразных

Все современные представители отдела — многолетние травянистые растения, обычно вечнозелёные. У ископаемых плауновидных наряду с травянистыми формами были и мощные древовидные. У большинства плауновидных листья расположены на побегах спирально, но иногда они сидят супротивно или мутовчато. В почве растения закрепляются при помощи корневищ, на которых образуются придаточные корни.

Плауновидные дорастают до определённой высоты и останавливаются, поскольку верхушечные меристемы со временем теряют способность делиться. Для этих растений характерно дихотомическое (вильчатое) ветвление надземных и подземных осей.

Спорофиллы (листья, несущие споры) по форме и размерам могут быть похожи на обычные вегетативные листья, а могут резко отличаться. Чередясь со стерильными листьями (трофофиллами), они образуют на стебле спороносные зоны (как у баранца).



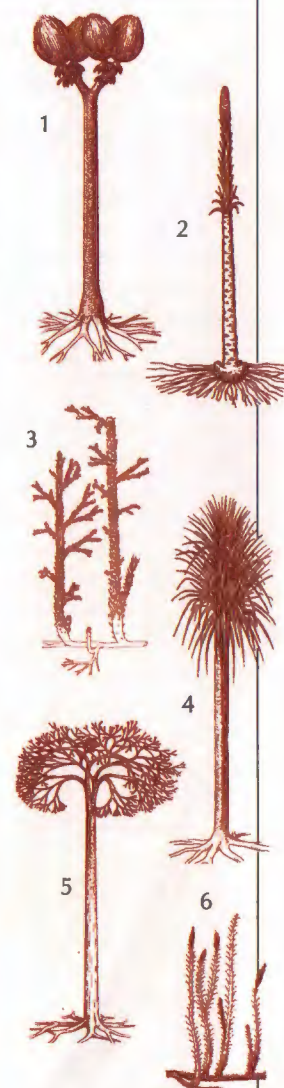
или собраны в расположенные на концах ветвей стробилы (как у плауна). Среди плауновидных есть как равноспоровые, так и разноспоровые.

Чередование поколений плаунообразных

Зелёные растения, с которыми мы познакомились выше, обладают нормальным диплоидным набором хромосом и являются спорофитами. Спорофит — основная жизненная стадия плаунообразных. Затем на стадии гаметофита на какое-то время диплоидный набор хромосом вида оказывается разделённым на два гаплоидных набора между двумя организмами, которые именуются заростками. Рассмотрим чередование поколений на примере плауна (равноспорового растения). В результате мейоза образуются споры, которые после прорастания

дают начало обоеполым гаметофитам (заросткам). Заростки в зависимости от вида представляют собой либо зелёные неправильно-лопастные образования, либо ветвящиеся подземные нефотосинтезирующие структуры. Таким подземным гаметофитам для нормального роста требуется симбиоз с микоризным грибом. Развитие архегониев и антеридиев у плаунов иногда продолжается от 6 до 15 лет. В архегониях созревают яйцеклетки, в антеридиях — сперматозоиды.

Для оплодотворения необходима вода; двужгутиковый сперматозоид подплывает в ней к архегонии и затем движется через её шейку к яйцеклетке. Возникшая после оплодотворения зигота развивается в зародыш, растущий в брюшке архегония. Молодой спорофит может оставаться прикреплённым к гаметофиту в течение длительного времени, но в конце концов становится независимым.

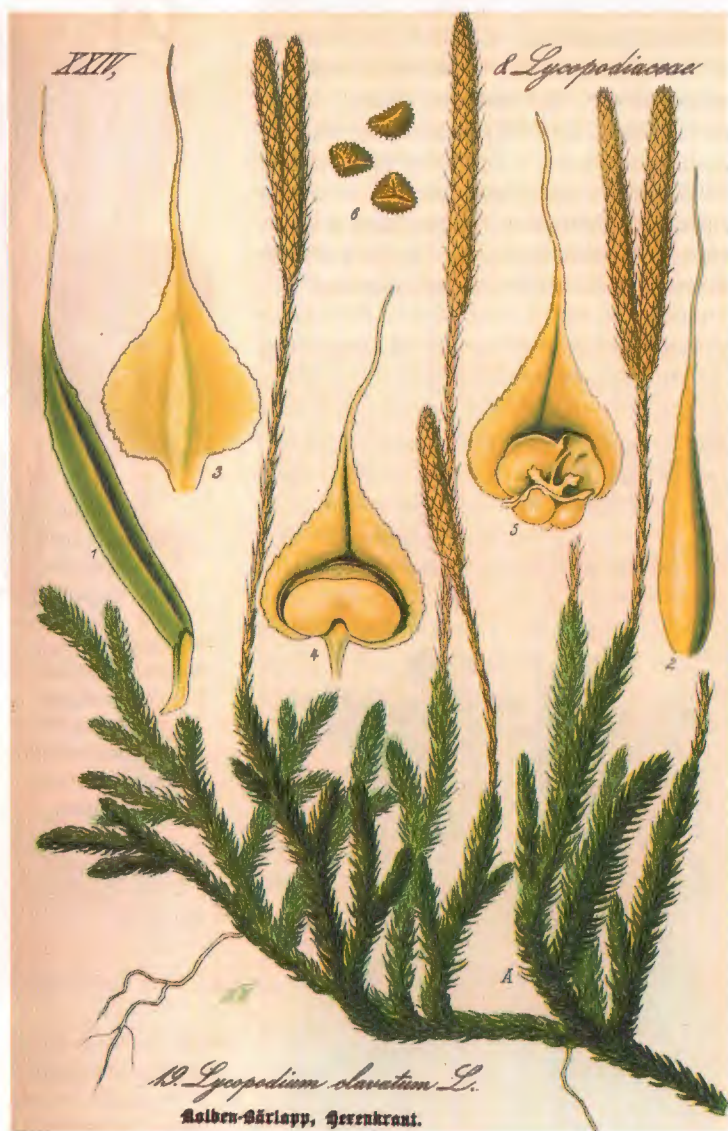


Ископаемые плаунообразные:
1 — сигиллярия;
2 — плевромейя;
3 — стероксилон;
4 — лепидодендрон (молодой);
5 — лепидодендрон (взрослый);
6 — протолепидодендрон.

Разнообразие плаунообразных

В лесах каменноугольного периода (286—248 млн лет назад), образованных древовидными представителями полушниковидных на почве произрастали травянистые представители плауновидных и травы из порядка селлагинелловые. В конце палеозоя — начале мезозоя (около 250 млн лет назад) все крупные плаунообразные вымерли, уступив место голосемным растениям. Но обитавшие под

Плаун булавовидный относится к семейству плауновые. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.



пологом своих древовидных сородичей мелкие травянистые плауны смогли не только пережить эру господства голосеменных, но и успешно приспособиться в дальнейшем к жизни в сложно организованных сообществах с преобладанием цветковых растений.

К семейству плауновых (*Lycopodiaceae*), единственному в одноименном классе, относят несколько родов и около 200 видов. Все плауновые вечнозелёные наземные или эпифитные многолетние травянистые растения с прямостоячими, полегающими, свисающими, ползучими или лазящими побегами с придаточными корнями. Высота прямостоячих побегов — до нескольких десятков сантиметров, длина ползучих иногда превышает 10 м. Плауновые встречаются от арктических областей до тропиков, хотя редко играют заметную роль в растительных сообществах.

Во флоре России имеются такие виды, как плаун булавовидный, дифазиаструм сплюснутый, ликоподиелла топяная, баранец обыкновенный и др.

К роду плаун (*Lycopodium*) относят растения с верхушечными стробилами и хорошо развитыми стеблевыми листьями. Плаун булавовидный (*L. complanatum*) и плаун годичный (*L. annotinum*) распространены в хвойных лесах по всей лесной зоне, при этом первый вид предпочитает сосновые леса, а второй — ельники.

К роду дифазиаструм (*Diphasiastrium*) принадлежат растения с верхушечными стробилами и чешуевидными листьями на сплюснутых стеблях. В хвойных лесах по речным террасам произрастает дифазиаструм сплюснутый (*D. complanatum*). В высокогорьях и в тундре обитает близкий вид, отличающийся мелким размером всех органов, — дифазиаструм альпийский (*D. alpinum*).

В род ликоподиелла (*Lycopodiella*) входит один вид — ликоподисел



ли топяная (*L. inundata*), которая растёт в лесной зоне на участках с нарушенным почвенно-растительным покровом во влажных сосновых лесах, часто на песчаных или торфянистых почвах.

Род баранец (*Huperzia*) отличается тем, что спорофиллы не собраны в спорангии, а образуют спороносную зону на побеге. Общим обликом баранцы напоминают настоящие плауны с развитыми стеблевыми листьями. Наиболее широко в России распространён баранец обыкновенный (*H. selago*), произрастающий среди мохового покрова в темнохвойных лесах, тундре и высокогорьях.

Семейство селлагинелловые (*Selaginellaceae*) представлено единственным, но крупным родом селлагинелла, или плаунок (*Selaginella*), который насчитывает более 700 видов. Растут они в основном в тропиках, однако встречаются и в умеренном поясе, в том числе в нашей стране на Дальнем Востоке. Селлагинеллы — нежные растения с тонкими

ФИЛЛОГЛОССУМ — ЮЖНЫЙ РОДСТВЕННИК БАРАНЦА

Род филлоглоссум (*Phylloglossum*) из семейства плауновых содержит один вид — филлоглоссум Драммонда (*P. drummondii*), распространённый на западе и юге Австралии, на Тасмании и в Новой Зеландии. Это маленький клубневый многолетник, высотой всего несколько сантиметров. На верхушке клубня развивается пучок немногочисленных листьев длиной до 2 см, которые по форме напоминают узкие язычки. Зрелое растение образует короткий стробил, сидящий на безлистной ножке. Филлоглоссум обитает в австралийском скрэбе (зарослях вечнозелёных кустарников) — в местах с периодически повторяющимися пожарами. Это растение приспособлено к жизни именно в этих экстремальных условиях и потому относится к группе пирофитов. Успешная борьба с пожарами сокращает ареал филлоглоссума.



зелёными или коричневыми стеблями и мелкими зелёными листьями. Они обитают преимущественно во влажных, более или менее тенистых местах. У видов, населяющих сухие открытые места, листья имеют иссиня-чёрный металлический оттенок.

Селлагинелла плауновидная (*S. selaginoides*) относится к группе теневых и влаголюбивых видов. Её тонкие листочки перпендикулярно отстоят от ветвей и не защищены от высыхания. Она растёт по берегам рек и ручьёв, на влажных скалах, на торфяниках в таёжных и горных районах России. Напротив, такой вид, как селлагинелла скальная (*S. rupestris*), благодаря прижатым к стеблю листьям и жёстким побегам, собранным в дерновинку, легко переносит засуху и произрастает на скалах, осыпях, остепнённых лугах.

Полушник озёрный из семейства полушниковые. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.

Селлагинелла плауновидная и её стробил.



Стробил — спороносный колосок (видоизменённая часть побега), несущий на себе спорангии.



Семейство полушниковые (*Isoëtaceae*) представлено в нашей флоре родом полушник (*Isoetes*). Полушники — скрытные растения, они обитают на песчаном или илистом дне озёр с чистой водой. Даже небольшое загрязнение ведёт к их вымиранию. Поэтому все четыре вида данного рода, произрастающие на территории нашей страны, занесены в Красную книгу России. Чаще других в европейской части страны встречается полушник озёрный (*I. lacustris*).

ОТДЕЛ ХВОЩЕОБРАЗНЫЕ (EQUISETOPHYTA)

Для представителей этого отдела характерно наличие побегов, состоящих из чётко выраженных членков-междоузлий и узлов с мутовчато расположенными листьями. Этой чертой современные хвощеобразные и их ископаемые родичи резко отличаются от всех остальных сосудистых высших растений.

Листья хвощеобразных расположены мутовчато.



Научное название *Equisetum* (от лат. *equus* — «лошадь» и *seta* — «щетина») дал этой группе растений римский учёный Гай Плиний Старший (23–79).

Все ныне живущие хвощеобразные — травянистые растения со стеблем, редко превышающим 1 м. Ископаемые травы достигали в высоту нескольких метров. Некоторые вымершие хвощеобразные были древовидными и вырастали до 15 м при диаметре ствола более 0,5 м.

Характерной чертой представителей этого отдела является наличие у них своеобразных структур, несущих спорангии, которые на концах стеблей и веточек собраны в небольшие спороносные колоски — стробилы. Последние исследования ДНК хвощей показали, что хвощеобразные можно рассматривать в качестве одного из классов папоротникообразных.

Строение хвощеобразных

Рассмотрим строение представителей рода хвощ (*Equisetum*) — единственного современного рода данного отдела. В природе хвощи обычно встречаются в виде клонов — групп растений, возникших от одной особи путём вегетативного размножения.

У разных видов хвощей побеги отличаются. У одних (например, у хвоща зимующего) они однотипные — жёсткие, вечнозелёные, с верхушечными стробилами. У других вегетативные и спороносные побеги развиваются по-разному. У хвоща полевого зелёные вегетативные и буровато-розовые спороносные побеги абсолютно не похожи друг на друга, первые фотосинтезируют, вторые формируют споры. У хвоща лесного такое разделение имеется только в начале вегетационного периода. После созревания спор спороносные побеги также начинают фотосинтезировать, морфологически становясь похожими на вегетативные. И наконец, у хвоща приречного вегетативные и споро-

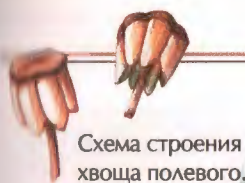


Схема строения хвоща полевого.

У тропического хвоща многощетинкового (*E. myriochaetum*) стебель достигает длины 9 м, а из-за малой толщины (0,5—2 см) он теряет возможность прямо-стоячего роста и опирается на соседние растения.

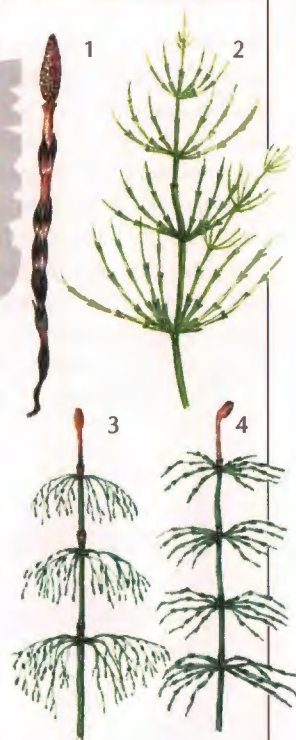
носные побеги зелёные и всё время фотосинтезируют, а отличаются лишь наличием или отсутствием стробиллов.

Большинство хвощей на ощупь довольно жёсткие. Дело в том, что в состав оболочки клеток их эпидермы наряду с целлюлозой входит кремнезём, частицы которого образуют на поверхности растения непрерывный очень прочный слой из мелких бугорками. Этот слой играет не только механическую, но и защитную роль, поэтому на хвощи практически не нападают раститель- ноядные моллюски и насекомые.

Стебель хвощей ветвится монопо- диально за счёт роста главной оси и развития боковых ветвей. Хвощи — многолетние корневищные расте- ния, у них есть два типа корневищ: горизонтальные и вертикальные. Горизонтальные корневища обычно более толстые с более длинными междоузлиями, чем вертикальные. Вегетативно хвощи размножаются прежде всего с помощью горизон- тальных корневищ. Старые их участ- ки отмирают, и первоначально еди- ный материнский клон распадается на несколько производных.

У хвощей имеются настоящие корни до 2 м длиной, в которых расположены воздухоносные поло- сти и сосуды. По сосудам поступа- ющая из почвы вода с растворёнными элементами минерального питания быстро подаётся к корневищам и надземным побегам.

Стробилы хвощей обычно желто- ватые, бурые или чёрные, появляются



Виды хвощей:
1 — спороносный побег полевого хвоща; 2 — вегетативный побег полевого хвоща; 3 — лесной хвощ; 4 — луговой хвощ.



Основание междоузлий хвощей прикрыто кольцом из сросшихся листовых влагалищ. Листовые пластинки хвощей очень короткие и в ходе эволюции утратили спо- собность к фотосинтезу. По форме кольца из влагалищ, цвету и форме зубцов определяют виды хвощей.



Спорангии.

Спорангиофор.

Стробилы со спорангиями хвоща болотного.



чаще всего на концах стеблей, реже — боковых ветвей. На одном побеге их может быть от одного (у большинства видов) до сотни (у тропического хвоща многостетинкового).

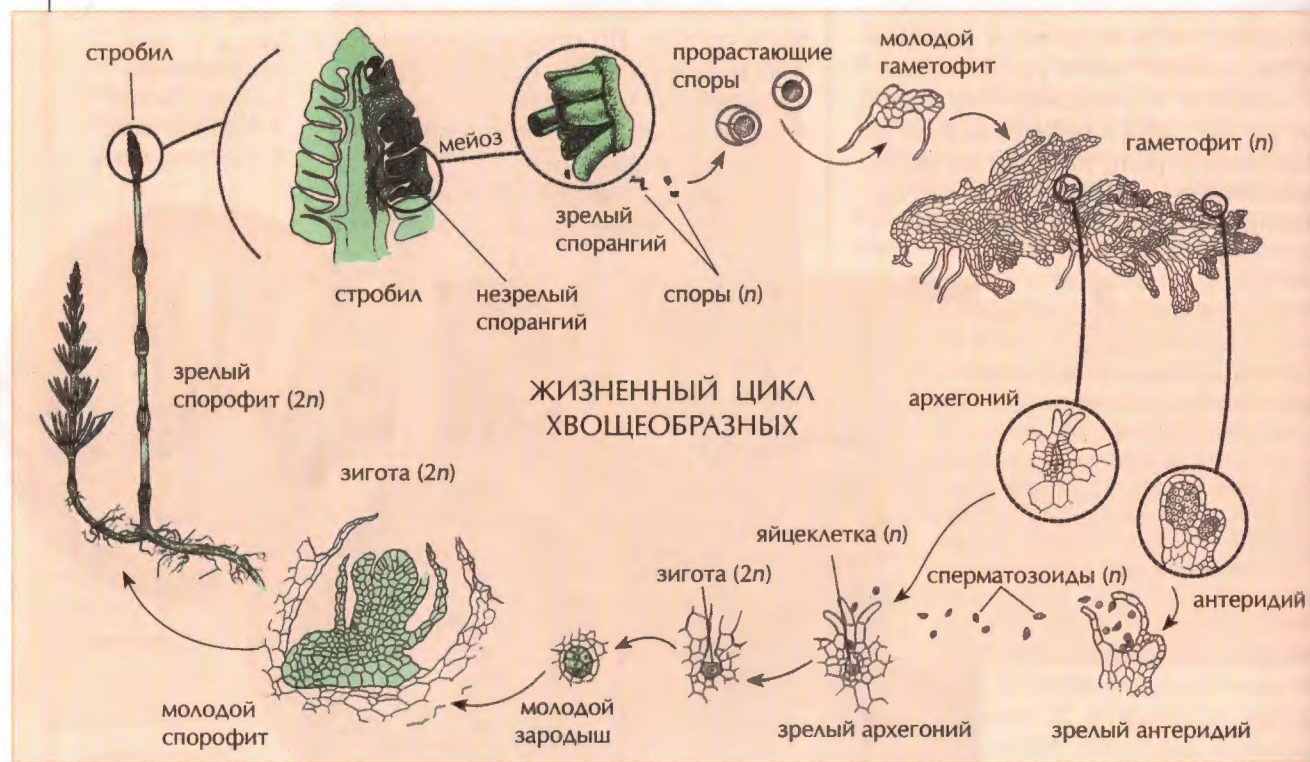
Чередование поколений хвощеобразных

Подавляющее большинство хвощеобразных — равноспоровые растения, и лишь некоторые ископаемые формы были разноспоровыми. Чередование поколений у хвощей в общих чертах сходно с жизненным циклом плаунов, псилоита, а также равноспоровых папоротников.

Спорангии у хвощей образуются группами по 5—10 вдоль края мелких зонтиковидных структур — спорангиофоров (спорангиальных веточек), собранных в стробил на верхушке стебля. На оболочке спор хвощей имеются особые выросты — элатеры.

Когда споры находятся в спорангии, элатеры свёрнуты спирально. Когда многочисленные споры созревают, спорангии сжимаются и расщепляются, высвобождая их. При этом элатеры распрямляются, способствуя рассеиванию спор. Из спор развиваются гаметофиты.

Гаметофиты хвощей зелёные, свободноживущие, большинство из них размером с булавочную головку. У прибрежно-водных видов они развиваются главным образом на илие, богатом питательными веществами. Гаметофиты достигают половой зрелости через три — пять недель и являются либо обоеполыми, либо мужскими. На обоеполых заростках архегонии развиваются раньше антеридиев, что увеличивает вероятность перекрёстного оплодотворения. Для достижения яйцеклеток многожгутиковым сперматозоидам требуется вода. Развитие зародыша из зиготы происходит в брюшке архегонии,

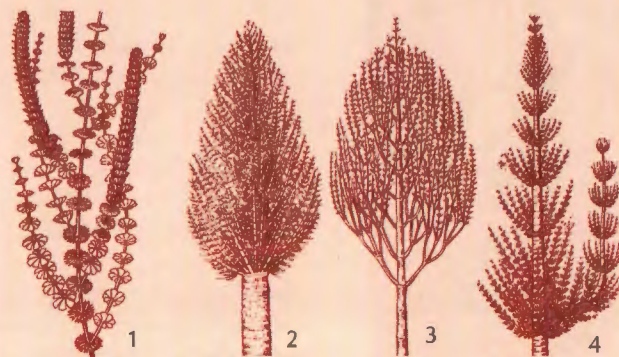




ИСКОПАЕМЫЕ ХВОЩЕОБРАЗНЫЕ

Самые древние достоверные ископаемые остатки хвощеобразных известны из нижнедевонских отложений (около 400 млн лет назад), при этом в позднем девоне существовали представители уже всех трёх классов отдела. Виды рода клинолист (*Sphenophyllum*) образовывали густые заросли в лесах каменноугольного периода. Побеги некоторых клинолистов достигали в длину нескольких метров при диаметре от 1 до 5 мм — это были стелющиеся и лазящие растения. К узлам более молодых участков стебля прикреплялись мутовки из 6—9 клиновидных листьев. Стробилы располагались на концах ветвей. Расцвет класса хвощовых также приходится на каменноугольный период. Древесный ярус заболоченных тропических лесов в это время состоял из каламитов (род *Calamites*). По облику каламиты напоминали гигантские хвощи. Обладавшие центральной полостью и довольно мощным (до 12 см) слоем вторичной древесины стволы каламитов нередко превышали в диаметре 0,5 м, достигая в высоту 8—10 м (иногда до 20!). Основными фотосинтезирующими органами этих растений были мутовчато расположенные листья, длина которых у разных видов варьировалась от 2 до 70 мм.

К концу палеозоя — началу мезозоя (около 250 млн лет назад) каламитовые при резком изменении климата Земли вымерли. Их менее специализированные родичи — хвощовые (семейство *Equisetaceae*) пережили эту неблагоприятную эпоху и в первой половине мезозоя даже образовывали почти чистые сообщества по берегам водоёмов (род *Equisetitis*). Постепенное вымирание представителей отдела привело к тому, что до нашего времени из некогда процветавшей группы дошёл только один род хвощ (*Equisetum*), представленный 15 видами.



Ископаемые хвощеобразные:
1 — клинолист; 2, 3, 4 — каламиты.

и молодой спорофит прикрепляется к гаметофиту стопой. На одном гаметофите могут быть оплодотворены сразу несколько яйцеклеток, из которых затем без периода покоя развиваются зародыши — молодые спорофиты.

Разнообразие хвощеобразных

Отдел хвощеобразных (*Equisetophyta*) объединяет три класса. Класс гиениевые (*Hyeniales*) включает один порядок гиениевых (*Hyeniales*). Это вымершие растения, существовавшие в девоне. Но их принадлежность к отделу хвощеобразных не безусловна и оспаривается многими ботаниками. Класс клинолистные, или сфенофиллопсиды

(*Sphenophyllopsida*), также представлен вымершими растениями, жившими в позднем девоне — перми (около 380—240 млн лет назад). Современные хвощи составляют вместе с другими вымершими родами класс хвощовых (*Equisetopsida*).

Современные хвощеобразные входят в состав рода хвощ, состоящего из 15 видов. Его принято делить на два подрода — *Hippochaete* (все его побеги спороносные) и *Equisetum* (побеги спороносные и вегетативные), которые иногда выделяют в самостоятельные роды. Хвощи довольно широко распространены на Земле. Однако Южное полушарие намного беднее ими, чем Северное. Совсем нет аборигенных видов хвощей в Австралии и тропической Африке. Из известных ныне хвощей 11 произрастают в России.



►
Хвощ полевой.



Хвощ лесной.



Хвощ
приреч-
ный.



В лесной зоне одним из наиболее распространенных является хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), который отличается от других видов многократным ветвлением длинных поникающих веточек. Он растёт в сырых хвойных лесах, на опушках и лесных болотах почти по всей России, иногда образуя чистые заросли. На этот вид общим обликом похож хвощ луговой (*E. pratense*), поникающие веточки которого, однако, не ветвятся. Как и предыдущий вид, этот также является типично лесным растением, часто встречается в хвойных и в широколиственных лесах.

Хвощ полевой (*E. arvense*) — пожалуй, наиболее известный из всех видов хвощей. Разные его побеги в народе имели свои названия. Ранней весной на полях, по обочинам дорог и берегам рек появляются сочные буровато-розовые спороносные побеги («пестики», «толкачики»). К началу лета они отмирают, зато развиваются жёсткие зелёные побеги с направленными вверх веточками («ёлочки», «сосенки»). Этот вид хвоща широко распространён по всей России и является одним из наиболее трудно истребляемых полевых сор-



няков. Сходен с ним хвощ болотный (*E. palustre*), обитающий во влажных заболоченных местах. Однако его весенние побеги — «толкачики» со стробилами не отмирают, а превращаются со временем в летние зелёные «ёлочки».

На берегах рек и прудов, часто прямо в воде, можно увидеть довольно высокий хвощ приречный (*E. fluviatile*), который образует ровные заросли. Некоторые побеги этого вида совершенно лишены боковых веточек и имеют вид тонких зелёных трубочек, в то время как на других есть веточки, дуговидно направленные вверх. Это растение также можно встретить почти во всех уголках страны.

Высокие (обычно около 0,5 м) вечнозелёные побеги хвоща зимующего (*E. hyemale*) заметны круглый год. Его толстые жёсткие стебли совершенно лишены боковых веточек и легко узнаются. Этот хвощ растёт в сосновых и лиственных лесах, обычно по склонам оврагов и реч-



ных долин в пределах лесной зоны. Другие вечнозелёные хвощи гораздо ниже и обычно стелются во мху в тайге или тундре (хвощ камышковидный — *E. scirpoides*) либо живут по галечниковым берегам рек и ручьёв (хвощ пёстрый — *E. variegatum*).

В относительно засушливых условиях обитает хвощ развесистый (*E. ramosissimum*). Он внешне схож с хвощом приречным, однако предпочитает сухие степные и засоленные местообитания в пределах степной и пустынной зон в европейской части России.

На Кавказе в лесах по берегам горных рек и ручьёв произрастает хвощ большой (*E. telmateia*), который выделяется среди хвощей размерами (до 1,5 м в высоту) и плотностью ветвления. Его многочисленные длинные густые веточки направлены вверх.



Хвощ большой.

ОТДЕЛ ПАПОРОТНИКООБРАЗНЫЕ (PTERIDOPHYTA)

Папоротникообразные, или просто папоротники, относят к числу наиболее древних групп высших растений. Они моложе риниофитов и плаунообразных и имеют приблизительно один геологический возраст с хвощеобразными. Но если риниофиты давно вымерли, а плаунообразные и хвощи занимают в современном растительном покрове Земли очень скромное место, то папоротники продолжают процветать.

И хотя сейчас их роль несколько меньше, чем в прошлые геологические эпохи, тем не менее в настоящее время насчитывается более 300 родов и около 12 тыс. видов папоротников. Они значительно отличаются от прочих растений внешним и внутренним строением, поэтому их изучением занимается особый раздел ботаники — птеридология.

◀ Стробил хвоща болотного.



Папоротники.
Рисунок
Э. Геккеля.
XIX в.

Папоротники распространены очень широко, фактически по всему земному шару, и встречаются в самых различных местообитаниях, начиная от пустынь и кончая болотами, озёрами, рисовыми полями и солончатыми водоёмами. Но наибольшее их разнообразие наблюдается во влажных тропических лесах, где они обильно произрастают не только на почве под деревьями, но и в качестве эпифитов на стволах и ветвях деревьев, часто в очень большом количестве. Приспосабливаясь к различным условиям среды, папоротники выработали удивительное разнообразие жизненных форм. Размеры их варьируются от 25 м

у тропических древовидных форм (при диаметре ствола до 0,5 м) до крошечных растений длиной всего лишь несколько миллиметров.

Строение и жизненные формы папоротникообразных

Когда говорят о папоротниках, то имеют в виду прежде всего бесполое (споровое) поколение — спорофит, господствующий в их жизненном цикле, как и у большинства сосудистых растений. Почти у всех папоротников спорофит многолетний, снабжённый придаточными корнями, которые отсутствуют только у некоторых видов семейства гименофилловых и у рода сальвиния.

Стебли древовидных папоротников никогда не бывают так сильно развиты и не достигают таких размеров, как у хвойных или у двудольных цветковых растений. У папоротников обычно листья по массе и размерам преобладают над стеблем. Если стебель прямостоячий (как у древовидных папоротников), его называют стволом, если ползучий — корневищем, бывают также выходящие стебли. Корневище может быть довольно длинным или, наоборот, очень коротким и даже клубневидным. Стебли папоротников нередко ветвятся. Иногда ветвление бывает дихотомическим, но чаще ветви возникают в основаниях листьев. Стебли почти всегда (особенно в молодости) покрыты волосками или чешуйками.

Листья папоротников (вайи) совершенно непохожи на листья хвощей и плаунов. У плаунообразных листовые органы — это выросты на побегах, а у хвощей — сильно видоизменённые боковые веточки. У папоротников же листья произошли путём изменения ветвей риниофитов



В итоге кроется причина многократного рассечения листовой пластинки. Ещё у примитивных палеозойских папоротникообразных листья представляли собой нечто среднее между современными листьями и стеблями. По мере уплощения веток происходила дифференциация верхней и нижней сторон листа, отдельные веточки постепенно срослись и возник более совершенный лист, который гораздо лучше приспособлен для полного использования света при фотосинтезе.

Листья папоротников очень разнообразны: их длина колеблется от 0,5 мм до 30 и более метров, а форма и строение значительно различаются. Листья чаще всего совмещают функции фотосинтеза и спороношения. Но, например, у страусника (*Matteuccia struthiopteris*) они могут быть стерильными (фотосинтезирующими) и фертильными (спороносными). В большинстве случаев листья разделяются на черешок и пластинку.

Листовая пластинка пронизана разветвлённой системой проводящих пучков, выступающих на поверхности листа в виде жилок.



Древовидный папоротник и три маори на побережье. Рисунок Ф. Дж. Уайта. Новая Зеландия. Конец XIX в.

У древнейших папоротников спорангии имели верхушечное (терминальное) расположение, т. е. сидели на верхушках конечных веточек дихотомически разветвлённого листа. Они хорошо видны у современного примитивного папоротника схизея (*Schizaea*). По мере уплощения ветви в «плосковетку» и бокового разрастания веточек спорангии оказались на верхушках жилок, в которые превратились проводящие пучки отдельных веточек, и стали располагаться по краю пластинки листа. Таким обра-

СТРОЕНИЕ ВАЙИ — ЛИСТА ПАПОРОТНИКА

У подавляющего большинства современных папоротников листья перистые, и именно по характерным листьям эти растения проще всего узнать. Листья бывают однажды, дважды или многократно перистые. Листовая пластинка имеет рахис — центральный стержень, представляющий собой продолжение черешка. Он соответствует центральной жилке цельного листа. Если лист однажды перистый, стержень несёт по бокам по одному ряду сегментов, называемых перьями. Перья могут быть цельными или лопастными. Когда лист дважды перистый, рахис несёт по бокам вторичные (боковые) стержни, которые, в свою оче-



редь, усажены сегментами (перьями) второго порядка, называемыми пёрышками. Все сегменты последнего порядка, будь то второго, третьего или выше, именуется пёрышками. Так, если лист трижды перистый, то у него различаются перья первого и второго порядков и пёрышки (перья третьего порядка). У многократно перистых листьев наряду с главным стержнем имеются стержни второго, третьего и дальнейших порядков. Отметим, что в отличие от главного черешка всего листа черешки перьев второго и последующих порядков называют черешочками.

Листья папоротников образовались в результате уплощения ветвей.



Раскрытие
листа папорот-
ника из «улит-
ки» — важный
эволюцион-
ный признак.



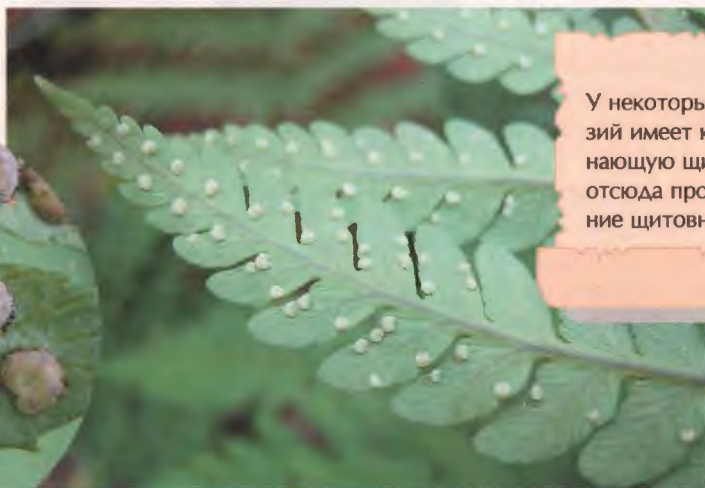
зом, верхушечное расположение спорангиев переходит в краевое (маргинальное). Оно наблюдается, например, у орляка обыкновенного (*Pteridium aquilinum*). И наконец, у наиболее эволюционно продвинутых папоротников спорангии перешли из краевого в поверхностное (ламинальное) положение на нижней стороне листа. Здесь они более защищены от различных неблагоприятных воздействий среды и не занимают место на фотосинтезирующей поверхности листа. Поверхностное расположение спорангиев встречается у папоротников чаще

других и хорошо видно, в частности у многоножки обыкновенной (*Polypodium vulgare*).

У большинства папоротников спорангии сгруппированы в отдельные спорангиальные «кучки» — сорусы. Они появились прежде всего потому, что число спорангиев увеличилось. В сорусах спорангии стали более эффективно снабжаться питательными веществами. Сорусы постепенно приобрели покрывальце (индузий) — особое образование, защищающее спорангии.

Жизненные формы папоротников крайне разнообразны. В умеренных широтах Северного полушария это наземные многолетние травянистые растения, обитающие преимущественно в тенистых лесах. Однако среди папоротников есть и ксерофильные виды. К их числу относятся скребница (*Ceterach officinarum*) и краекучник персидский (*Cheilanthes persica*), произрастающие на Кавказе в трещинах сухих скал. Но подлинным ксерофитом (т. е. растением, способным существовать в засушливых условиях) является актиниюптерис южный (*Actiniopteris australis*), распространённый от Индии и Аравии до Южной Африки.

Типичным водным папоротником является сальвиния (*Salvinia*), плава-



У некоторых папоротников индузий имеет круглую форму, напоминающую щит древних воинов, — отсюда произошло русское название щитовника (*Dryopteris*).

Варианты расположе-
ния спорангиев папор-
отников.



ющая на поверхности воды. На дне небольших пустынных водоёмов, глинистых и часто полностью пересыхающих, произрастают марсилея (*Marsilea*) и пилулярия (*Pilularia*).

В умеренных областях северного полушария почти нет эпифитов — растений, поселяющихся на других растениях, но не использующих их в качестве источника питательных веществ. Пожалуй, только многоножка (*Polypodium vulgare*) и лепизорус уссурийский (*Lepisorus ussuriensis*) могут выступать в качестве факультативных (необязательных) эпифитов, растущих как в расщелинах скал, так и на замшелых стволах старых деревьев.

Исключительно разнообразны жизненные формы папоротников в странах с влажным тропическим климатом. Многие из наземных форм имеют короткий стебель (прямостоячий или ползучий) и довольно крупные листья. Древовидные папоротники встречаются здесь главным образом вдоль ручьёв, но они гораздо более обильны в горах и на тропических островах. Самыми крупными из недревовидных наземных папоротников являются виды ангиоптериса, а самыми мелкими — виды трихоманеса.

Папоротники-лианы — другая характерная жизненная форма тропического леса. Наиболее типич-

ные из них поднимаются по деревьям довольно высоко, но почти никогда не достигают кроны. Из лиан необходимо выделить тератофиллум (*Teratophyllum*), ломограмму (*Lomagramma*), стенохлену (*Stenochlaena*) из семейства асплениевых.

Большого разнообразия в тропическом лесу достигают эпифитные папоротники, среди которых выделяют эпифиты нижних и верхних ярусов. Первые — преимущественно нежные, тонколистные растения из семейства гименофилловых, произрастающие только во влажных или тенистых местах. Эпифиты высоких ярусов вполне приспособлены к отсутствию дождя в течение многих дней. Для них характерна гнездовая форма роста — у основания листьев накапливается достаточное количество гумуса и влаги, как, например, у костенца гнездового (*Asplenium nidus*). Пиррозия (*Pyrrhosia*) и элафоглоссум (*Elaphoglossum*) приспособлены к временной сухости благодаря тому, что кожистые листья покрыты волосками или чешуйками. Накопление влаги может происходить также в мясистых корневищах, которые у ряда эпифитов бывают сильно развиты.

◀ Листья скребницы лекарственной имеют голубоватый оттенок.



Папоротник ломограмма — лиана.

Папоротник многоножка — эпифит.





Чередование поколений папоротникообразных

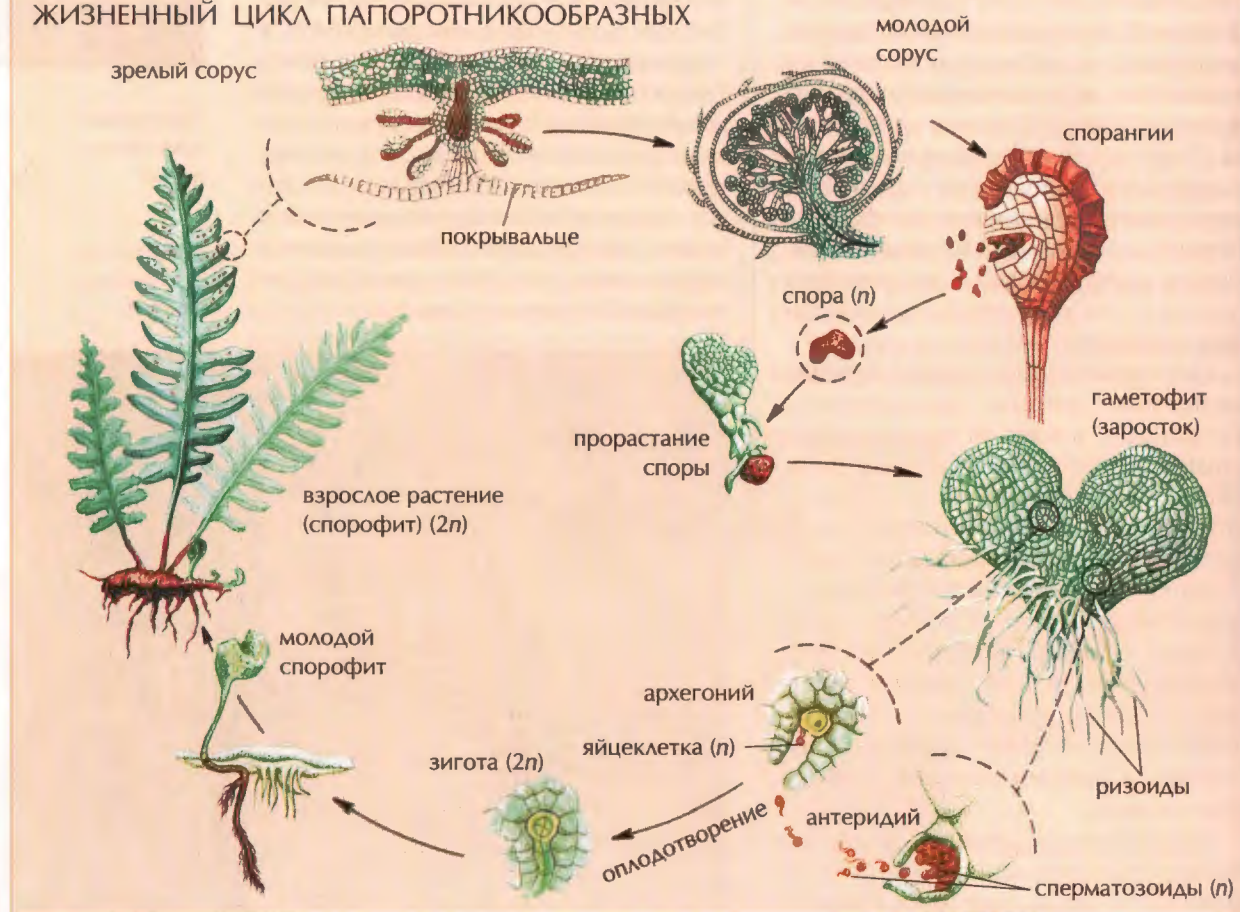
Почти все папоротники — равноспоровые. Только у очень специализированных семейств марсилевых, сальвиниевых и азолловых полного развития достигла разнospоровость. Эволюция спорангиев шла в сторону уменьшения числа спор. У современных равноспоровых папоротников в спорангии насчитывается от 15 тыс. спор (семейство уховниковые) до 64 спор (в редких случаях 48, 32, 16 и даже 8). У разнospоровых папоротников количество микроспор — 64, а из мегаспор полного развития достигает только одна.

Биологическое преимущество разнospоровости перед равноспоро-

востью заключается в том, что гаметофит развивается внутри споры за счёт тех питательных веществ, которые содержатся в споре, особенно обильно — в мегаспоре. Благодаря быстрому развитию маленького гаметофита оплодотворение происходит гораздо раньше, чем у равноспоровых папоротников. Обильная «пища», накопленная в мегаспоре, создаёт также максимально благоприятные условия для развивающегося зародыша.

Обычно у равноспоровых папоротников спорангии собраны вместе в небольшие кучки — сорусы, которые у многих видов покрыты особыми выростами листа — покрывальцами. При созревании спорангиев покрывальца сморщиваются и открывают

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ПАПОРОТНИКООБРАЗНЫХ





спорусы. В это время зрелые споры выстреливаются наружу благодаря резкому разрыву клеток.

Споры большинства равноспоровых папоротников дают начало свободноживущим обоеполым гаметофитам, как правило, видов, независимым в своём питании. Гаметофит начинает развитие с протонемы — крошечной бледно-зелёной цепочки клеток, похожей на водоросль. Затем из неё образуется плоская сердцевидная плёчатая структура — заросток с многочисленными ризоидами в центре нижней поверхности. Там же, на нижней поверхности, формируются антеридии и архегонии.

Антеридии обычно появляются раньше, а архегонии позднее. Разница во времени их формирования способствует перекрёстному оплодотворению папоротников. В антеридиях образуются многочисленные спирально закрученные многожгутиковые сперматозоиды. Как у равноспоровых, так и у разноспоровых папоротников сперматозоиды для передвижения нуждаются в воде и заплывают в шейку архегония к яйцеклетке. В брюшке архегония происходит оплодотворение, и возникающая зигота сразу же начинает делиться.

На ранней стадии развития зародыш (зачаток спорофита) получает питательные вещества от гаметофита через особый вырост — стопу. Однако спорофит растёт очень быстро и, начав достаточно интенсивно фотосинтезировать, становится независимым организмом. После укоренения молодого спорофита в почве гаметофит отмирает.

У некоторых папоротников Северной Америки, например у виттарии полосчатой (*Vittaria lineata*), спорофит фактически полностью выпадает из жизненного цикла и гаметофиты размножаются вегетативно с помощью выводковых почек. Иногда вблизи гаметофита произрастают



карликовые спорофиты, но они уже не образуют спор.

У разноспоровых папоротников чередование поколений сходным образом с другими разноспоровыми растениями — селлагинеллами и полушниками.

Гаметофиты (заростки) папоротников образуются из спор, которые развиваются на спорофитах.

Разнообразие папоротникообразных

Всё разнообразие папоротников, ископаемых и современных, распределяется по семи классам. Четыре класса представлены только вымершими растениями. Современные виды принадлежат к трём классам: уховниковых, мараттиевых и настоящих папоротников, однако и у этих растений большое геологическое прошлое.

Виды класса уховниковых (*Ophioglossopsida*) — одни из наиболее интересных современных папоротникообразных. В этом классе одно семейство — уховниковые (*Ophioglossaceae*), представленные всего тремя родами — гроздовник (*Botrychium*), уховник (*Opioglossum*) и гельминтостахис (*Helminthostachys*). Первые два рода широко распространены по земному шару и присутствуют во флоре России. При этом виды гроздовника встречаются в основ-



Разнообразие папоротников. Рисунок из Энциклопедического словаря, составленного Д. Мейером. XIX в.



Папоротник рода уховник предпочитает влажные места.

► Папоротники рода уховник (слева) и гроздовник (справа).

ном в северном умеренном поясе, а большинство видов уховника — тропические. Гельминтостахис цейлонский (*H. zeylanica*), единственный вид рода гелимнотастахис, обитает в тропических лесах Юго-Восточной Азии и Северной Австралии.

По современным данным генетиков, уховниковые ближе к псилоотообразным, а не к прочим папоротникам. Уховниковые папоротники — небольшие равноспоровые травянистые растения, обычно наземные, растущие на рыхлой и влажной почве в лесах и на открытых местах. Но некоторые тропические виды являются эпифитами. Самый крупный представитель семейства — тропический эпифит уховник повислый (*Ophioglossum pendulum*) с висячими листьями длиной до 4 м! К самым мелким представителям относится, например, гроздовник простой (*Botrychium simplex*), внесённый в Красную книгу России, — незаметное растение высотой до 5 см.

Листья — наиболее своеобразные органы уховниковых. В молодости они не закручены улиткооб-

разно, чем отличаются от листьев всех прочих современных папоротников, к тому же на них имеются особые выросты, прикрывающие почки. Уховниковые растут медленно, у большинства видов каждый год образуется всего по одному листу, при этом листья выходят на поверхность лишь на четвёртый-пятый год своего развития. Для них характерно вильчатое разделение единого листа на вегетативную (стерильную) и спороносящую («колосок») части, которые совершенно непохожи друг на друга по форме.

Спорангии уховниковых довольно крупные (диаметром 0,5—3 мм), содержат большое число спор (от 1,5 до 15 тыс.). Споры большинства видов прорастают только в темноте (под землёй) и лишь после некоторого периода покоя. Обладая прочной оболочкой, они долго сохраняют жизнеспособность. Гаметофиты уховниковых — подземные, мясистые, бледно окрашенные, длиной несколько миллиметров. Они раз-





ИСКОПАЕМЫЕ ПАПОРОТНИКИ

Класс аневрофитопсиды — очень древняя группа, известная с конца раннего до середины позднего девона (400—375 млн лет назад). Примитивные представители этого класса ещё очень походили на риниофиты. Они не имели настоящих листьев, а только «плосковетки», но, подобно листьям современных папоротников, их конечные веточки были в молодости улиткообразно закручены. Спорангии были верхушечные, одиночные или собранные в пучки.

Представители класса археоптеридопсид населяли Землю с конца среднего девона до начала карбона (390—360 млн лет назад). От видов предыдущего класса они отличались наличием настоящих листьев, которые, однако, не были свёрнуты в «улитку». Спорангии располагались одним или двумя рядами на отдельных перисто-рассечённых спорофиллах, которые чередовались со стерильными листьями. Растения имели древовидный облик и, возможно, являлись предками современных голосеменных.

Папоротники из класса кладоксилопсид жили с конца раннего девона. Среди них не было древесных форм. Листья были дихотомически разветвлённые, а спорангии — верхушечные и просто устроенные. Они представляли слепую ветвь эволюции, исчезнув в начале каменноугольного периода.

Класс зигоптеридопсиды — более поздняя и продвинутая группа папоротников. Среди них преобладали относительно небольшие растения. Временем их расцвета стал каменноугольный период. Ветвление в большинстве случаев было дихотомическое: у более совершенных растений класса одна дихотомическая ветвь уплощалась и становилась прообразом листа, а другая продолжала расти в качестве стебля. Плоские листья начинают преобладать в конце карбона — перми, но спорангии ещё оставались верхушечными.



Ископаемые папоротники.

виваются нормально только в симбиозе с эндомитным грибом.

Интересен хромосомный аппарат уховниковых. Среди них имеются виды как с относительно низким хромосомным числом ($2n = 90$), так и с очень высокими. Например, у уховника густорядного (*O. pycnostichum*) $2n = 1320$ — наивысшее число хромосом среди ныне живущих растений! Вот что написал об этом известный американский ботаник Джордж Ледьярд Стеббинс (1906—2000): «Это граничит с чудом, что столь большое число хромосом может во время мейоза находить друг друга, образуя биваленты (соединённые по парам гомологичные хромосомы)».

Во флоре России уховниковые представлены десятью видами

(восемь гроздовников и два уховника), однако встречаются редко. Даже опытным ботаникам довольно сложно отыскать эти небольшие неприметные растения среди окружающих трав. Гроздовник полулунный (*Botrychium lunaria*) имеет народное название «ключ-трав».

Другой современный класс папоротников — мараттиевые (*Marattiopsida*). Их геологическая история восходит к карбону. В каменноугольном и пермском периодах палеозоя мараттиевые занимали на планете большие пространства и местами доминировали в растительном покрове. На 10—15 м возвышались над землёй стройные стволы-колонны, увенчанные кронами из огромных перистых листьев. Однако



Гроздовник считали «цветущим» папоротником, который в ночь на Ивана Купалу указывает на зарытые клады.



► Папоротник ангиоптерис.

сам стебель был очень тонкий и поддерживался плотной муфтой придаточных корней. Большинство мараттиевых вымерло, и до наших дней дошло всего семь родов, обитающих в тропиках. Для этих самых древних из ныне существующих папоротников характерны некоторые признаки, совершенно несвойственные другим современным папоротникообразным.

В классе одно крупное семейство — мараттиевые (*Marattiaceae*). Они сохранились в дождевых тропических лесах, в местах со сложным горным рельефом. К этому семейству принадлежат ангиоптерис (*Angiopteris*), распространённый в тропиках Старого Света, макроглоссум (*Macroglossum*) с двумя видами в Индонезии и пантропический род мараттия (*Marattia*) с 60 видами. Среди них имеются крупнейшие папоротники на Земле: их листья достигают 6 м в длину, а стебли, напротив, небольшие — редко превышают 1 м.

Современные мараттиевые — многолетние растения всевозмож-



Спорангии папоротника осмунды.



У собственно осмунды листья целиком диморфные — резко разделяются по внешнему виду и строению на две части (вегетативную и спороносную). Вегетативная часть выглядит как обычный фотосинтезирующий зелёный лист, а спороносная — как бурая метёлка.

ных размеров. Стебли находятся под землёй — они представлены корневищами или толстыми клубневидными стволами. От прочих папоротников мараттиевые отличаются в основном деталями анатомического строения, в том числе наличием в стеблях слизевых ходов. Это равноспоровые растения. Спорангии довольно крупные, расположены на нижней стороне листьев, срослись в сорусы. Только у мараттиевых спорангии развиваются не из одной, а из нескольких клеток. Собственно мараттию выращивают в качестве сельхозкультуры. Её сочные листья, стебли и прилистники используют в пищу в жареном, варёном или печёном виде туземцы Новой Зеландии, Антильских островов, Мексики, Бразилии.

И наконец, венцом эволюции папоротникообразных является обширный класс настоящих папоротников, или полиподиопсиды (*Polypodiopsida*). Их геологическая история восходит к карбону. Это многолетники (очень редко однолетники) различных размеров. Стебли представляют собой корневища или прямостоячие стволы (иногда высокие — у древовидных форм). Молодые листья улиткообразно свёрнуты. Среди настоящих



папоротников есть разноспоровые растения. Спорангии собраны в сорусы, которые часто прикрыты покрывальцем. Класс разделяется на три подкласса: полиподиевых (четыре порядка), марсилеевых и сальвиниальных (по одному порядку).

Разделение настоящих папоротников на семейства не является до конца устоявшимся. Подкласс полиподиевые (*Polypodiidae*) представлен несколькими порядками: осмундовых (*Osmundales*), схизейных (*Schizaeales*), полиподиевых (*Polypodiales*), циатейных (*Cyatheales*). Большинство обычных папоротников флоры России относится к циатейным — самому многочисленному порядку мировой птеридофлоры (флоры папоротников).

Осмундовые — одни из древнейших из ныне существующих папоротников. Они жили на Земле уже в конце каменноугольного периода.



Папоротники: А — скребница лекарственная; В — ложнопокровница марантовая. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.



Папоротник венерин волос разводят как комнатное растение.

ИЗЯЩНЫЕ ПАПОРОТНИКИ

Крупный род адриантум представлен видами, обитающими в тропиках и субтропиках, особенно много их в Новом Свете. Широко известен как комнатное растение папоротник венерин волос (*Adiantum capillus-veneris*), который у нас в природе встречается на Кавказе. Изящные тонкие листья венерина волоса покрывают влажные известняковые скалы у ручьёв и водопадов. В Приморье и Приамурье в смешанных и широколиственных лесах в травяном ярусе растёт не менее изящный адриантум стоповидный (*A. pedatum*). В целом адриантумы — травянистые растения с ползучими или почти прямостоящими корневищами, покрытыми узкими коричневыми чешуйками. Листья перистые, различной степени рассечения пластинки. У некоторых видов листья несут на верхушке выводковые почки.

Временем их расцвета был мезозой, и с конца мелового периода число видов осмундовых постепенно сокращалось.

Представители осмундовых — многолетние растения с массивными и короткими прямостоячими стеблями, увенчанными короной крупных листьев. Стебли покрыты чехлом из черешков опавших листьев и многочисленных корней, которые способствуют удержанию влаги.

Наиболее известный род этого порядка — осмунда, или чистоуст (*Osmunda*). Осмунда королевская (*O. regalis*) обитает в заболоченных ольшаниках, влажных широколист-



Адиантум стоповидный.



Папоротник из рода криптограмма.

венных и смешанных лесах, на лесных болотах. У осмунды королевской огромный, но разорванный ареал: Западная Европа, Закавказье, Индия, Северная и Южная Америка.

Осмунда коричневая (*O. cinnamomea*) и осмунда Клейтона (*O. claytoniana*) растут в России на Дальнем Востоке, образуя обширные заросли по окраинам долинных лесов из лиственницы. Основной ареал осмунды коричневой состоит из нескольких разобщённых частей. Он занимает Атлантическое побережье Северной и Южной Америки, север Китая, Корею и Японию; в России заходит на юг Дальнего Востока, Сахалин и Курилы.

Осмунда Клейтона — один из самых крупных папоротников флоры России — встречается только на юге Приморского края и включена в Красную книгу. Это растение можно встретить на полянах близ рек, по лесным оврагам.

Порядок схизейных объединяет преимущественно тропические папоротники. Его крупнейшие рода: лигодиум (*Lygodium*) с 45 видами, анемия (*Anemia*) с 90 видами, адiantум (*Adiantum*) с 200 видами, краекучник (*Cheilanthes*) со 130 видами, пеллея (*Pellaea*) с 80 видами, виттария (*Vittaria*) с 80 видами, птерис (*Pteris*) с 280 видами.

► Краекучник серебристый — ксерофильный папоротник с густым серебристым налётом на нижней стороне листьев.

Наибольшее количество видов лигодиума насчитывается в Юго-Восточной Азии, Австралии и Океании, есть он и в тропиках Нового Света. Лиановидные лигодиумы встречаются в тропических лесах и зарослях бамбука на глинистых, реже известняковых почвах, нередко в болотистых местах. Районы его обитания относительно влажные и низменные. Лист лигодиума уникален: его нередко принимают за стебель с многочисленными листьями. Эти растения обладают неограниченным ростом в длину, а их спящая верхушка всегда может начать рост при повреждении листа.

Род анемия — преимущественно американский и приурочен в основном к сухим плато Южной Бразилии (несколько реликтовых видов есть в Африке и Индии). В Южной Америке анемия растёт в сухих лесах и злаковниках, но не поднимается высоко в горы.

Краекучник и несколько близких родов составляют интересную в экологическом отношении группу ксерофильных папоротников. Листья многих из них кожистые, часто бывают защищены от излишнего испарения густым покровом из чешуй, волосков, восковидного налёта. На нижней поверхности листьев некоторых видов выделяется





кристаллическое вещество, образующее золотистый или серебристый налёт. Края листьев завернуты вниз, защищая расположенные вдоль них сорусы. Краекучник характерен для засушливых местообитаний Северной и Южной Америки, Африки, встречается он также в Австралии и в горах Евразии. На юге Сибири и Дальнего Востока широко распространён краекучник серебристый (*Cheilanthes argentea*), произрастающий в расщелинах скал, на каменистых склонах.

Род пеллея имеет сходные приспособления к засухе и обитает в прибрежных и горных областях обоих полушарий, но особенно характерен для Южной Америки и Южной Африки. Как и у краекучника споры и гаметофиты пеллеи довольно долго (до пяти лет) сохраняют всхожесть после иссушения. Листья хотя и перистые, но их сегменты цельные, кожистые и сидят на черешочках, что нехарактерно для папоротников. Пеллеи селятся в расщелинах скал, на старых лавовых потоках, в трещинах старых стен.

Сходен с краекучником и небольшой род криптограмма (*Cryptogramma*), характерный для умеренного пояса Северного полушария. Все четыре вида данного рода произрастают в России, два из них находят в Арктику. Это небольшие папоротники, живущие в горах на каменистых россыпях и скалах.

Род виттария (и несколько близких родов) — преимущественно эпифиты, распространённые в тропиках и субтропиках. Это травянистые растения с простыми цельными листьями и ползучими корневищами. Узкие линейные листья напоминают скорее листья злаков, чем папоротников: при ширине до 5 мм они достигают метровой длины.

Крупный род птерис распространён в тропиках (особенно во влажных) и субтропиках обоих полу-



шарий, некоторые виды характерны для Средиземноморья. Они растут на равнинах и невысоко в горах в лесах и по их опушкам. Жестковатые листья птерисов по-разному рассечены, с пёрышками разной формы и окраски. В природе представители этого рода достигают 2,5 м в высоту, более миниатюрные формы иногда разводят как комнатные растения. Птерис критский (*Pteris cretica*) встречается в России в окрестностях Сочи на затенённых скалах.

Порядок полиподиевых — преимущественно тропический и субтропический. Он включает почти 1700 видов, часть из которых входят в крупные роды. Так, обширный род мертензия (*Mertensia*) представлен небольшими горными растениями, обитающими как в тропиках, так и в южных умеренных районах.

Тропическое семейство граммитисовые с центральным родом граммитис (*Grammitis*) объединяет около 500 видов. Эти мелкие растения интересны тем, что благодаря коротким корневищам образуют подобие

Эпифитный папоротник олений рог (*Platycerium*) часто разводят в оранжереях.



► Голокучник
обыкновенный.

дернины — явление, не характерное для папоротников. Граммитис имеет простые линейные или ланцетные листья с цельной кожистой или мясистой пластинкой.

Во флоре России из полиподиевых встречается папоротник многоножка обыкновенная (*Polypodium vulgare*). Часто этот вид делят на несколько, ведь многоножки с Канарских островов и карельских скал так непохожи друг на друга! Лист у многоножки перисто-надрезанный с крупными круглыми сорусами на нижней стороне. Это растение селится как на влажных скалистых обнажениях (часто во мху), так и в качестве эпифита на стволах старых деревьев.

Циатейные — самый обширный порядок современных папоротникообразных. Именно к нему принадлежит большинство обычных лесных папоротников, однако это лишь малая часть на фоне общего



разнообразия циатейных. Крупнейшие по числу видов роды встречаются преимущественно в тропиках: циатея (*Cyathea* s. l.) — 600 видов, костенец (*Asplenium*) — 700, диплазий (*Diplazium*) — 400, элафоглоссум (*Elaphoglossum*) — 400 видов.

Остановимся подробнее на некоторых папоротниках из порядка циатейных обитающих в России.

В темнохвойных таёжных лесах встречается голокучник обыкновенный (*Gymnocarpium dryopteris*) — небольшой хрупкий папоротник с ползучим подземным корневищем, от которого отходят одиночные листья треугольной формы. Сорусы (кучки спорангиев) растений данного рода не прикрыты покрывальцами-индузиями, о чём и говорит родовое название.

Пузырник ломкий (*Cystopteris fragilis*) предпочитает леса на склонах оврагов и речных долин, а также горные леса. Это небольшое растение с несколько вытянутыми розеточными листьями. В целом пузырник ломкий предпочитает известняковые почвы, но при этом довольно широко распространён по всей территории России.

Крупный красивый папоротник страусник обыкновенный (*Matteuccia*

ПАПОРОТНИК НА НОВОМ ФЛАГЕ

Циатея серебристая (*Cyathea dealbata*), известная под маорийскими названиями «понга» и «капонга» и английским наименованием silver fern («серебряный папоротник»), — эндемик Новой Зеландии. Столетиями коренные жители архипелага использовали рисунок завитка молодого листа циатеи в национальных орнаментах. Позже стилизованное изображение листа этого папоротника стало популярным в качестве универсальной символики всего новозеландского. Пожалуй, наиболее известен рисунок белого листа циатеи на чёрном фоне — официальная эмблема сборной страны по регби. В последние годы развернулось движение по признанию этой эмблемы (так называемого флага серебряного папоротника) государственным флагом Новой Зеландии взамен существующего, очень похожего на австралийский флаг.



Папоротник циатея и один из вариантов нового флага Новой Зеландии с его листом.



(*Polypodium*) в природе растёт обычно по берегам ручьёв и небольших речек, в оврагах и на плодородных почвах ольшаников. Его розетки часто образуют обширные заросли, поскольку у страусника есть тонкие горизонтальные корневища. С их помощью он разрастается вегетативно, завоёвывая новые пространства. От других обычных лесных папоротников страусник отличается наличием спорофиллов — специализированных бурых листьев, на которых развиваются сорусы.

Диморфизм листьев характерен и для оноклеи чувствительной (*Onoclea sensibilis*), которая растёт на Дальнем Востоке на сырых лугах и по берегам рек в ивниках. Листовая пластинка оноклеи в очертании узкотреугольная, а спорофилл похож на колос, сидящий на длинном черешке.

Орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum*) — один из наиболее широко распространённых в мире видов растений. Он произрастает на всех континентах, обычен он и на территории России. Чаще всего орляк можно встретить на песчаных почвах в сосновых лесах, где его листья образуют сомкнутый полог на высоте 50—70 см над землёй, а также на опушках и вырубках. Листья с большими треугольными пластинками отходят от подземного корневища, с помощью которо-



го орляк легко размножается вегетативно. Издавна в разных странах орляк употребляли в пищу, однако съедобны только молодые весенние листья, ещё свёрнутые в «улитки», взрослые растения ядовиты. В середине XX в. только в Токио ежегодно использовалось в пищу более 300 т молодых листьев орляка. Маори Новой Зеландии, туземцы Канарских островов, индейцы Америки приготавливали из его высушенных и измельчённых корневищ хлеб либо ели их в сыром виде.

Фегоптерис связывающий (*Phegopteris connectilis*) растёт на хорошо сохранившихся участках лесов, в которых присутствует ель. Это небольшой папоротник с характерными перистыми листьями — два нижних сегмента листа прикрепляются к рахису в другой плоскости, чем лежащие выше.

Телиптерис болотный (*Thelypteris palustris*) — типичное растение сплавин. Телиптерис вместе с другими корневищными видами составляют основу сплавины, на которой уже поселяются сфагновые мхи.

В лесах России часто встречаются представители рода щитовник (*Dryopteris*) — крупнейшего по

Кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina*) — один из наиболее широко распространённых папоротников во флоре России. В благоприятных условиях он достигает высоты 1 м.



Орляк обыкновенный.



Костенец северный.



числу видов среди лесных папоротников нашей страны. Это розеточные растения с короткими корневищами, предпочитающие хвойные леса. Однако наиболее известен щитовник мужской (*D. filix-mas*), или «мужской папоротник», растущий обычно в широколиственных лесах с богатыми почвами. В более северных районах он приурочен к известнякам, каменистым и песчаным почвам.

Среди щитовников есть растения, селящиеся на скалах, как, например, щитовник пахучий (*D. fragrans*), обладающий ксероморфным обликом. Благодаря лекарственным свойствам этот вид в народе называли «каменный зверобой».

В основном в горных областях России обитают виды из рода многорядник (*Polystichum*). Особенно много их на Кавказе. Кончики пёрышек у них заканчиваются остриём или волоском, а сорусы могут располагаться в несколько рядов (отсюда произошло название рода).

Также преимущественно горными растениями являются представители рода вудсия (*Woodsia*). Вудсии — небольшие скальные папоротники с

► Костенец зелёный.



Сплавина — плавающий на поверхности воды «ковёр» из сфагнома, болотных и прибрежно-водных растений, которым с берега постепенно затягивается лесное озеро или речка с торфянистым дном.

розетками перистых листьев на жёстких тёмных рахисах. Чаше они встречаются в горах Севера и Сибири.

Очень разнообразны костенцы (*Asplenium*), небольшие растения с жёсткими листьями. Они широко распространены в горных районах России, а также на равнинах, где есть подходящие для них каменистые и скальные выходы. Некоторые виды костенцов резко отличаются друг от друга строгой приуроченностью к различным породам. Так, костенец зелёный (*A. viride*) является кальцефилом, т. е. растёт на известняковых скалах, а костенец северный (*A. septentrionale*) — преимущественно на гранитах.

На Дальнем Востоке России в условиях влажного муссонного климата встречаются представители тропических родов тонколистных





Сальвиния — водный папоротник.



и трихоманес. Это маленькие тонкие растения высотой всего несколько сантиметров. Тонколистник Райта (*Hymenophyllum wrightii*) растёт на пнях и скалах в густых тёмнохвойных лесах на Сахалине, а трихоманес маленький (*Trichomanes parvulum*), описанный по экземплярам с Мадагаскара, найден на сырых замшелых скалах около Владивостока.

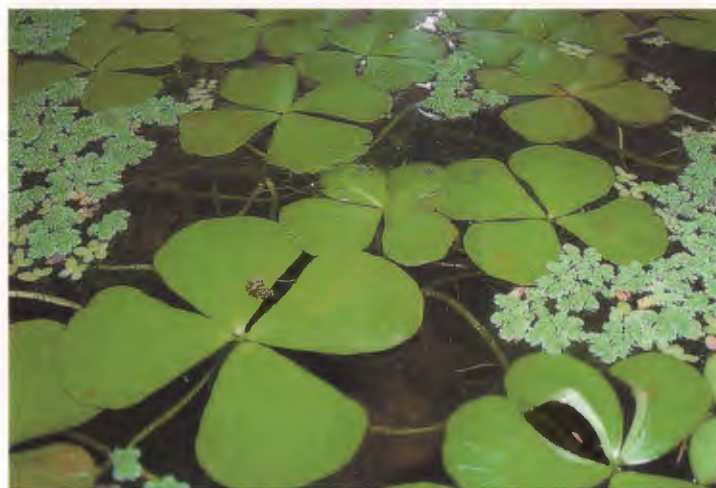
Обзор разнообразия папоротников завершим двумя небольшими и непохожими на прочие порядками — марсилеевых и сальвиниевых. Эти разноспоровые растения (а не равноспоровые, как все другие папоротники) перешли к настоящему водному образу жизни.

Порядок марсилеевые с одним семейством представлен во флоре России родом марси́лей (*Marsilea*). Этот довольно крупный род насчитывает 60 видов, широко распространённых в тёплых районах земного шара. В России обитает три вида на юге европейской части — в Нижнем Поволжье и Предкавказье. Это маленькие земноводные растения, растущие по берегам и мелководьям степных и пустынных водоёмов. К тонкому ветвящемуся столоновидному корневищу прикреплены восходящие стебли, несущие по четыре листочка (похожи на листья клевера). От узлов в топкую почву отходят тонкие корни.

У марсилеевых имеется только им присущие органы — спорокарпии, появляющиеся после длительного периода вегетативного роста. Это замкнутые шаровидные вместилища, в которых находятся микроспорангии (мужские) и мегаспорангии (женские). Обычно они развиваются после обсыхания водных местобитаний. Стенка спорокарпия хорошо противостоит механическим повреждениям и предохраняет споры от высушивания. Известны случаи, когда, пролежав полвека в гербарии, споры марсилей проросли во влажной среде.

Порядок сальвиниевых представлен двумя родами настоящих водных растений — сальвиния (*Salvinia*)

Плавающие листья марсилей.





САМЫЙ НЕОБЫЧНЫЙ ПАПОРОТНИК

Папоротники столь многочисленны и разнообразны, что трудно выбрать из них самый необычный. Совсем непохожи на прочие папоротники марсилея, пилулярия, сальвиния, некоторые уховники, но, пожалуй, наиболее странной в этой «компании» является азолла. По внешнему виду её крошечные растения, плавающие на поверхности воды, скорее напоминают печёночники. К роду азолла (*Azolla*) относят шесть видов, пять из которых широко распространены преимущественно в тропических и субтропических областях земного шара, и лишь азолла нильская

(*A. nilotica*) встречается только на реке Нил. Спорофит азоллы представляет собой разветвлённое плавающее корневище длиной до 25 мм, которое постоянно разламывается, способствуя вегетативному размножению. На его поверхности в два ряда сидят крошечные (от 0,5 до 1 мм) листья, которые плотно прикрывают ветви. От некоторых узлов в воду погружены довольно длинные придаточные корни. Каждый лист состоит из двух лопастей — надводной и подводной. Замечательной особенностью азоллы является симбиоз этого растения с синезелёной водорослью анабеной, которая обитает в специальной полости в надводной лопасти листа. С помощью анабены азолла подобно бобовым фиксирует атмосферный азот. В тропической Азии и в некоторых других регионах с целью обогащения почвы азотом азоллу разводят на рисовых полях. Азоллу каролинскую (*A. caroliniana*) часто выращивают в аквариумах.



Папоротник азолла из
порядка сальвиниевых

и азолла (*Azolla*). Сальвинии известны ещё в мезозое, но сейчас на Земле осталось только десять видов этого рода. Большинство из них населяет пресноводные водоёмы тропических и субтропических стран. Только один вид — сальвиния плавающая (*Salvinia natans*) приспособилась к жизни в умеренных областях и нередко в южных районах России. Здесь она растёт в хорошо прогреваемых пойменных водоёмах и на участках рек с медленным течением. Завоевание этим видом более северных районов с холодными зимами стало возможным благодаря переходу на однолетний жизненный цикл. Все другие, тропические сальвинии — многолетники.

Сальвиния — плавающее растение с тонкими ветвистыми стеблями, которые полностью лишены придаточных корней. На стебле близко друг к другу расположены трёхчленные мутовки листьев. Каждая мутовка состоит из пары плавающих листьев (на верхней стороне стебля) и третьего, погружённого листа, разделённого на множество неветвящихся нитевидных долек, густо покрытых волосками. В благоприятных условиях сальвинии быстро разрастаются на поверхности воды за счёт хорошо развитого у них вегетативного размножения. Разнополые сорусы образуются на спороносных сегментах погружённого листа.



ГОЛОСЕМЕННЫЕ РАСТЕНИЯ (GYMNOPHYTES, ИЛИ GYMNOSPERMAE)

ПРОИСХОЖДЕНИЕ СЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ

В отличие от споровых семенные растения размножаются и расселяются при помощи семян. Что же такое семя и почему оно лучше, чем споры? Дело в том, что в семени находится маленький зародыш будущего растения, окружённый эндоспермом с питательными веществами, необходимыми для первых этапов его развития. Кроме того, снаружи семя одето специальной семенной кожурой, которая защищает его от неблагоприятных внешних факторов среды, губительных для многих спор, и позволяет переносить период покоя в течение долгих лет.

Как же у растений появилось семя? Ведь у их предшественников были только споры. Помните, что споровые растения могут быть равно- и разнотелыми? Так вот, семенные растения относятся к разнотелым, а это значит, что их гаметофиты крошеч-

ные, микроскопические и предельно упрощены, т. е. редуцированы. Такие гаметофиты не могут жить самостоятельно, как, например, у большинства папоротников и хвощей. В то время как у этих споровых растений мегаспоры освобождаются из мегаспорангия, у семенных растений их единственная зрелая мегаспора



Кипарисы и сосна итальянская произрастают в зоне субтропических вечнозелёных лесов и кустарников.



ПЕРВЫЕ СЕМЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

Голосеменные — самая древняя группа семенных растений. Они появились на Земле свыше 350 млн лет назад, задолго до возникновения покрытосеменных. Этому предшествовало несколько важных эволюционных событий, которые произошли в течение девонского периода: возникла разнospоровость, появились камбий и древесные формы. Расцвет флоры голосеменных относится к концу палеозоя и мезозою. Это была эпоха горообразования, когда поднимались материки, а климат становился суше. С середины мелового периода (примерно 100 млн лет назад) голосеменные начали вытесняться цветковыми растениями.



Отпечаток ископаемых хвойных кордаитовых стробил на камне.

► В мужских и женских шишках (однополых стробилах) у голосеменных находятся микро- и мегаспорофиллы.

остаётся постоянно заключённой внутри мегаспорангия, и здесь же происходит развитие женского гаметофита и процесс оплодотворения. Внутреннее оплодотворение, независимое от наличия капельно-жидкой влаги, так необходимой споровым растениям, является важнейшим достижением семенных растений. В их жизненном цикле преобладает поколение спорофита.

Семенные растения делят на два крупных отдела — голосеменные и покрытосеменные. На гаметофите в архегониях голосеменных или в особом зародышевом мешке цветковых развивается женская гамета — яйцеклетка. Мужские гаметы — неподвижные спермии — развиваются внутри микроспор в мужские гаметофиты и называются пыльцой. После оплодотворения яйцеклетки из зиготы формируется крошечный зародыш — молодой спорофит, окружённый питательными веществами и защищённый кожурой семени. Этот упакованный зародыш нового растения и есть семя. Семязачатки голосеменных расположены открыто на поверхности мегаспорофиллов, не образующих завязи и плодов. Мегаспорофиллы покрытосеменных срастаются краями и формируют полость, внутри которой развиваются семязачатки — завязь пестика. При созревании семян стенки завязи участвуют в образовании плода.

ОТДЕЛ ГОЛОСЕМЕННЫЕ (PYNOPHYTA, ИЛИ GYMNOSPERMAE)

Само название «голосеменные» говорит о незащищённости семени этих растений. Наименование данной группы ввёл в науку в 1820 г. русский натуралист И. И. Мартынов (1771—1833). Как особую систематическую категорию голосеменные впервые выделил в 1825 г. английский ботаник Р. Броун (1773—1858), много сделал для их изучения дед поэта Александра Блока русский ботаник Андрей Николаевич Бекетов (1825—1902).

Учёные считают, что голосеменные произошли от древних вымерших разнospоровых семенных папоротников, отпечатки которых находят в глубоких слоях земной коры.

К этому отделу относятся все хорошо известные сосны, ели, пихты и лиственницы. Именно они образуют обширные таёжные леса в умеренных широтах Северного полушария. Некоторые голосеменные растения, например, секвойя и секвойядендрон (мамонтово дерево), достигают огромных размеров: это рекордсмены растительного мира, имеющие высоту ствола до 110—115 м.

Главная отличительная черта голосеменных — незащищённость семен





ни, другими словами, отсутствие у семяпочек и самих семян замкнутогоместилища. Их семена образуются обычно на поверхности особых чешуек в шишках. В отличие от покрытосеменных эти растения не имеют ни цветка, ни пестика, ни плода. Вместо плодов у некоторых хвойных (тис, ногоплодник) есть яркие сочные присемянники, а у гнетовых и эфедровых становятся сочными кроющие листья вокруг семени.

Появление семени и древесных форм позволило этим растениям широко распространиться по планете и вытеснить своих предшественников — споровые растения.

Голосеменные являются разноспоровыми растениями. Это значит, что споры у них двух типов: мелкие многочисленные микроспоры образуются в микроспорангиях, а несколько или одна крупная мегаспора — в мегаспорангиях семязачатков. А «голые семяпочки» открыто сидят на особых видоизмененных листьях — мегаспорофиллах. Микроспорангии развиваются на микроспорофиллах,

отличающихся по виду и размерам от мегаспорофиллов.

У древней вымершей примитивной группы голосеменных — семенных папоротников микро- и мегаспорофиллы сидели свободно на длинных побегах. У остальных голосеменных они собраны в однополые стробилы (шишки) — мужские (микростробилы) и женские (мегастробилы). При этом растения могут быть однодомными и двудомными. Часто стробилы располагаются своеобразными группами.

Микростробилы обычно состоят из плоских чешуй — микроспорофиллов, которые сидят на общем стержне шишки. На нижней стороне каждой чешуйки имеются микроспорангии, где развиваются многочисленные микроспоры (n), ещё в спорангиях прорастающие в мужские гаметофиты — пыльцевые зёрна или пыльцу, в которой есть вегетативная и генеративная клетки.

Пыльцевые зёрна у многих сосновых снабжены двумя летательными воздушными мешками. Эти гамето-



гинкго



тис



сосна



кипарис



саговник



подокарп

Разнообразие голосеменных растений.

СТРОЕНИЕ ШИШЕК



пыльца
микроспоры



ось шишки

пыльцевые мешки
(микроспорангии)



Мужская шишка



Женская шишка



семенная
чешуя

кроющая
чешуя



семенная
чешуя с двумя
семяпочками



Мужские и женские шишки лиственницы.

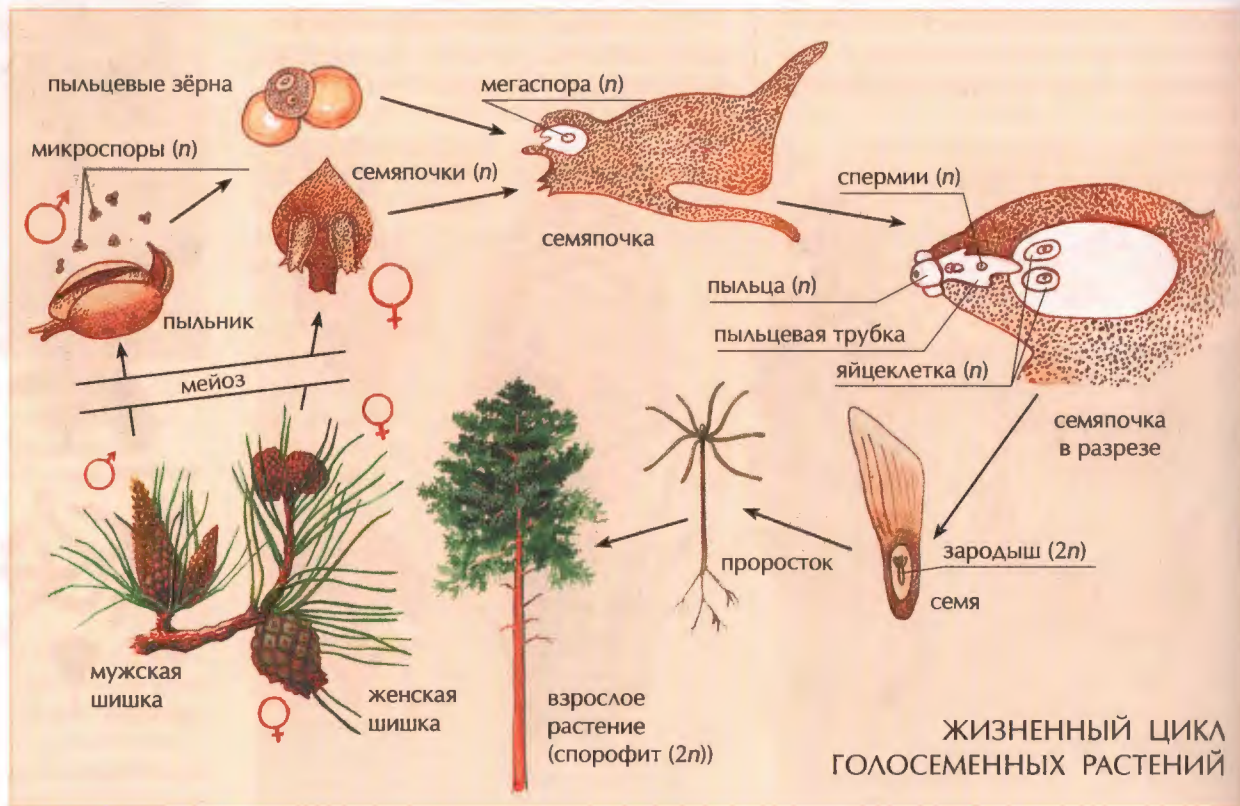
фиты сильно редуцированы, полностью лишены антеридиев и достигают окончательного развития, уже когда попадают на мегаспорангии.

Мужские гаметы у примитивных голосеменных подвижны (много-

жгутиковые сперматозоиды), но у более высокоразвитых групп они теряют подвижность и представлены неподвижными спермиями. В мегаспорангии спермии проникают по пыльцевой трубке, образующейся из вегетативной клетки пыльцы и прорастающей сквозь ткань мегаспорангия к архегонию (женскому органу размножения).

Мегаспоры (n) формируются в мегаспорангиях, или семязачатках, открыто сидящих на семенных чешуях женских шишек. Содержимое мегаспорангия семенных растений называется «нуцеллус».

Нуцеллус окружён особым покровом — интегументом, защищающим семязачаток. В интегументе остаётся узкий проход для пыльцы — микропиле. Женский гаметофит у всех голосеменных развивается полностью внутри мегаспорангии (нуцеллуса), где создаются благо-





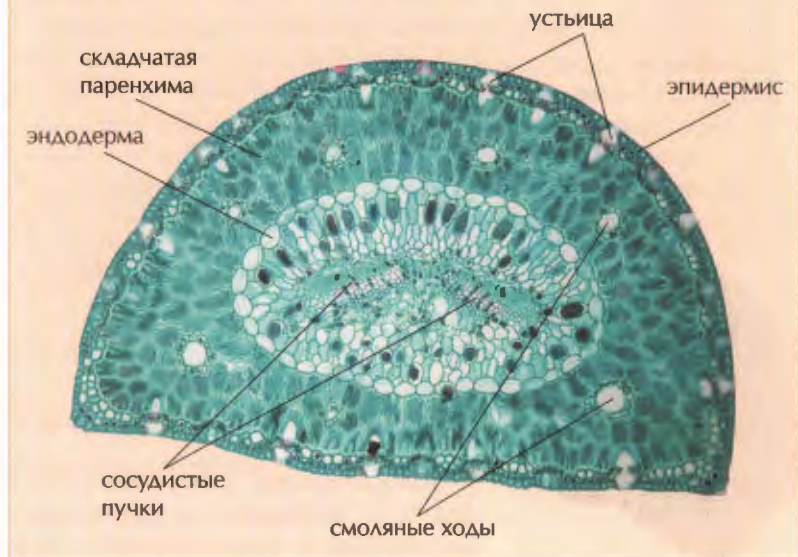
приятные условия для защиты его от высыхания.

У голосеменных с подвижными сперматозоидами (цикадовых, гинкговых) пыльцевая трубка прикрепляется к нуцеллусу и получает питательные вещества из него. Сперматозоиды попадают в пыльцевую камеру, расположенную над архегониями и заполненную жидкостью, по которой они подплывают к архегониям. Сперматозоид проникает в архегоний, где оплодотворяет яйцеклетку с образованием зиготы ($2n$). У хвойных, гнетовых спермии по пыльцевой трубке, прорастающей сквозь нуцеллус, попадают непосредственно к шейкам архегониев, проникают внутрь, где один спермий сливается с яйцеклеткой, образуя зиготу ($2n$), из которой впоследствии формируется молодой зародыш нового спорофита.

В глубоких слоях нуцеллуса выделяется одна более крупная материнская клетка — мегаспора. Она делится мейозом на четыре гаплоидные мегаспоры, расположенные одна над другой. Три верхние отмирают, а нижняя сильно увеличивается и заполняется питательными веществами. Эта мегаспора прорастает в многоклеточ-



АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ХВОИ



ный женский гаметофит (заросток). Женский гаметофит голосеменных, богатый питательными веществами, становится эндоспермом (запасующей тканью семени). В верхней части гаметофита закладываются два (у некоторых — несколько) крупных архегония, в каждом из которых формируется женская половая гамета — яйцеклетка (n).

В результате этого сложного процесса развития семязачатка внутри мегаспорангия и образования семени стало возможным постепенное упрощение женского гаметофита, а некоторые голосеменные (вельвичия и гнетум) совсем теряют архегонии. Основное поколение в жизненном цикле голосеменных растений представлено спорофитом.

Все известные голосеменные, как вымершие, так и современные, являются древесными растениями — деревьями или кустарниками. Камбий голосеменных откладывает слои древесины (вторичной ксилемы) с трахеидами, а также луба (флоэмы) с ситовидными трубками. Листья обычно игловидные (хвоя ели, сосны) или в виде чешуек (туя).

◀ Ель обыкновенная — один из самых распространённых представителей отдела голосеменных в таёжной зоне европейской части России.



БЕННЕТТИТЫ

В мезозойскую эру беннеттиты были очень широко распространены на нашей планете, но в верхнем мелу они полностью вымерли. По внешнему облику большинство беннеттитов напоминало саговниковые, а на вершинах их стволов располагались кроны крупных перистых листьев. Органы размножения некоторых беннеттитов имели уникальное строение, их обоеполые стробилы в своё время дали учёным повод рассматривать их в качестве предковой формы цветковых растений с обоеполыми цветками. Но это были настолько своеобразные растения, что близкое родство между ними и цветковыми не доказано.



О строении ископаемых хвойных кордаитовых палеоботаники узнали по их отпечаткам.



Ископаемый семенной папоротник медуллоза.



Иногда саговники достигают больших размеров (10—15 м) и становятся очень похожими на пальмы.

Голосеменные включают шесть классов: семенные папоротники, саговниковые, беннеттитовые, гинкговые, хвойные и гнетовые. Семенные папоротники и беннеттитовые полностью вымерли, и изучать их можно лишь по отпечаткам и окаменелостям органов. Остальные классы к настоящему времени сильно сократили число своих представителей. Так, из гинкговых до наших дней дожил всего один вид — гинкго двулопастный. Самый многочисленный и наиболее распространённый класс современных голосеменных — хвойные насчитывают всего около 560 видов.

Семенные папоротники (Pteridospermae)

Семенные папоротники существовали на планете с позднего девона до раннего мела, но затем полностью вымерли. Это были древовидные растения или лианы с крупными листьями, похожими на вайи папоротников, и придаточными корнями. Кроме ассимилирующих (стерильных) листьев у них имелись спороносные (фертильные), на некоторых располагались микро- и мегаспорангии с семязачатками. Семязачатки имели пыльцевые камеры с сахарис-

той жидкостью для лучшего прорастания пыльцы. У большинства они были окружены особым покровом листового происхождения — купулой. Наиболее ярким и хорошо изученным представителем ископаемых семенных папоротников является медуллоза (*Medullosa*).

Семенные папоротники — это своеобразная переходная группа от папоротников к семенным растениям. Видимо, от них произошли и другие семенные растения. Остатки семенных папоротников играли большую роль в образовании каменного угля.

Саговниковые, или цикадовые (Cycadopsida)

Саговниковые — древняя группа семенных тропических или субтропических растений, объединяющая около 300 видов. Они связаны своим происхождением с семенными папоротниками и ныне представляют собой вымирающую группу, хотя в мезозойскую эру процветали по всему земному шару.

Эти растения очень похожи на пальмы. Ствол у саговниковых обычно довольно толстый, но короткий, не





выше 20 м, цилиндрический, иногда клубневидный, почти никогда не ветвится. С поверхности он покрыт остатками листовых черешков, а венчает его крона крупных перистых кожистых, иногда колючих листьев. Растут саговники очень медленно, выпуская в год по одному или два листа.

Микроспорофиллы собраны обычно в виде шишки. Семяпочки у саговника (*Cycas*) сидят на особых перистых кладоспермах. Из них после оплодотворения образуются крупные семена, похожие на костянки сливы, потому что наружный слой семенной кожуры делается мясистым, а внутренний — твёрдым, как кость. Внутри семени заключён зародыш с двумя семядолями.

Саговниковые объединяют 10 родов и обитают во всех частях света, кроме Европы и Антарктиды. Роды саговниковых строго эндемичны: каждый имеет свой определённый и весьма узкий ареал. Причина заключается в том, что семена не могут мигрировать через океан, а если это и происходит, то они теряют всхожесть, побывав в морской воде. Наибольшее число видов саговниковых произрастает в Цент-

ральной Америке и Мексике, а также Австралии, но и здесь они встречаются довольно редко в низкорослых жестколистных лесах, зарослях кустарников и саваннах.

Самый известный род *Cycas* распространён от Восточной Азии до Австралии, а род *Zamia* встречается в Центральной и Южной Америке. Саговник *Cycas revoluta* разводится в Японии для добывания из его сердцевины саго. Многие саговники — прекрасные оранжевые растения.

Гинкговые (Ginkgoopsida)

Гинкго двухлопастный (*Ginkgo biloba*) — единственный современный представитель класса растений, которые были широко распространены на Земле в мезозойскую эру.

Это листопадное двудомное растение высотой до 30—40 м с необычными листьями: они имеют веерообразную лопастную пластинку с дихотомическим жилкованием и раздвоены на верхушке. Мужские стробилы напоминают серёжки, а одиночные мегастробилы заканчиваются двумя семязачатками, из которых развивается только один. Мужские гаметы (сперматозоиды) у этих растений подвижны.

Листья и плоды гинкго двухлопастного. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.



Мегаспорофиллы саговников.

Гинкго двухлопастный.



СЕРЕБРЯНЫЙ АБРИКОС

Так переводится с японского название «гинкго». Это растение — эндемик и реликт. Его называют живым ископаемым, так как ближайшие родичи этого растения вымерли десятки миллионов лет назад. В течение многих веков думали, что в диком виде гинкго не встречается, но оказалось, что он растёт в горах Китая. Это растение — долгожитель, оно может достигать возраста 2 тыс. лет!

Осенью на женских деревьях созревают желтоватые плоды, несколько напоминающие абрикос, однако обладающие удивительно неприятным запахом. «Косточка» плодов округлая, с тонкой оболочкой.



Ветка вечнозелёной секвойи.

Секвойядендрон (мамонтово дерево, веллингтония) — *Sequoiadendron giganteum* — гигантское вечнозелёное хвойное дерево семейства таксодиевых. В высоту некоторые экземпляры достигают 100 м и выше, живут они до 1500 лет.

Гинкго широко распространён в культуре в Европе и Северной Америке, куда он завезён из Китая. В последнее время препараты из его листьев используют при лечении некоторых сосудистых заболеваний.

Хвойные (Pinopsida)

В русском языке название этого класса происходит от слова «хвоя», хотя далеко не все его представители имеют листья иглообразной формы. Также не совсем правильным являлось и более старое название — *Coniferae*, в переводе «шишконосные», поскольку не все хвойные растения имеют шишки.

Класс хвойных объединяет от шести до восьми семейств, включающих в общей сложности 65—70 родов и 600—650 видов.

Хвойные являются древней группой, их ископаемые остатки встречаются начиная с отложений позднего каменноугольного периода палеозойской эры. Ископаемые хвойные растения были довольно разнообразны, а наиболее известными из них считаются кордаитовые (*Cordaitales*).

Все современные хвойные — древесные или кустарниковые растения,

причём большинство из них — деревья, в основном с одним прямым стволом и боковыми ветвями.

Листья многих хвойных растений — длинные тонкие иголки, другие же, включая кипарисовые и некоторые подокарповые, имеют плоские чешуйчатые листья. Некоторые, особенно *Agathis* из араукариевых и виды подокарповых, имеют широкие плоские листья в виде полосок. У большинства хвойных листья расположены по спирали, но могут иметь и супротивное расположение. Хвоинки могут сидеть на побегах по одной или быть собранными в группы по 2, 3, 5, а иногда по 20—40 и располагаться на особых укороченных веточках — брахибластах. Размер листьев — от 2 мм у некоторых можжевельников до 400 мм в длину у хвой отдельных сосен, например сосны Энгельмана (*Pinus engelmannii*).

Цвет хвой обычно тёмно-зелёный, что помогает усвоить максимум световой энергии солнечных лучей, особенно в северных таёжных лесах. Листья хвойных растений из более жарких регионов часто имеют желтовато-зелёный оттенок, а у других, например голубой ели (*Picea pungens*) или можжевельника чешуйчатого (*Juniperus squamata*), они покрыты



САМЫЕ-САМЫЕ...

Самое высокое, самое толстое, самое большое и самое старое дерево — всё это представители хвойных растений. Самое высокое дерево — секвойя (*Sequoia sempervirens*) высотой 115,2 м. Самое большое — секвойядендрон (*Sequoiadendron giganteum*), чей объём — 1486,9 м³ (объём дерева лесоводы рассчитывают по особым таблицам, учитывая размеры ствола). Самое толстое, имеющее наибольший диаметр ствола, — мексиканский таксодиум (*Taxodium mucronatum*) — 11,42 м в диаметре. Самое известное из ныне живущих старое дерево — сосна долговечная (*Pinus longaeva*) возрастом 4700 лет.



ШИШКИ ХВОЙНЫХ

Для большинства хвойных характерны мужские и женские шишки (сопус). Многие хвойные — однодомные растения, т. е. на одной особи находятся как мужские, так и женские шишки. Размеры шишек колеблются от 2 до 600 мм в длину.

Женские шишки довольно крупные и устроены очень сложно. На центральном стержне шишки сидят деревянистые семенные чешуи, прикрытые снаружи кроющими. Кроющие чешуи часто срываются с семенными. На семенных чешуях расположены семязачатки, их число различно у разных хвойных. У представителей порядка кипарисовых могут формироваться особые мясистые шишкостолбы, а у тисовых и подокарповых женские шишки вообще не образуются. Мужские шишки часто расположены группами. Они представ-



Шишки сосны
Ламберта достигают
длины 50 см.

ляют собой микростробилы, на которых в конце весны — начале лета созревают микроспорангии с многочисленными микроспорами, их подхватывает ветер и переносит на женские шишки.

Семенные чешуйки на женских шишках (у сосны, например) для приёма пыльцы раздвигаются, и выделяются капельки так называемой опылительной жидкости, которые легко смачивают принесённые ветром пыльцевые зёрна. После этого капелька быстро всасывается, доставляя зерно к нуцеллусу семязачатков, где оно и прорастает, образуя пыльцевую трубку. После опыления семенные чешуйки сдвигаются до момента созревания семян. Оплодотворение происходит через некоторое время после опыления. У ряда сосен это время составляет от 12 до 24 месяцев.

После оплодотворения и до созревания семян может пройти от четырёх месяцев до трёх лет.

очень мощным матово-восковым налётом, защищающим их от воздействия ультрафиолетовых лучей.

Особый интерес представляют устьица хвойных, глубоко погружённые в ткани листа и на зиму заплывающие воском. Каждый род хвойных имеет своё строение и расположение устьиц на листе, поэтому даже по небольшому фрагменту листа можно в большинстве случаев довольно точно определить растение.

Большинство хвойных являются вечнозелёными, при этом хвойники остаются на растении от 2 до 40 лет. Существует всего пять родов, сбрасывающих на зиму листья: лиственница (*Larix*), псевдолиственница (*Pseudolarix*), глиптостробус (*Glyptostrobus*), метасеквойя (*Metasequoia*) и таксодиум (*Taxodium*).

Хвойные размножаются в основном семенами, а вегетативное размножение развито очень слабо.

Класс хвойных разделяют обычно на пять порядков: араукариевые

(*Araucariales*), сосновые (*Pinales*), кипарисовые (*Cupressales*), подокарповые (*Podocarpaceales*) и тисовые (*Taxales*). Наиболее древними считаются араукариевые, подокарповые и тисовые, причём последние два не образуют настоящих шишек, и семяпочки их сидят в пазухах особых листьев.



Восковой налёт
на нижней стороне
хвоинок пихты.



Тисс ягодный — наиболее распространённый в Европе представитель рода (семена и соцветия).

Podocarpus smithii родом из Южной Америки.



Порядок подокарповые (*Podocarpaceae*)

В этот порядок входят около 140 видов, распространённых в Юго-Восточной Азии и Южной Америке на влажных, болотистых территориях. Современные подокарповые представлены всего одним семейством *Podocarpaceae* с центральным родом ногоплодник, или подокарп (*Podocarpus*), насчитывающим более 100 видов.

Листья у подокарповых линейные, крупные, плоские и довольно длинные — до 12 см. У некоторых вместо листьев развиты филлокладии, видоизменённые плоские короткие побеги, внешне напоминающие листья.

Мужские шишки подокарповых мелкие, одиночные или колосовидно собранные. Женских шишек не образуется, одиночные мегаспорангии сидят на концах особых побегов и окружены видоизменённой семенной чешуёй, называемой эпиматием. Он сростается у подокарпа с интегументом и при созревании становится мясистым, ярко окрашенным.

Подокарповые: листья, цветы и плоды.



Порядок тисовые (*Taxales*)

Тисовые распространены в основном в Северном полушарии. Это древняя группа хвойных, близкая к подокарповым, которая появилась в позднем триасе. Тисовые представлены вечнозелёными деревьями и кустарниками с древесиной без смоляных ходов. Их узкие, очередные тёмно-зелёные листья расположены в одной плоскости.

Мужские шишечки обычно одиночные, но иногда они образуют серёжковидные или шаровидные собрания в пазухах листьев. У тиса микроспорофиллы состоят из ножки и особого щитка, к которому снизу прикреплены 5—9 микроспорангиев, сростающихся между собой и с ножкой.

Женских шишек у тиса нет, а есть лишь одиночные мегастробилы, которые состоят из одного семязачатка, окружённого бокальчатым ариллусом красного или жёлтого цвета. У тиса на гаметофитах может быть 5—8 архегониев. При созревании его семян вокруг твёрдого интегумента разрастается красный сочный присемянник из ариллуса.

Род тис (*Taxus*) насчитывает около 10 видов, из которых наиболее широко в Западной Европе распространён тис ягодный (*T. baccata*).



Это дерево с превосходной, тяжёлой не гниющей древесиной доживает до 2 тыс. и более лет. Тис очень тенелюбив и влаголюбив. Его побеги, кора и листья ядовиты.

Тис хорошо переносит обрезку, формирование кроны любой формы, даёт обильную поросль и поэтому традиционно используется в зелёном строительстве. С давних времён в парках регулярного стиля из тиса путём стрижки формируют причудливые фигуры и живые изгороди.

Порядок араукариевые (Araucariales)

Эта древнейшая группа хвойных растений в юрский и меловой периоды была широко распространена во всех частях света. Большинство видов — обитатели Южного полушария, эти древние растения придают лесам облик «ископаемых, вымерших» сообществ. Так, араукария чилийская со стволом, сплошь покрытым колючими листьями, напоминает ископаемую палеозойскую лебахию (*Lebachia*).

Семейство объединяет около 40 видов и включает роды агатис (*Agathis*) и араукария (*Araucaria*). Ареал рода араукария (около 20 видов) разорван: имеются южноамериканские и австралийские виды. Наиболее известны араукария чилийская (*A. araucana*) и бразильская (*A. angustifolia*).

Для араукариевых характерен так называемый веткопад, при котором сбрасываются ветки с листьями либо боковые побеги целиком.

Только у араукариевых имеется ветвящаяся пыльцевая трубка, которая не только проводит мужские гаметы, но и всасывает питательные вещества, подобно гаустории гинкговых и саговниковых. Мужские шишки у большинства видов очень крупные — самые большие из всех хвойных, цилиндрические, достигающие длины 20—25 см при диаметре

ГОЛОВОЛОМКА ДЛЯ ОБЕЗЬЯНЫ

Араукария чилийская растёт в Чили и в западной части Аргентины. Вероятно, часть араукариевых лесов приурочена к древним стоянкам индейцев. Эта араукария — одно из самых необычных хвойных. Женские экземпляры — очень крупные деревья: достигают высоты 60 м при диаметре ствола до 1,5 м. Мужские растения значительно ниже — всего до 20 м. Боковые ветви взрослых особей расположены мутовками и горизонтально распростёрты, поэтому у старых деревьев крона становится плоской, зонтикообразной и расположена лишь на самой вершине ствола.

Листья араукарии чилийской очень жёсткие, колючие тёмно-зелёные, густо покрывающие ветви. Именно поэтому говорят, что птицы не садятся на её ветки. С этой же особенностью араукарии чилийской связано ещё одно из её обиходных названий на английском языке — *monkey puzzle*, т. е. «загадка обезьяны», широко употребляемое и вошедшее в ботанические словари. Лазать по таким колючим веткам обезьянкам явно не нравится.



Араукария чилийская.

4—5 см. На микроспорофиллах сидят по 3—20 микроспорангиев. Женские шишки — шаровидные или эллипсоидальные, диаметром до 20—35 см. Семенная чешуя полностью срывается с кроющей, имеющей длинное остроконечие. Крупные семена араукарии чилийской питательны и вкусны, поэтому индейцы-арауканы употребляют их в пищу в сыром или поджаренном виде.

Древесина араукариевых имеет очень своеобразное строение и сходна с древесиной вымерших кордаитовых (*Cordaitales*). Желтовато-белую древесину араукарии используют в строительстве, а смолу — в народной



ЦАРЬ НОВОЗЕЛАНДСКИХ ЛЕСОВ

Род агатис (*Agathis*) насчитывает около 20 видов, эти деревья произрастают в тропических лесах на островах от Филиппин до Новой Зеландии. Агатисы — крупные деревья с супротивными широкими листьями и большими шишками. Наиболее известен агатис южный (*A. australis*), или каури, царь новозеландских лесов высотой до 60 м, доживающий до 4 тыс. лет. Каури очень слабо возобновляется и считается вымирающим видом, требующим охраны.



Агатис южный
из семейства
араукариевые.

медицине. Благодаря своей необычности араукария чилийская — весьма ценное декоративное растение. Некоторые араукарии распространены в культуре как оранжерейные и комнатные растения. В открытом грунте их разводят лишь в странах с тропическим климатом.

Порядок Сосновые (*Pinales*)

В этот порядок входит крупное семейство сосновые (*Pinaceae*), насчитывающее не менее 250 видов, распространённых преимущественно в Северном полушарии. Многие сосновые заходят высоко в горы и за полярный круг.

Сосновые — вечнозелёные, реже листопадные деревья, иногда стелющиеся кустарники. В их древесине имеются смоляные ходы. Небольшие листья сосновых — игловидные или чешуевидные, они держатся на дереве от двух до семи лет. У таких растений, как ель, пихта и тсуга, все побеги одинаковые, и хвоинки на них сидят поодиночке. У сосны, лиственницы

и настоящего кедра кроме обычных, удлинённых побегов имеются боковые укороченные побеги — брахибласты, на которых листья прикреплены пучками по 2—50 штук.

Большинство сосновых развивает мощную корневую систему, но на корнях многих лесных деревьев нет корневых волосков, зато на них можно обнаружить микоризу шляпочных грибов. По тончайшим нитям (гифам) мицелия грибов-микоризообразователей сосновые получают воду с растворёнными в ней минеральными веществами, а гриб — готовые органические соединения, синтезирующиеся в растении: углеводы, аминокислоты, витамины, ростовые вещества.

Сосны вообще не могут расти без своих помощников — грибов. Такая микориза называется обязательной. Микоризообразователями для сосны служат несколько десятков видов грибов, среди которых, например, рыжики, белые и маслята.



► Кедровую сосну (*Pinus cembra*) называют ещё сосной европейской или европейским кедром. Это хвойное дерево относится к семейству сосновые.



Представители сосновых растут быстро и достигают высоты 40—50 м (изредка 80—90 м у псевдотсуги).

Небольшие мужские шишки сосновых часто собраны в мутовки. На нижней стороне каждого из микроспорофиллов, окрашенных в жёлтый или красный цвет, имеются два микроспorangия с пыльцой. Пыльцевые зёрна у большинства (кроме лиственницы и тсуги) снабжены двумя летательными воздушными мешками, позволяющими пыльце разноситься на сотни километров.

Для сосновых характерны сложные компактные женские шишки, состоящие из центральной оси, на которой спирально располагаются кроющие чешуи. Они несут в пазухах семенные чешуи с двумя семязачатками у основания. Семенные чешуи часто незаметны, но у ряда видов они выступают из-под кроющих чешуй, придавая шишке «лохматый» вид (некоторые лиственницы, пихты, псевдотсуга).

У сосен наблюдается одревеснение семенной чешуи, а кроющая чешуя редуцируется и сохраняется в виде придатка на её спинке.

Род сосна (*Pinus*) объединяет около 100 видов, распространённых в умеренных областях Северного полушария, реже в горах субтропиков. Многие сосны образуют чистые или смешанные леса.

Хвоинки сосны сидят на укороченных веточках (брахибластах) по 2—5, а их длина варьирует у разных видов от 5 до 25 см.

В Евразии наиболее распространены сосна обыкновенная (*P. silvestris*) с двумя хвоинками в пучке и сосна сибирская, или кедровая (*P. sibirica*) с пятью-семью длинными хвоинками.

Сосна обыкновенная очень светолюбива и в то же время малотребовательна к условиям произрастания. Способность сосны существовать в зонах с разной продолжительностью дня и вегетационного периода, на богатых и бедных почвах, в условиях переувлажнения и засухи обеспечила ей обширный ареал. Она может расти и на песках, и на меловых отложениях, и на сфагновых болотах. Благодаря глубокой корневой системе и толстой коре сосна, в отличие от ели, мало повреждается при низовых пожарах. В горах Кавказа сосна встречается до высоты 2100 м над уровнем моря.

◀ Шишки и семенные чешуи сосны обыкновенной. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.



Белка на ветке сосны обыкновенной.



У «дугласовой пихты» (псевдотсуги) кроющие и семенные чешуи в шишке.

► Сосна итальянская.

Если сосна обыкновенная имеет ажурную крону и образует светлохвойные леса, то пятихвойная сосна сибирская формирует темнохвойные таёжные леса — кедрачи, широко встречающиеся по всей Сибири и в Монголии. Именно она даёт ценные кедровые орешки, из которых получают кедровое масло. Высоко ценится также древесина обоих видов, которая находит широкое применение в народном хозяйстве.

На горных склонах в районах Дальнего Востока, в Корее и Японии встречается сосна корейская (*P. koraiensis*). Её семена также съедобны. В Восточной Сибири от Забайкалья до побережья Охотского моря и в Японии широко распространён крайне выносливый кедровый



ый стланник (*P. pumila*) с орешками как у кедровой сосны.

В Западной Европе произрастает европейская кедровая сосна (*P. cembra*), которую у нас разводят в парках. В горных районах (Альпы, Пиренеи, Карпаты) встречается кустовидная (до 3 м в высоту) сосна горная (*P. montana*, или *P. mugo*), формирующая в горах верхний пояс древесной растительности.

Для Кавказа характерны крымская, или Палласова (*P. palassiana*), крючковатая (*P. hamata*) и пицундская (*P. pithyusa*) сосны.

Самые длинные шишки имеет гималайская сосна (*P. excelsa*), а самая длинная хвоя у сосны Арманда (*P. armandi*).

Из средиземноморских видов можно отметить сосну приморскую (*P. pinaster*) и красивейшую итальянскую пинию (*P. pinea*), разводимую веками как культурное растение с крупными вкусными орешками.

В Северной Америке широко известны сосны веймутова (*P. monticola*, или *P. strobus*), жёлтая (*P. ponderosa*) и сосна Ламберта, или сахарная (*P. lambertiana*), с шишками длиной до 30 см.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОСНЫ

Большинство сосен имеет прекрасную лёгкую древесину, используемую как строительный материал и для изготовления мебели. Поэтому сосны повсеместно культивируются, особенно на небогатых почвах, где трудно выращивать другие породы. Из смолы при переработке получают скипидар, канифоль и другие вещества, а из семян — ценное масло пищевого и технического назначения. На Руси смолу сосны жевали для укрепления зубов, дёсен и для дезинфекции полости рта. Хвоя сосны содержит витамин С и используется как противосцинготное средство. Это было давно известно народам Сибири, промысловикам и мореходам. Во время Великой Отечественной войны сотрудники Ботанического института имени В. Л. Комарова разработали способы получения витаминного напитка из хвои сосны. Этому препарату обязаны жизнью многие ленинградцы, пережившие блокадный голод.



Высокие и ровные мачты парусников изготовлены, как правило, из сосны.



Род кедр (*Cedrus*) насчитывает всего четыре вида, три из которых приурочены к странам Средиземноморья, а один обитает в Гималаях, горах Афганистана и Северной Индии.

Кедр — мощные красивые деревья высотой до 50 м с раскидистой зонтиковидной или пирамидальной кроной. Ветки у них расположены мутовками, листья жёсткие, игловидные, сидят пучками по 30—40 штук на укороченных веточках и держатся на дереве от трёх до шести лет.

Мужские шишки кедров крупные, одиночные, а женские — яйцевидные длиной 5—11 см, направленные вверх. Семенные чешуи широкие, деревянистые, плотно прилегающие друг к другу. После созревания семян шишки рассыпаются. Семена их, в отличие от семян кедровой сосны, несъедобны.

В Западных Гималаях распространён кедр гималайский, или деодар (*C. deodara*), поднимающийся в горы до высоты 3500 м. В Индии кедр считается священным деревом.

Древесина кедров очень прочная, красивая по цвету, с приятным ароматом, используется в кораблестроении и при изготовлении мебели. Все виды кедров очень декоративны.

Род лиственница (*Larix*) объединяет около 20 видов. Это светолюбивые листопадные деревья с ажурной

ЛИВАНСКИЙ КЕДР

С древних времён славится монументальный кедр ливанский (*C. libani*), обитающий в горах Турции, Ливана и Сирии до высоты 2000 м. Изделия из него находят при археологических раскопках, причём они обычно пребывают в прекрасном состоянии, как, например, деревянные детали саркофага египетского фараона Тутанхамона, обнаруженные спустя примерно 3200 лет после того, как они были сделаны. Широкой известностью пользуются резные ворота из древесины кедров в одном из залов Версальского дворца, которые когда-то были доставлены во Францию с острова Родос.

кроной и мягкой хвоей, собранной по 20—40 иголок в пучке на брахистах. Древесина лиственницы очень тяжёлая и прочная.

Лиственницы достигают большой высоты, образуя светлыхвойные таёжные леса в Сибири, но в наиболее суровых условиях они могут принимать стланиковую форму. Женские шишки у лиственниц небольшие, округлые или овальные, сидят на укороченных веточках. Зелёные или малиновые молодые шишки созревают в тот же год.

Лиственница сибирская (*L. sibirica*) имеет огромный ареал и обра-



Кедр атлантический (*Cedrus atlantica*) — один из видов рода кедр, который произрастает на склонах гор Атласа в Марокко и Алжире.

Молодая шишка лиственницы.



Шишки, хвоя и семенные чешуи лиственницы обыкновенной. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.



► Шишки — необходимая пища животных еловых лесов.

зует светлохвойные таёжные леса в Западной Сибири. Лиственница даурская, или Гмелина (*L. gmelini*), прекрасно переносит суровый континентальный климат, вечную мерзлоту и заболачивание, являясь единственным высокоствольным деревом в Восточной Сибири и Якутии.

В Альпах и Карпатах распространена лиственница европейская (*L. decidua*), издавна используемая для строительных целей. Среди дальневосточных, японских и китайских видов можно отметить лиственницу японскую (*L. leptolepis*). В Северной Америке самыми распространёнными являются американская (*L. laricina*) и горная лиственница западная (*L. occidentalis*).

Род ель (*Picea*) содержит около 45 видов, произрастающих в основном в северных регионах Евразии и Америки. Это высокие стройные деревья (30—60 м), доживающие до 500—600 лет. Древесина ели имеет многочисленные смоляные ходы. Крона довольно узкая, конусовидная, хвоя тёмно-зелёная, жёсткая, держится на дереве 7—9 лет. Хвоинки сидят на веточках по спирали или почти двурядно.

Так как корневая система у ели поверхностная, она часто страдает от ветровалов и низовых пожаров.

В еловом лесу.



Женские шишки у елей фиолетово-красные или зеленоватые, торчат вертикально, но при созревании повисают, висят довольно долго и опадают целиком после полного созревания семян.

В европейской части России распространена ель обыкновенная, или европейская (*P. excelsa*, или *P. abies*), образующая чистые или смешанные леса. Ель сибирская (*P. obovata*) встречается на северо-востоке Европейской России и в Западной Сибири. Она близка ели европейской, отличаясь более мелкими шишками и формой семенных чешуй. Очень декоративна ель сербская (*P. omorica*) из Западной Европы с ровной, равномерно густой кроной до самой земли. Её выращивают в садах и парках, а также наряжают на Новый год.

В верхнем лесном поясе Кавказа на высотах от 1000 до 2200 м растёт ель восточная (*P. orientalis*). Красивейшей на Тянь-Шане является ель Шренка (*P. schrenkiana*) с очень узкой кроной, напоминающая по очертаниям кипарис. На Дальнем Востоке произрастают ель корейская (*P. koraiensis*) и аянская (*P. jezoensis*) с гладкой корой.

Большая группа видов елей встречается в Северной Америке и Канаде: канадская (*P. canadensis*), ель колку-



нии (*P. pungens*) и ель Энгельмана (*P. engelmannii*). Все эти три вида известны нам как «серебристые» или «голубые» декоративные ели парков и скверов. Особый цвет хвои таких елей не всегда закреплён генетически, т. е. не передаётся по наследству. У них имеется также масса различных форм, включая карликовую конусовидную, шаровидную и гнездовидную («ель-гнездо»).

Ели — теневыносливые растения, требующие относительно богатых и влажных суглинистых почв. Они образуют темнохвойные леса благодаря густой кроне, слабо пропускающей свет.

В старом еловом лесу сумеречно, прохладно, почва покрыта хвойным опадом или зелёными мхами. Еловый опад содержит много кислых веществ, поэтому в ельниках формируются особые подзолистые почвы. В таких



специфических условиях тенистого леса могут жить лишь типичные таёжные растения — спутники ели: кислица, грушанки, плауны и папоротники. Размножаются они чаще всего вегетативно, так как мало надежды на редких здесь насекомых-опылителей, а если цветки имеются, то они обычно белые, душистые. Некоторые таёжные растения перешли на самоопыление.

Пихты (*Abies*) — очень крупные деревья высотой до 60—100 м и с диаметром ствола до 2 м. Крона пихты тёмно-зелёная или сизоватая, конической формы, начинается часто почти от земли.

Пихта похожа на ель, но кора у большинства её видов гладкая, листья мягкие, плоские, сверху желобчатые, снизу с двумя светлыми от воска полосками. Кроме того, женские шишки у пихт расположены вертикально. Семенные чешуи в шишках деревянистые и тесно налегают друг на друга. Кроющие чешуи плёчатые, острые, торчат над семенными. Шишки созревают в первый год и к зиме распадаются.

Род пихта насчитывает около 40 видов, растущих в Северном полушарии, преимущественно в горах. Наиболее распространённой в России является пихта сибирская (*A. sibirica*), которая образует обширные темнохвойные (черневые и таёжные) леса. Пихта предпочитает дренированные, не заболоченные, богатые суглинистые почвы, но при этом очень холодостойка и теневынослива.



Шишка пихты обыкновенной.

Пихта обладает характерной конусообразной формой кроны.

КАНАДСКИЙ БАЛЬЗАМ

Из смолы пихты бальзамической (*A. balsamifera*), широко распространённой в Северной Америке, получают так называемый канадский бальзам, который применяется в микроскопической технике. Благодаря своей особой прозрачности, бесцветности, большому показателю преломления, почти такому же, как у стекла, отсутствию помутнения он употребляется для склейки оптических стёкол, «консервирования» микроскопических препаратов.



Хвоя и шишка
тсуги канадской.

В горах Средней, Западной и Южной Европы распространена пихта европейская (*A. alba*), а на Кавказе — стройная, красивая пихта кавказская (*A. nordmanniana*). На Дальнем Востоке чаще всего встречается пихта белокорая (*A. nephrolepis*), реже и южнее — цельнолистная (*A. holophylla*).

Древесина пихты мягкая, без смоляных ходов, высоко ценится как строительный и поделочный материал. Многие виды пихты очень

декоративны, но они весьма чувствительны к загрязнению воздуха.

Род тсуга (*Tsuga*) представлен высокими вечнозелёными деревьями со свисающими тонкими побегами. Хвоя тсуги темно-зелёная, блестящая, плоская, на верхушке тупая, расположена двурядно. Микроспоры не имеют воздушных мешков. Женские шишечки маленькие, свисающие, не распадаются и созревают в первый год. Кроющие чешуи у них короче семенных.

Наиболее известна тсуга канадская, или хемлок (*T. canadensis*), образующая обширные леса в Канаде и северных штатах США вместе с другими хвойными породами. В Японии широко распространены тсуги Зибольда (*T. sieboldii*) и разнолистная (*T. diversifolia*). Тсуги очень декоративны, разводятся как высокорослые с поникшими ветвями, так и причудливые карликовые формы.

Род псевдотсуга (*Pseudotsuga*) — это огромные (до 80 м) деревья с плоскими листьями, похожими на листья пихты. Шишки у них повислые, не распадаются после созревания. Псевдотсуга Мензиса (*P. menziesii*, или *P. douglasii*) имеет обширный ареал на западе Канады и США вдоль берегов Тихого океана, где образует леса. Её часто называют также дугласовой пихтой или дугласией. Псевдотсуга в Северной Америке является одним из важнейших источников древесины.

Порядок кипарисовые (Cupressales)

У представителей порядка кипарисовых в отличие от большинства других хвойных хорошо развита древесинная паренхима (а не только водопроводящие элементы — трахеиды). Смоляные ходы отсутствуют. Листья игловидные или чешуевидные, очередные, супротивные либо мутовчатые, собраны по 3—4 в мутовке.

Мужские шишечки очень мелкие, расположены на верхушках побегов

Кипарис на калифорнийском побережье и его плоды.





Секвойи достигают высоты более 100 м и диаметра 5–9 (иногда до 11) м, возраст их может превышать 2500 лет.



или в пазухах листьев. На многочисленных микроспорофиллах сидят по 2–9, чаще всего по 3–6 свободных микроспорангий. Их микроспоры в отличие, например, от сосновых не имеют воздушных мешков.

Женские шишки также мелкие, одиночные, семенные чешуи сростаются с кроющими и несут 2–12 семяпочек. Архегонии у кипарисовых собраны в группы и одеты общим покрывалом. У зародыша может быть от 2 до 5–9 семядолей.

В порядок входят два семейства — таксодиевые и кипарисовые.

Семейство таксодиевые (*Taxodiaceae*) имеет древнейшую историю: они появились в юрский период, а наибольшего расцвета достигали в третичный. Современных представителей можно без преувеличения называть живыми ископаемыми и реликтами третичной флоры.

Это высокие деревья с игольчатыми или чешуйчатыми листьями. Мужские шишки у них одиночные либо собраны в группы, а женские — одиночные, верхушечные, также довольно мелкие, образованы многочисленными спирально расположенными плоскими или щитовидны-



ми толстыми семенными чешуями, сросшимися с кроющими.

К этому семейству относятся современные древесные великаны: секвойя, секвойядендрон и таксодиум.

Секвойя вечнозелёная (*Sequoia Sempervirens*) образует обширные леса на Тихоокеанском побережье Северной Америки. По цвету древесины секвойя получила здесь название «красное дерево» (*Redwood*), а латинское её наименование дано в честь Секвойи — выдающегося индейского вождя, который изобрёл алфавит народа чироки.

В конце мелового и в третичный период секвойя вечнозелёная вместе с другими таксодиевыми была широко распространена в Северном



►
Болотный
кипарис.



Отпечатки лис-
тьев таксодиума.

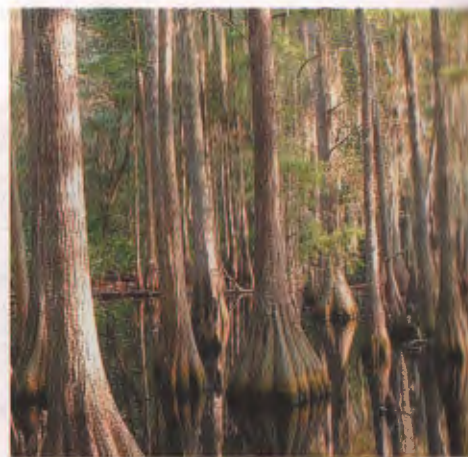


Вечнозелёный
кустарник
из рода
Cephalotaxus.

полушарии, однако сейчас остатки лесов с её участием сохранились только на узкой полосе Тихоокеанского побережья на севере Калифорнии и до реки Четко на юге штата Орегон.

Листья у секвой плоские, линейно-ланцетные, расположены почти двурядно. Удивительной особенностью этих деревьев является их способность давать обильную поросль. Красивая древесина секвойи очень высоко ценится, она лёгкая, не подвержена гниению, широко используется как строительный и столярный материал, идёт на изготовление мебели, шпал, телеграфных столбов, железнодорожных вагонов, бумаги и черепицы. Из неё делают коробки и ящики для сигар и табака, бочки для хранения мёда и патоки. Из-за прекрасной древесины и быстрого роста секвойю специально выращивают в лесных хозяйствах, а также в качестве декоративного растения, разводя её для этого в садах и парках.

Другим известным представителем таксодиевых является знаменитый секвойядендрон (*Sequoiadendron giganteum*), или мамонтово дерево, называемое так из-за исполинских размеров и огромных свисающих ветвей. Его небольшие рощицы сохранились на западном склоне Сьерра-Невады в Калифорнии. Секвойядендрон имеет громадные размеры (более 100 м



в высоту при диаметре до 12 м) и является долгожителем (живёт более 3—4 тыс. лет). От секвойи он отличается мелкими чешуевидными листьями, сидящими в тесной спирали, и более крупными яйцевидными шишками длиной 5—8 см. Мамонтово дерево разводят в парках многих стран мира, в том числе на Черноморском побережье Кавказа и в Средней Азии.

Интереснейшим реликтом тропической флоры является таксодиум (*Taxodium*). По берегам рек и болотам юго-востока Северной Америки (штат Флорида) произрастает крупное дерево с нежной зелёной кроной и толстым (до 12 м) конусообразным стволом — таксодиум двурядный, или болотный кипарис (*T. distichum*).

СЕНСАЦИЯ ВЕКА

Сенсацией века называют находку живого представителя рода метасеквойя (*Metasequoia*), считавшегося вымершим. В настоящее время единственный вид этого рода — метасеквойя глиптостробусовая (*M. glyptostroboides*) в естественном виде сохранилась лишь в горах Китая (провинции Сычуань и Хубэй) по долинам рек, где её называют водяной пихтой. Метасеквойя похо-



жа сразу и на секвойю, и на таксодиум, имеет плоскую двурядно расположенную хвою и мелкие шишки. Для неё, как и для араукарии, характерен веткопад как форма вегетативного размножения. Стройные метасеквойи с пирамидальной кроной и красно-коричневым стволом служат украшением многих южных парков, особенно в районах с влажным субтропическим климатом.

Листья метасеквойи.



Он существует в условиях избыточной влажности и потому развивает особые дыхательные бутылевидные корни — пневматофоры, возвышающиеся на 1—2 м над уровнем почвы. Таксодиум имеет широкую крону, удлинённые и укороченные побеги, округлые шишки. Это листопадное и вечнозеленое растение с прочной, «вечной», не гниющей древесиной успешно культивируется.

Другой вид — таксодиум мексиканский (*T. mucronatum*) дыхательных корней не имеет и распространён в горах до высоты 2300 м над уровнем моря от Мексики до штата Техас в США. Некоторые экземпляры имеют возраст более 4 тыс. лет.

Широко известна из-за своей декоративности и криптомерия японская (*Cryptomeria japonica*) — единственный вид рода *Cryptomeria*, встречающегося в горных районах Японии и юго-востока Китая. Растение имеет линейно-шиловидную спирально расположенную хвою и необычного вида округлые мелкие шишки с длинной кроющей чешуей и торчащими

НЕОБЫЧНЫЕ И ДЕКОРАТИВНЫЕ

Среди декоративных представителей таксодиевых можно отметить куннингамию (*Cunninghamia*) из Юго-Восточной Азии, где она образует леса вместе с лавровыми деревьями. Необычайно хорош и обитатель горных лесов Японии сциадопитис (*Sciadopitys*) с побегами, собранными в мутовки. Из-за особого расположения блестящих, кожистых листьев часто называют зонтичной сосной и широко культивируют. Он привлекателен также красивыми шишками с сиренево-серебристыми семенными чешуями.



Сциадопитис.

зубцами семенной. Благодаря способности давать обильную поросль криптомерия широко распространена не только в Японии и Китае, но и в парках Европы. Наиболее декоративны её садовые формы с хвоей разных оттенков от сизого до золотисто-жёлтого.

Семейство кипарисовых (*Cupressaceae*) представлено деревьями и кустарниками с чешуйчатыми и игловидными листьями (около 130 видов). Мужские шишки у них мелкие, одиночные, микроспорофиллы собраны мутовчато и имеют вид щитков, на каждом из которых прикрепляются 2—6 микроспорангиев. В женских шишках происходит срастание семенных и кроющих чешуй, при этом характер срастания различен у разных представителей.

В семействе обычно выделяют три подсемейства: кипарисовые

Криптомерия японская.



Шишки и хвоя криптомерии японской.



А. Бёклин.
Остров мёртвых.
1883 г.

(деревянистые чешуи при созревании шишек раздвигаются), туевые (деревянистые чешуи при созревании отгибаются) и можжевельниковые (сочные чешуи срстаются и образуют шишкоягоду).

К подсемейству кипарисовых относятся роды кипарис и кипарисовик.

Род кипарис (*Cupressus*) объединяет около 20 видов, распространённых в Средиземноморье, Северной Африке, на юге Китая и в Америке от Гватемалы до штата Орегон (США). Кипарисы издавна введены в культуру во многих районах. Это высокие (25—30 м) стройные вечнозелёные растения. Молодые листья у них игловидные, взрослые — чешуевидные, расположенные крест-накрест и плотно прижатые к побегу. В округлой шишке все чешуи скреплены в центре, одревесневают на второй год и после полного созревания растрескиваются и раздвигаются для свободного высыпания семян.

В южных районах США и Мексике распространены кипарисы аризонский (*C. arizonica*) и мексиканский (*C. lusitanica*), образующие там целые леса. Декоративный кипарис вечнозелёный (*C. sempervirens*) из Ирана и Малой Азии широко культивируется, в том числе в Крыму и на Кавказе.

Древесина кипариса лёгкая, у одних видов — мягкая, у других — плотная, душистая, красивого цвета. Она

используется в строительстве, судостроении, для изготовления мебели, мелких изделий, в том числе церковной утвари (чётки, кресты, иконные доски). Высокое содержание смолы в древесине обеспечивает её хорошую сохранность, по этой причине древние египтяне делали саркофаги именно из этого дерева, а кипарисовое масло использовалось при бальзамировании тел.

Хвою и побеги кипариса мексиканского используют для получения ароматического масла, которое применяется в ароматерапии благодаря своим антисептическим, тонизирующим и другим полезным свойствам, а его запах отпугивает насекомых.

Виды рода кипарисовик (*Chamaecyparis*) представлены вечнозелёными древовидными растениями, распространёнными вдоль Тихоокеанского и Атлантического побережий Северной Америки, в Японии и Китае. В настоящее время известны сотни садовых форм разного размера и окраски хвои кипарисовика Лосона (*C. lawsoniana*), туполистного (*C. obtusa*) и горохоплодного (*C. pisifera*).



► Винсент Ван Гог.
Дорога с кипарисами и звездой.
1890 г.



В подсемействе туевых (*Thujoideae*) наиболее известен род туя (*Thuja*). Туи — однодомные деревья и кустарники. Их молодые игольчатые растопыренные листочки с возрастом сменяются чешуевидными. Мужские шишки мелкие, пазушные, шаровидные, состоящие из 4—6 микроспорофиллов. Женские — яйцевидно-продолговатые с кожисто-деревянистыми чешуями. Семенные чешуи, пропитанные маслами, срстаются, но наверху остаются их торчащие не сросшиеся кончики. Шишки созревают обычно в год опыления осенью, и перед высыпанием семян они раскрываются по швам.

В западной части Северной Америки вдоль побережья Тихого океана распространены леса из туи гигантской, или складчатой (*T. plicata*), достигающей высоты 60 м. Здесь её называют «западный красный кедр» и широко используют коричнево-красную мягкую и плотную не гниющую древесину. Из стволов туи индейцы делали жилища, и каноэ. В восточных штатах США произрастает невысокая древовидная туя западная (*T. occidentalis*). Туя восточная (*T. orientalis*), которую называют теперь биота (*Biota*), широко распространена в Китае.

Туя внешне очень похожа на кипарисовик, но отличается от него формой и строением шишек и сильным приятным ароматом хвои. Она гораздо выносливее кипарисовика, поэтому очень широко культивируется.

Близкими родственниками туи являются дальневосточный стланник



Плоды и ветви туи.

микробиота (*Microbiota*) с плоскими побегами и шишками, а также древовидный туевик (*Thujaopsis*) с мутовчатым ветвлением — уроженец влажных лесов Японии.

К подсемейству можжевельниковых (*Juniperoideae*) относится один род — можжевельник (*Juniperus*), объединяющий около 70 видов небольших вечнозелёных деревьев и кустарников (иногда стлаников). Для можжевельников характерно наличие ювенильных (юношеских) игловидных и взрослых чешуевидных листьев, при этом взрослые особи некоторых видов (например, можжевельники обыкновенный, сибирский, краснокорый) имеют игловидную хвою.

Микроспорофиллы можжевельников несут по 2—6 микроспорангиев и собраны в мелкие овальные шишки



Туя шаровидная.



Насчитывается около 200 садовых форм туи, особенно туи западной, с молодой игловидной взрослой и чешуевидной хвоей, с разной окраской хвои, карликовых и высокорослых, шаровидных, конусовидных и пирамидальных.



► Ветки, плоды и семенные чешуи можжевельника. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.



Плоды можжевельника высокого.

Можжевельник колючий, или красный.



(микростробилы). Чешуи женских шишек после оплодотворения семязачатков становятся мясистыми, срастаются между собой и образуют сочную шаровидную шишкоягоду. Шишкоягоды созревают на первый — третий год и становятся сине-чёрными или бордовыми с восковым налётом.

Можжевельники очень светолюбивы, морозостойки и нетребовательны к почвенным условиям. Их отличительной особенностью являются также крайне медленный рост и долголетие (до 1000 лет).

В пределах этого крупного рода часто выделяют два крупных подрода: можжевельник (*Juniperus*) и сабина (*Sabina*).

Наиболее широкий ареал имеет можжевельник обыкновенный (*J. communis*) — кустарник лесной зоны с иссиня-чёрными шишкоягодами и игловидной колючей хвоей. В Сибири он сменяется можжевельником сибирским (*J. sibirica*).

Древовидные можжевельники образуют светлые ксерофильные леса в Средиземноморье, Передней и Центральной Азии, они сохранились в горах Восточного Крыма и Западного Кавказа. Это охраняемые можжевельники высокий (*J. excelsa*), краснокорый (*J. oxycedrus*) и вонючий (*J. foetidissima*).



На востоке Северной Америки произрастает можжевельник виргинский (*J. virginiana*) высотой 20—30 м с лёгкой розовой древесиной, идущей на изготовление мебели и карандашей.

Стланиковые можжевельники представлены чаще всего в горах. В Средней Азии их заросли получили название «арчевники». Можжевельник туркестанский (*J. turkestanica*), зеравшанский (*J. seravschanica*) и туркменский (*J. turcomanica*), успешно растут даже при температурах 30—40 °С.

Можжевельник казацкий (*J. sabina*), распространённый по склонам гор и приречным пескам юго-востока европейской части России, в Крыму и в Средней Азии, также имеет стланиковую форму. Этот можжевельник с очень мелкими хвоинками, густо одевающими восходящие побеги, часто разводят в садах, парках и альпинариях.

Можжевельник китайский (*J. chinensis*) из горных пустынь Китая широко известен своей красивейшей формой с раскидистыми ветвями. Необычайно вынослив можжевельник чешуйчатый (*J. squamata*) с сизо-зелёной или почти голубой игловидной хвоей.



Есть также множество сортов таких декоративных стланиковых можжевельников, сами названия которых отражают их цвет и форму, например «голубой ковер», «голубой паук», «голубая звезда».

Значение хвойных

Хвойные леса имеют огромное водоохранное, водорегулирующее и почвозащитное значение, очищают воздух и выделяют большое количество эфирных масел. Многие из них являются лесообразователями, доминируют в тайге, составляя там первый древесный ярус. Их семена, хвоя, кора служат пищей для организмов-потребителей, крона — местом для гнездования птиц, укрытия от непогоды и врагов. Хвоя и молодые побеги некоторых хвойных — незаменимый зимний корм лосей, хвоей питаются глухари, а семенами — многие звери и птицы. Шишковые можжевельника — излюбленный корм тетеревов.

Древесина многих хвойных с давних пор использовалась при строительстве домов и кораблей, а также в мебельном производстве. Древесина тисовых и кипарисовых применяется для изготовления дорогих поделок и мебели, так как она почти не подвержена действию личинок насекомых. Сосны и ель идут на производство бумаги и картона.

Из хвойных можно получать вискозу, шёлк, целлюлозу, штапель, бальзамы и смолы, сосновую шерсть и камфару, спирт и уксусную кислоту, дубильные экстракты и т. д., а также пищевые продукты и витамины. Так, семена некоторых араукарий, кедра, сибирской сосны содержат до 79 % масла, близкого к прованскому и миндальному.

В медицинской промышленности хвойные служат исходным сырьём для получения не только витаминов, но и некоторых лекарственных препаратов. Многие виды хвойных используются в народной медицине

для лечения туберкулёза, дыхательных путей, нервных расстройств, болезней почек, мочевого пузыря, геморроя и глухоты.

Гнетовые (Gnetopsida)

Гнетовые часто называют также оболочкосемянными (*Chlamydospermatopsida*) из-за появления у них особого покрова вокруг микро- и мегаспорофиллов, напоминающего небольшой околоцветник. В древесине гнетовых имеются настоящие сосуды, а не только трахеиды, как у остальных голосеменных. Кроме того, у гнетовых наблюдается крайняя степень редукции женского и мужского гаметофитов, например, у некоторых полностью исчезают архегонии.

В настоящее время многие систематики считают, что гнетовые — это самостоятельный отдел, включающий три класса. Родственные отношения между порядками (классами)



Плоды эфедры двухколосковой (*Ephedra distachya*).



Эфедра кустарниковая произрастает на Кавказе.



ВЕЛЬВИЧИЯ УДИВИТЕЛЬНАЯ

В порядок вельвичиевых (*Welwitschiales*) входит единственное семейство, один род — вельвичия (*Welwitschia*) и только один вид — вельвичия удивительная (*W. mirabilis*), произрастающая в пустынях на юго-западе Африки, в частности в прибрежной пустыне Намиб, где единственным источником влаги являются туманы.

Что же в ней такого удивительного и поразительного? Начнём с того, что это реликтовое растение, да ещё и долгожитель. Некоторые учёные утверждают, что вельвичия может достигать возраста в тысячу или даже 2 тыс. лет.

Другая уникальная черта вельвичии — количество листьев. За всю долгую жизнь на стволе этого карликового дерева их вырастает всего два. Зато каких! Их длина достигает 2—4 м, и они всю жизнь продолжают расти своим основанием (вставочный рост). Правда, со временем концы листьев распадаются на узкие лентообразные пряди, из-за чего кажется, что листьев больше.

Ствол вельвичии может быть до высотой 50 см, а вот толщина его порой бывает в два раза больше

высоты. Большая часть ствола, как правило, скрыта под землёй, поэтому можно подумать, что это травянистое растение — над землёй возвышаются только листья и шишки.

Вельвичия — двудомное растение. Мужские шишки собраны группами на верхушках дихотомических разветвлений общей оси, выходящей из пазухи листа. В пазухах чешуйчатых кроющих листьев шишек находятся собрания микроспорофиллов, окружённых четырьмя чешуйками. Шесть спорофиллов основаниями нитей срастаются в короткую трубку, а в центре этого собрания находится недоразвитая семязпочка.

Женские шишки также собраны группами на общей оси, выходящей из пазухи листьев. В пазухах чешуек, сидящих на оси шишек, находятся семязпочки, окружённые двумя сросшимися чешуйками с крыловидными выростами на спинках. Именно эти листочки считаются «околоцветником» или «наружным интегументом». Внутренний интегумент вытянут в длинную микропилярную трубку. Микроспоры засасываются в трубку вследствие усыхания сахаристой жидкости. Архегониев у женского заростка не образуется. Вельвичия размножается семенами и зацветает через 3—12 лет после прорастания.

Вельвичия — ярко выраженный ксерофит, растущий в безводных каменистых приокеанических пустынях. Влага поглощается через многочисленные устьица на обеих сторонах листа (22 200 устьиц на 1 см²), которые открываются во время тумана и закрываются при его рассеивании.

Иногда вельвичию разводят в оранжереях. Это редкое реликтовое растение, безусловно, нуждается в охране.



гнетовых до сих пор не совсем ясны. В последнее время их происхождение связывают (в частности, А. Л. Тахтаджян) с вымершими беннеттитовыми, имевшими обоеполюе стробилы. Но, в отличие от тех же беннеттитовых, в ископаемом состоянии гнетовые неизвестны. Все представители гнетовых весьма своеобразны по строению и распространению.

Порядок эфедровые (*Ephedrales*) представлен одним родом — эфедра, или хвойник (*Ephedra*), объединяющим около 40 видов ксерофильных растений. Это обитатели степей и пустынь Евразии, районов Средиземноморья, Северной и Южной Америки. На юго-востоке европейской части России, Черноморском побережье, в Сибири и Средней Азии встречается эфедра двуколосковая, или Кузьмичёва трава (*E. distachia*).



По внешнему облику эфедры напоминает хвощи и австралийские казуариновые. Некоторые виды достигают высоты 5—8 м, но большинство имеют небольшие размеры и сильно кустятся. Ветви эфедры прутьевидные, сизо-зелёные, а листья редуцированы: они мелкие, чешуевидные и расположены на стебле мутовками или супротивно.

Эфедра — двудомное растение. На мужских экземплярах в узлах тонких ветвей сидят по 2—4 мужские шишечки. На женских особях в пазухах верхних листьев образуются женские шишки, окружённые снизу бесплодными чешуевидными листьями. Ось шишки заканчивается всего одним мегаспорангием — семязачатком, одетой двумя покровами. Наружный покров некоторые принимают за околоцветник. После оплодотворения развивается зародыш с двумя семядолями. Семя эфедры защищено твёрдым интегументом и снаружи окружено сочным красным наружным покровом — преобразованным «околоцветником». Эфедра издавна известна как лекарственное растение, содержащее в веточках алкалоид эфедрин, используемый при изготовлении многочисленных лекарств от насморка и простуды.



Порядок гнетовые (*Gnetales*) представлен всего одним семейством и одним родом гнетум (*Gnetum*), виды которого распространены в тропических влажных лесах Восточной Азии, Южной Америки и в Африке. Два вида гнетума — это небольшие деревья (*G. gnemon*, *G. castatum*), остальные виды (около 40) — лианы.

Листья у гнетума супротивные, широкие, кожистые с сетчатым жилкованием, напоминающие листья двудольных растений.

Мужские и женские шишки имеют форму серёжек, на оси которых мутовками расположены микроспорофиллы с микроспорангиями и семязачатки, окружённые «околоцветниками». Женский гаметофит (заросток) сильно редуцирован, на нём отсутствуют архегонии, зато внутри заростка, в верхней его части, сразу несколько клеток могут стать яйцеклетками и способны к оплодотворению. Зародыш гнетума имеет две семядоли и первичный корешок. Семя окружено сочным «околоцветником», а интегумент становится очень твёрдым. Семена гнетума съедобны, в пищу используют также его молодые листья.

Эфедра невадская, или мормонский чай (*Ephedra nevadensis*, или *Ephedra trifurca*) — кустарник из рода Эфедра.

Гнетум гнемон (*Gnetum gnemon*) — прямостоящее дерево 10—15 м высотой и со стволом до 40 см в диаметре.



ПОКРЫТОСЕМЕННЫЕ, ИЛИ ЦВЕТКОВЫЕ, РАСТЕНИЯ (ANGIOSPERMAE, ИЛИ MAGNOLIOPHYTA)

САМЫЕ РАЗНООБРАЗНЫЕ И МНОГОЧИСЛЕННЫЕ

Семена яблони
развиваются
внутри плода.



Среди высших растений покрытосеменные, или цветковые, занимают особое положение. Это наиболее молодая и в то же время высокоразвитая группа растений с самыми совершенными органами размножения. У всех покрытосеменных есть цветок — особый репродуктивный орган, а семена защищены сросшимися плодолистиками и развиваются внутри плода. Эти растения — один из самых значительных феноменов эволюции органической жизни на планете. В чём же заключается секрет этих растений?

Покрытосеменные — самый обширный отдел растений. Он включает около 600 семейств, 13 тыс. родов и более 250 тыс. видов. Цветковые растения выработали множество жизненных форм: они могут быть деревьями, высокими или низ-

кими кустарниками, лианами, однолетними и многолетними травами с разнообразным ветвлением и подземными органами в виде корней, корневищ, клубней и луковиц. Высота покрытосеменных варьирует от крошечной (меньше 0,5 мм) у некоторых орхидей до 115 м у секвой и эвкалиптов. Очень длинные стебли имеют некоторые лианы. По продолжительности жизни цветковые могут быть однолетниками, двулетниками и многолетниками, а некоторые живут тысячи лет.

Цветковые растения можно встретить в разных природных зонах от арктических тундр до пустынь и высокогорий. Их можно встретить на лугах и в степях, на болотах и в лесах, высоко в горах и пустынях, на суше и в водоёмах, на островах и в морях. Они способны синтезировать большое количество органических веществ: алкалоидов, глюкозидов, эфирных



масел и других продуктов обмена. Человек научился использовать все части цветковых растений: плоды, семена, корни, стебли и стволы.

Судя по ископаемым находкам, покрытосеменные растения появились в раннем мелу (около 140 млн лет назад), оттеснив высшие споровые и голосеменные, а преобладающими в наземном растительном покрове они стали к середине мелового периода. Стремительное развитие цветковых было вызвано резкими изменениями климатических условий на Земле, и прежде всего увеличением освещённости и уменьшением влажности воздуха. Они лучше других групп растений приспособлены к разнообразным условиям среды. Способность к адаптациям (приспособлениям) у покрытосеменных, надёжная защита семян и семени позволили им быстро распространиться и сменить ранее господствовавшие группы высших споровых растений.

Родиной первых цветковых является скорее всего Юго-Восточная Азия, где даже в современной тропической флоре сохранились их примитивные формы, например дегенерия фиджийская с незамкнутым пестиком. Предки покрытосеменных пока не известны, но предполагают, что это были вымершие представители древних голосеменных растений. Вероятнее всего,



это были древесные растения, а позже в процессе эволюции появились кустарниковые и травянистые жизненные формы, вначале многолетние, а затем и однолетние. Травянистые растения лучше приспособлены для освоения новых экологических ниш и проникают буквально «в каждую щель», в том числе в области и зоны с неблагоприятными, иногда очень суровыми условиями обитания.

Значительное число видов цветковых растений сосредоточено в тропических широтах (около 120 тыс. видов); в субтропических, умеренных и холодных широтах их не менее 22 тыс. видов.

Покрытосеменные растения выработали множество жизненных форм.

Цветковые растения широко распространены во всех природных зонах Земли.



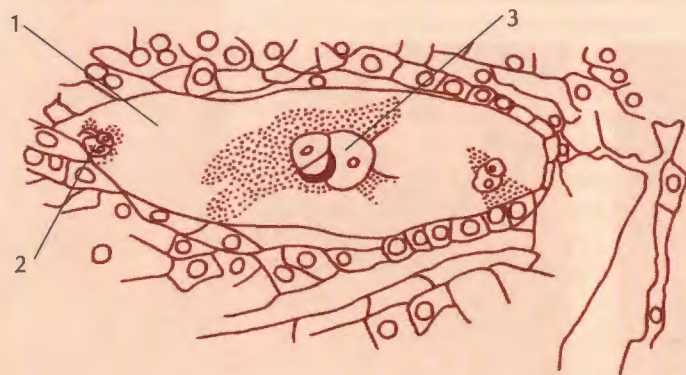


Размножение покрытосеменных растений

► Схема строения цветков граната из атласа-справочника лекарственных растений Кёлера. Германия. XIX в.



СХЕМА ДВОЙНОГО
ОПЛОДОТВОРЕНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА



1 — зародышевый мешок; 2 — яйцеклетка (после её слияния с первым спермием формируется зигота); 3 — двойное ядро (после его слияния со вторым спермием формируется эндосперм).

Одним из главных отличительных признаков покрытосеменных является наличие у них особого репродуктивного органа — цветка, где образуются споры (спорогенез) и гаметофиты, а также происходит оплодотворение, образование и развитие зародыша и семени.

Цветок — укороченный генеративный побег, предназначенный для осуществления полового процесса, в котором женские спороносные листья (мegasпорофиллы) превращены в плодолистики, а мужские (микроspорофиллы) — в тычинки. Цветковые относятся к разнospоровым растениям, т. е. микроspоры (n) у них формируются в микроspорангиях — гнездах пыльников тычинок, а мегаспоры (n) в мегаспорангиях — семязпочках, расположенных на плодолистиках, образующих пестик. Женские гаметофиты, образующиеся при прорастании единственной мегаспоры, микроскопичны и не могут развиваться вне её



пределов. В связи с микроскопичностью и предельным упрощением строения гаметофиты полностью утратили гаметангии: архегонии и антеридии, имевшиеся у высших споровых и большинства голоcеменных растений.

В результате сложного процесса развития в микроspорах формируются мужские гаметы — спермии (n), а в мегаспоре, прорастающей в женский гаметофит — зародышевый мешок — яйцеклетка (n). Характерной особенностью цветковых растений является наличие у них двойного оплодотворения. Этот уникальный процесс был открыт в 1898 г. у лилейных русским ботаником С. Г. Навашиным. При двойном оплодотворении один из спермиев, продвигающийся по пыльцевой трубке к женскому гаметофиту, сливается с яйцеклеткой, образуя зиготу ($2n$), а другой сливается с вторичным диплоидным ядром зародышевого мешка.

Из зиготы начинает формироваться зародыш, а из вторичного ядра особая триплоидная ($3n$) питательная ткань — эндосперм, богатый запасным крахмалом и растительными белками. Покровы



семязачатка — интегументы — после оплодотворения становятся кожурой семени. Таким образом, семя состоит из зародыша, питательных веществ и окружающей их семенной кожуры.

От других высших споровых растений цветковые отличаются не только наличием семени, но и тем, что их семяпочки заключены в замкнутую полость завязи, образованную одним или несколькими сросшимися пло-

долистиками (мегаспорофиллами). После оплодотворения завязь превращается в околоплодник, защищающий семена. Итак, цветковые имеют особый важный для распространения растений орган — плод, в котором заключены семена. Плоды могут быть самыми разнообразными: сухими и сочными, вскрывающимися и невскрывающимися, одно- и многосемянными.

СИСТЕМА ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ

В древности для классификации растений использовали примитивные утилитарные системы, разделяя известные в то время виды на группы по принципу полезности для человека: экзотические, душистые, строительные, пищевые, лекарственные и пр. Венцом искусственных систем стала система Карла Линнея, разделившего в 1735 г. все растения на группы по характеру их тычиночного аппарата (андроцея).

Позже появились естественные системы, в которых растения объединяли в семейства по комплексу важных признаков. Например, в 1789 г. французский ботаник Антуан Жюссье предложил учитывать при классификации характер строения цветка и создал классификацию, расположив семейства в виде восходящего ряда от простых к более высокоорганизованным таксонам. Только после выхода в свет в 1859 г. книги Чарлза Дарвина «Происхождение видов путём естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» сходство видов начали объяснять их родством, а системы стали филогенетическими, или эволюционными, когда связи разных групп растений и их положение показано в виде так называемого генеалогического, или эволюционного, дерева, которое является визуальным представлением классификации живых организмов.

В основу флор и гербариев многих стран мира положена система немецкого ботаника А. Энглера, в которой к наиболее примитивным цветковым относят семейства с невзрачными ветроопыляемыми цветками (казуариновые, перечные, группа серёжкоцветных). В новейших филогенетических построениях (1980, 1997 гг.) крупнейшего отечественного ботаника А. Л. Тахтаджяна наиболее примитивными считают-

ся семейства с хорошо развитыми, многочисленными, раздельнолепестными энтомофильными цветками (магнолиевые, лютиковые, кувшинковые).

Главным основанием для современной системы покрытосеменных, предложенной в 1998 г. К. Бремером, М. В. Чейзом и Р. А. Стивенсом, являются результаты анализа ДНК. Это позволило выделить филогенетические группы цветковых, имеющих общее происхождение. В основании эволюционного дерева эти учёные ставят несколько наиболее примитивных семейств магнолиевых (*Magnoliidae*). Анализ их молекулярных особенностей позволил детально выяснить родственные отношения этих первых цветковых растений. В качестве исходной группы рассматривают монотипическое семейство амборелловых (*Amborellaceae*), представленное только одним новокаледонским видом — *Amborella trichopoda*. Наиболее близки им болотниковые (*Callitrichaceae*) и водноболотные нимфейные (*Nymphaeales*).



Рисунок женьшеня (*Panax*) — многолетнего травянистого растения из атласа Диоскорида. I в.



►
Различие дву-
дольных (слева)
и однодольных
(справа) растений.



Соплодие
магнолии —
шишка.

Цветение, оплодотворение, образование плодов и семян управляются сложнейшими биохимическими и физиологическими процессами в клетках и тканях растений. Помимо этого для успешного образования семян необходимо участие в опылении ветра, разнообразных насекомых, птиц (особенно колибри) и даже некоторых млекопитающих. Широкое распространение именно перекрёстного опыления говорит о его эволюционном преимуществе: оно обеспечивает широкий обмен генетическим материалом в популяциях видов.

Размножение у покрытосеменных растений может быть не только генеративным (с помощью семян). Гораздо чаще и успешнее многие растения размножаются вегетативно, для чего у них имеется масса приспособлений (см. главу «Корень»).

Отдел покрытосеменные во всех системах делится всего на два крупных класса: двудольные (*Dicotyledones* или *Magnoliopsida*) и однодольные (*Monocotyledones*, или *Liliopsida*).

Энтомофильными называются растения, опыляемые насекомыми. У таких растений околоцветник обычно крупный и яркий, цветение нередко довольно продолжительное, есть специальные приспособления для привлечения насекомых, пыльца в основном липкая, легко пристающая к телу насекомых, рыльце тоже липкое, не перистое.



Семейство
магнолиевые —
одно из древ-
нейших.



Считается, что однодольные (а они составляют 22 % всех цветковых) появились позже, их ископаемые остатки датируются возрастом около 90 млн лет.

Класс двудольные (*Dicotyledones*)

По числу порядков, семейств и видов (около 190 тыс. видов) двудольные превосходят однодольные. Растения этого класса отличаются, прежде всего, строением зародыша, состоящего из двух семядоль, между которыми находится зародышевый стебелёк, часто уже с зародышевыми листьями и зародышевым корнем. Листья двудольных обычно с перисто-сетчатым или пальчатым жилкованием. Главный корень образуется из корешка зародыша. Двудольные имеют круговое пучковое или сплошное кольцевое расположение проводящих тканей с камбием,



обеспечивающим нарастание стебля и толщину.

А. Л. Тахтаджян предложил использовать для классификации двудольных комплекс признаков и выделил среди них восемь подклассов: магнолиевые (*Magnoliidae*), лютиковые (*Ranunculidae*), гамамелисовые (*Hamamelidae*), гвоздичные (*Caryophyllidae*), диллениевые (*Dilleniidae*), розовые (*Rosidae*), губоцветные (*Lamiidae*) и астровые (*Asteridae*).

Подкласс магнолиевые (*Magnoliidae*)

У истоков эволюционного древа стоит довольно крупный (около 10 000 видов) подкласс магнолиевые, куда входят такие порядки, как лавровые, перечные, нимфейные, анноновые и сами магнолиевые. Современные магнолиевые — остатки некогда весьма обширной и процветавшей группы примитивных цветковых растений, которые, вероятно, дали начало всем остальным эволюционным ветвям покрытосеменных.

Порядок магнолиевые (*Magnoliales*) объединяет семейства, обладающие многими примитивными признаками: их листья не имеют прилистников, а плодолистки свободны и не срастаются.

Исходной группой для цветковых были, вероятно, растения из семейства амборелловых (*Amborellaceae*). Амборелла — это двудомный вечнозелёный безсосудистый кустарник с очень мелкими цветками, спиральным расположением частей цветка и простым околоцветником. В мужских цветках амбореллы содержится 10—14 тычинок, а в женских — несколько свободных плодолистиков, из которых развиваются костянки.

Одно из самых необычных семейств — дегенериевые (*Degeneriaceae*) включает единственный вид — дегенерию фиджийскую, произрастающую на тихоокеанских ост-

ровах Фиджи. Этот уникальный вид является одним из примитивнейших среди покрытосеменных, так как его пестик имеет незамкнутую завязь, пыльца улавливается краевыми частями плодолистика, а тычинки похожи на ленточки.

Древнейшим является и само семейство магнолиевые (*Magnoliaceae*), которое включает свыше 200 видов тропических и субтропических древесных и кустарниковых растений, часто вечнозелёных. На удлинённом цветоносе цветков магнолии по спирали располагаются многочисленные пестики, а после оплодотворения образуется соплодие в виде особой «шишки» с листовками на утолщённом цветоносе.

Род магнолия (*Magnolia*) (80 видов) широко распространён в Юго-Восточной Азии, особенно в Гималаях, и в Северной Америке. Североамериканская вечнозелёная магнолия крупноцветковая (*M. grandiflora*) давно известна в культуре как декоративное дерево с крупными белыми ароматными цветками. Североамериканский вид *Liriodendron tulipifera* — тюльпановое дерево выращивается в парках Европы.

Порядок лавровые (*Laurales*) насчитывает около 3 тыс. видов, обитающих в тропиках и субтропиках,



Ветка дегенерии — растения, которое признано ботанической сенсацией века за крайнюю архаичность и примитивность строения.

Дегенерия — род цветковых растений из семейства дегенериевых — стройное и сравнительно высокое дерево с трещиноватой корой и простыми, цельными, перистонервными, кожистыми листьями.





Белая
кувшинка.



Кубышка жёлтая
(*Nuphar lutea*) —
растение семейст-
ва кувшинко-
вых — часто
встречается
в водоёмах уме-
ренного клима-
тического пояса
Евразии.



особенно в горах Юго-Восточной Азии и Меланезии. Это древесные растения с кожистыми цельными листьями. Листья лавра благородного (*Laurus nobilis*) знает каждая хозяйка, так как их используют для улучшения вкуса многих блюд. Кора коричневых деревьев (*Cinnamomum zeylanicum* и *C. cassia*) — замечательная пряность, известная как корица. Высушенные незрелые плоды растущего в Индии кустарника — перца

чёрного (*Piper nigrum*) из порядка перечных (*Piperales*) являются незаменимой пряностью в кулинарии.

Семейство нимфейные, или кувшинковые (*Nymphaeaceae*), из порядка нимфейных (*Nymphaeales*) и семейство лotosовые (*Nelumbonaceae*) из порядка лotosовых (*Nelumbonales*) известны исключительно водными и водно-болотными растениями с плавающими и погружёнными листьями.

У белой кувшинки (*Nymphaea alba*) двойной околоцветник, в котором многочисленные снежно-белые лепестки расположены густой спиралью и постепенно переходят к центру в тычинки. Кувшинка — одно из самых красивых водных растений, часто её называют «водяная лилия». Подводные и плавающие листья кувшинки сильно различаются по форме, размерам и анатомическому строению. Толстое, длинное корневище с рубцами от опавших листьев наполнено крахмалом. А у виктории амазонской (*Victoria amazonica*) из Южной Америки плавающие листья с крупными выдающимися жилками достигают 2 м в поперечнике. На таком листе может даже «поплавать» ребёнок.

Большинство лotosовых — растения тропических и субтропических водоёмов. Многие виды семейства очень декоративны. Плоды лotosа (*Nelumbo*) находятся в углублениях



Цветок лotosа.

ЛОТОС — СВЯЩЕННОЕ РАСТЕНИЕ

В странах Юго-Восточной Азии на протяжении веков приверженцы разных религий почитают лотос как священное растение. Он занимает важнейшее место в преданиях и религиозных обрядах, о нём упоминают древние рукописи, элементы в виде цветов лotosа часто можно встретить в архитектурных сооружениях, его воспевали живописцы и поэты. Древние индусы представляли нашу Землю как гигантский лотос, распутившийся на поверхности вод. Рай часто изображали как прекрасное озеро, поросшее огромными розовыми лotosами, где покоятся праведные души. Лотос в Индии — символ моральной чистоты. В Индии, Китае, Японии и других странах Юго-Восточной Азии лотос издавна используют в пищу и специально выращивают его как овощ. Богатые крахмалом корневища едят в сыром, варёном, жареном виде, а в Северном Китае их маринуют на зиму.



расширенного цветоложа, которое после развития семян превращается в особый сложный плод — «погремушку». Среди наиболее привлекательных выделяется теплолюбивый лотос индийский, или орехоносный (*Nelumbo nucifera*), широко распространённый в культуре с давних времён. Лотос встречается на юге Дальнего Востока и в дельте Волги.

Подкласс лютиковые (*Ranunculidae*)

Подкласс лютиковые довольно близок к магнолиевым, но здесь преобладают не древесные, а травянистые растения со сложной проводящей сосудистой системой. Подкласс объединяет 13 семейств и около 4 тыс. видов. Наиболее крупные порядки подкласса — лютиковые и маковые.

В порядок лютиковых (*Ranales*) входят такие известные семейства, как барбарисовые, пионовые и лютиковые.

Семейство лютиковых (*Ranunculaceae*) является наиболее крупным в порядке и включает около 60 родов и свыше 2 тыс. видов травянистых корневищных растений с простыми очерёдными листьями без прилистников. В этом большом семействе выделяют два подсемейства по строению плода: у подсемейства ветреницевых плод — односемянный орешек, как, например, у ветреницы (*Anemone*), ломоноса

(*Clematis*), горицвета (фото), сон-травы (*Pulsatilla*). В подсемействе зимовниковых плод — листовка, внутри которой находится несколько семян. К ним относится большое число родов лютиковых: например, купальница, живокость, калужница.

Цветки лютиковых имеют различное строение. Так, у ветреницы и горицвета простой околоцветник состоит из нескольких листочков, расположенных по спирали, а в центре цветка также по спирали расположены многочисленные тычинки и пестики. Плодики ветреницы, сон-травы и ломоноса снабжены волосками на удлинённом столбике, что помогает им распространяться с помощью ветра.

По пять листочков чашечки и лепестков венчика имеют представители крупного рода лютик (*Ranunculus*). Лютики растут на лугах, в горах доходят до ледников, некоторые лютики — водные растения. Лепестки водосбора (*Aquilegia*) в нижней части вытянуты в шпор-

◀ Анемона японская, или ветреница, — многолетнее растение с мощным корневищем и прямостоячим опушённым стеблем.



Лютик едкий (*Ranunculus acris*) — один из видов рода лютик семейства лютиковых, в народе его называют «куринная слепота». Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.



Прострел, или сон-трава, — род многолетних растений семейства лютиковых.



Аквилегия-водосбор.

Купальница.



цы; зигоморфный цветок со шлемовидным выростом имеет борец, или аконит (*Aconitum*). Живокость (*Delphinium*) отличается невероятной красотой соцветия из цветков с крупными шпорцами и воронковидными нектарниками или лепестковидными стаминодиями — видоизменёнными тычинками, потерявшими способность формировать пыльники с пыльцой.

Голарктическая область с умеренным и прохладным климатом наиболее богата родами и видами лютиковых, многие из которых (в том числе лютик, воронец и борец) содержат



Род пион представлен в основном корневищными травами.



разнообразные ядовитые вещества. Аконит, горицвет, виды живокости благодаря наличию ценных алкалоидов и гликозидов широко используются в медицине. Среди лютиковых много декоративных растений.

К семейству пионовых (*Paeoniaceae*) относится широко известный своей красотой род пион (*Paeonia*). Дикорастущие пионы встречаются в степях (пион марьин корень, пион тонколистный), в горных лесах Крыма, Кавказа, Алтая и Дальнего Востока. Пион молочноцветковый — родоначальник большинства садовых сортов. Хорошо известны красивейшие кустарниковые пионы, называемые часто древовидными.

В порядке маковых (*Papaverales*) наиболее крупное — семейство маковых (*Papaveraceae*), которое включает около 250 видов преимущественно травянистых растений с млечным соком, распространённых от субтропических до тундровых областей Северного полушария.

Маковые по строению цветка близки к лютиковым. Цветки мака (*Papaver*) симметричные, многокрупные, в них очень много тычинок, а пестик один с дисковидным звёздчатым рыльцем. Плод мака — коробочка наполнена множеством семян с маслянистым эндоспермом. Мак самосейка (*P. rhoeas*) и снотвор-



ный мак (*P. somniferum*) известны в культуре уже более 3 тыс. лет. Мелкие многочисленные семена снотворного мака содержат до 50 % жира. Из недозрелых коробочек мака выделяется обильный млечный сок, содержащий алкалоиды (морфий, кодеин, папаверин и др.), которые используют при производстве лекарств.

В природе маки обильно растут в южных эфемеровых пустынях (*P. pavoninum*), в степях (*P. racteatum*, *P. rhoeas*), в тундровых и высокогорных областях (*P. roseum*, *P. nudicaule*). Как декоративные растения разводят многолетний мак восточный (*P. orientale*) и мак альпийский (*P. alpinum*).

Плод лекарственного растения чистотела (*Chelidonium*) — стручковидная коробочка, а его млечный сок окрашен в ярко-оранжевый цвет. Виды рода мачок (*Glaucium*) встречаются в степной зоне и на морских побережьях.

У растений семейства дымяноквых (*Fumarioideae*) цветки зигоморфные, с характерным длинным выростом — шпорцем. К дымянковым относится род хохлатка (*Corydalis*) — ранневесенние, клубненосные растения уме-



Цветки мака.

ренной зоны. У рода дицентра, или «разбитое сердце», (*Dicentra*) цветок действительно похож на разбитое розовое сердечко.

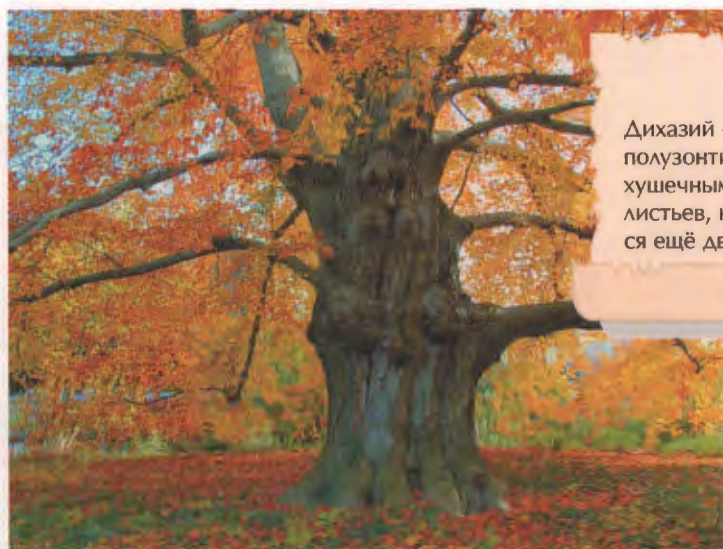
Подкласс гамамелисовые (*Hamamelidae*)

Подкласс гамамелисовые — очень древняя группа цветковых растений, по своему происхождению близкая к магнолиевым. В ней ещё сохранились бессосудистые формы, а плодолистики в ряде случаев остаются свободными. Почти все представители подкласса — древесные ветроопыляемые растения с редуцированными цветками, часто собранными в серёжковидные соцветия.

Ископаемые остатки растений из порядка буковых (*Fagales*) найдены в меловых отложениях, а их расцвет приходится на третичный период (от 1,8 млн лет назад и более). В порядок входят анемофильные (ветроопыляемые) деревья и кустарники с очерёдными простыми листьями. Цветки буковых невзрачные, мелкие, без околоцветника или с простым

Схема строения цветка и плода мака. Рисунок из атласа-справочника лекарственных растений Кёлера. Германия. XIX в.





Бук лесной, или европейский (*Fagus sylvatica*), — дерево с яйцевидной или цилиндрической кроной и колонновидным стволом, достигающее в высоту 50 м.

слаборазвитым околоцветником, обычно однополые, собраны в сложные серёжковидные соцветия, состоящие из дихазиев.

Виды семейства буковых (*Fagaceae*) (около 900) распространены главным образом в умеренном поясе Северного полушария.

Род дуб (*Quercus*) объединяет около 450 видов, многие из которых крупные жестколистные деревья с ценной и прочной древесиной, цветущие, когда



Дихазий — особое соцветие в виде укороченного полузонтика: главная ось заканчивается одним верхушечным цветком, а из пазух двух супротивных листьев, находящихся под этим цветком, развиваются ещё две боковые ветви со своими цветками.

распускаются листья. Мужские цветки дуба собраны в редкоцветковые серёжки. Плод дуба — орех, который обычно называют «жёлудь», в основании одет чашевидной плюской, бугорчатой с наружной стороны, а массивные семени его зародыша наполнены крахмалом. Дуб черешчатый (*Q. robur*) — главнейшая лесообразующая порода широколиственных и хвойно-широколиственных восточно-европейских лесов. В горных лесах Западной Европы, на Кавказе и Крыму распространены дуб скальный (*Q. petraea*) и пушистый (*Q. pubescens*), на Дальнем Востоке обычны дуб монгольский (*Q. mongolica*) и зубчатый (*Q. dentata*), богата дубами Северная Америка и Юго-Восточная Азия.

ДУБ — СВЯЩЕННОЕ ДЕРЕВО

У многих народов существовал культ дуба, считавшегося священным деревом, жилищем богов, небесными вратами, через которые божество может появиться перед людьми. Дуб олицетворял силу, мужество, выносливость, долголетие, плодородие, благородство, верность. Это дерево было посвящено верховным богам-громовержцам: в Греции — Зевсу, в Древнем Риме — Юпитеру. Дуб символически связывали с огнём и молнией, считая, что «великий бог неба», чей ужасный голос слышится в раскатах грома, возлюбил дуб превыше остальных деревьев и часто в виде молнии нисходил на него с грозового облака, оставляя на память о своём визите расщеплённый, обугленный ствол и сожжённую листву. Дубовые рощи были местом совершения обрядов, важнейших ритуалов (жертвоприношения, суд, клятва), в них устраивали праздники. Венки из дубовых листьев означали силу, мощь и достоинство.

Дуб скальный, или сидячецветковый. Рисунок из атласа-справочника лекарственных растений Ф. Кёлера. Германия. XIX в.





Пробковый дуб (*Q. suber*), растущий в странах Западного Средиземноморья, и американский крупноплодный дуб (*Q. macrocarpa*) выращивают для получения пробки.

В Южной и Центральной Европе, на Кавказе распространён каштан (*Castanea sativa*). Крупные орехи каштана заключены в массивную плюску с шиповатыми выростами, раскрывающуюся 2–4 створками.

Род бук (*Fagus*) представлен крупными листопадными деревьями. Плюска бука в виде жёсткой шиповатой коробочки раскрывается четырьмя створками. Широколиственные леса Европы образует бук европейский (*F. sylvatica*), на Кавказе — бук восточный (*F. orientalis*), в Японии распространён бук городчатый (*F. crenata*), в приатлантических штатах Северной Америки — бук крупнолистный (*F. grandifolia*).

Порядок берёзовые (*Betulales*) содержит около 150 видов, распространённых во внетропических странах. Соцветия (дихазии) разных представителей берёзовых различаются числом цветков, их величиной и формой, характером срастания чешуй или их редукцией.



Серёжки берёзы.



Листья и плоды бука.



У ольхи (*Alnus*) мужские дихазии собраны в серёжки, а женские соцветия имеют вид шишечек, чешуй которых срастаются и древеснеют ко времени созревания семян и плодов (орешки). После рассеивания плодов такая бурая шишка долго сохраняется на растении. В России наиболее известны ольха серая (*A. incana*), растущая во влажных таёжных и смешанных лесах, и ольха чёрная, или клейкая (*A. glutinosa*), характерная для заболоченных местообитаний с богатыми почвами и пойменных

Берёзовая роща.





Лещина обыкновенная. Рисунок из атласа-справочника Кёлера по лекарственным растениям. XIX в.

Плоды лещины.



лесов. Кустарниковая ольха (*Alnaster fruticosa*) встречается к востоку от Енисея в лесотундре, в горных лиственных лесах и стланиках.

Мужские и женские серёжки берёзы (*Betula*) собраны из мелких соцветий — трёхцветных дихазиев. Род

берёза насчитывает около 50 видов, объединённых в четыре секции. Секция *Albae* (белые) представлена крупными деревьями с цельными листьями. Сюда входят берёза бородавчатая, или повислая (*B. pendula*), широко распространённая в лесах и лесостепях Евразии, а также более влаголюбивая берёза белая, или пушистая (*B. alba*), и дальневосточная берёза плосколистная (*B. platyphylla*).

Секция *Costatae* (ребристые) включает более древние виды с крупными зубчатыми листьями и лохматыми почками. Это берёза ребристая (*B. costata*) с Дальнего Востока, берёза Эрмана, или каменная (*B. ermani*), с Камчатки и североамериканские виды берёз (*B. lentha* и *B. lutea*).

Секция *Fruticosae* (кустарниковые) — невысокие кустарниковые берёзы с овальными зубчатыми листьями, образующие в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке заросли, называемые ерниками. В секцию входят берёзы: кустарниковая (*B. fruticosa*), Гмелина (*B. gmelini*), овальнолистная (*B. ovalifolia*), приземистая (*B. humilis*) — в Европейской части России, на Алтае и др.



Цветущий каштан (*Castanea sativa*) и его плод.





Плюска (cupula) — орган, окружающий весь плод или его основание. Это особое образование из сросшихся и видоизменённых верхушечных листьев или прицветников, которое встречается у дуба, граба, бука, каштана, лещины. По форме и размерам плюски разных родов и видов деревьев сильно различаются.



Плоды грецкого ореха.

Орехи кешью — плоды дерева индийский орех, принадлежащего семейству сумаховых. Орехи вкусны и питательны, из их скорлупы добывают масло-кажу, а разросшуюся плодоножку (яблоко-кажу) тоже употребляют в пищу.



Секция *Nana* (карликовые) представлена стланиковыми формами с мелкими округлыми листьями. Это тундровые и лесотундровые виды: берёза карликовая (*B. nana*), тощая (*B. exilis*), круглолистная (*B. rotundifolia*), растущая на Алтае, и др.

Род лещина (*Corylus*) насчитывает около 15 видов. Серёжки этого высокого кустарника представляют собой мужские одноцветковые дихази. Мужские цветки не имеют околоцветника и состоят лишь из четырёх расщеплённых тычинок. Женские цветки лещины, состоящие только из пестика, находятся внутри почки и во время цветения наружу у них выставляются малиново-красные рыльца. При созревании плодов сросшиеся прицветнички и кроющие листья образуют вокруг плода — ореха — своеобразную плюску.

Лещина обыкновенная, или орешник (*Corylus avellana*), образует подлесок в смешанных и широколиственных лесах Европы. Лещина древовидная, или медвежий орех (*C. colurna*), распространена на Кавказе и в Малой Азии, где культивируется около 20 сортов крупноплодного фундука. Лещина разнолистная (*C. heterophylla*) и манчжурская (*C. manschurica*) характерны для лиственных лесов Дальнего Востока.

У граба (*Carpinus*) в женских цветках развита особая односторонняя плюска, имеющая вид крупной трёхлопастной летучки. Виды рода граб (*C. betulus*, *C. orientalis*) распространены в Крыму, на Кавказе и в Западной Европе, где он является важной лесообразующей породой и отличается теневыносливостью и прочной древесиной. На Дальнем Востоке в лесах растёт граб городчатый (*C. crenata*).

Растения из порядка ореховых (*Juglandales*) известны с конца мелового периода (145 — 65 млн

ОРЕХИ

Орехом обычно называют плод древесных и кустарниковых растений с ядром и твёрдой скорлупой. В ботанике орехами (орешками) именуют сухие односемянные невскрывающиеся плоды с деревянистым околоплодником, внутри которого развивается одно семя, например лесной орех, или фундук. В кулинарии и быту орехами считают любые съедобные плоды, состоящие из скорлупы (твёрдой или мягкой) и съедобного ядра, а в сельском хозяйстве растения с такими плодами называют орехоплодными культурами, к которому относят, например, не только фундук, но и грецкий орех, кедровый орех (кедровая сосна), кокосовый орех, каштан и др. Кроме них широко известны вкусные орешки миндаль, кешью, фисташка и арахис, содержащие большое количество питательных веществ — белков, углеводов и масел.



► Цветок смолёвки с венчиком и вздутой чашечкой.



Смолёвка (*Silene dioica*) — цветковое растение из семейства гвоздичных.

Гвоздика борода-
тая, или турецкая.



лет назад). Ископаемых форм у них больше, чем современных. Само семейство ореховые (*Juglandaceae*) в настоящее время содержит семь родов и около 60 видов. Сюда входят однодомные древесные растения с очерёдными перисто-сложными листьями. Мужские цветки собраны в длинные колосовидные повислые соцветия или сложные серёжки, а женские — в головчатые соцветия. У ореха толстая сочная зелёного цвета оболочка покрывает твёрдую двустворчатую скорлупу, семена не имеют эндосперма, а морщинистые семядоли зародыша содержат масло.

Грецкий орех (*Juglans regia*) в диком виде произрастает от Восточного Средиземноморья до Гималаев и высоко ценится как масличная культура и плодородное дерево. На Дальнем Востоке в хвойно-широколиственных лесах растёт орех манчжурский (*J. manschurica*), а в Северной Америке — орех чёрный (*J. nigra*).

Подкласс гвоздичные (*Caryophyllidae*)

В подкласс гвоздичных входят три порядка, около 20 семейств и примерно 11,5 тыс. видов. Среди них преобладают травы и полукустарники.



У большинства из них гинецей образован сросшимися плодолистиками. Многие растения подкласса приспособлены к жизни в засушливых условиях пустынь, встречаются в высокогорьях и на северных островах.

Порядок гвоздичные (*Caryophyllales*) объединяет большое число родственных семейств (гвоздичные, кактусовые, маревые и др.). Сюда входят подушковидные, розеточные, травянистые растения с простыми листьями, есть стеблевые и листовые суккуленты, редко кустарники и небольшие деревца.

Семейство гвоздичные (*Caryophyllaceae*) включает около 80 родов и более 2 тыс. видов. Оно объединяет травянистые растения, иногда полукустарники и кустарники с простыми цельными супротивными листьями. Цветки гвоздичных правильные, энтомофильные, часто собраны в соцветия. Чашелистики свободны или срастаются в трубку, а лепестки на верхушке могут быть выемчатые или глубокодвураздельные. Гинецей образован двумя, тремя или пятью сросшимися плодолистиками с верх-



ней одногнездной завязью, многочисленные семяпочки сидят на центральном семязносе. Плоды — коробочки или ягодообразные.

Наиболее разнообразные гвоздичные встречаются в Средиземноморье, степных районах Азии, аридных районах Америки, Австралии, Африки. Подсемейство алсиновые (*Alsinoideae*) отличается раздельнолистной чашечкой и лепестками без ноготков. Виды родов звездчатка (*Stellaria holostea*, *S. nemorum*, *S. media*), песчанка (*Arenaria*), ясколка (*Cerastium*) и других широко распространены на лугах, в лесах и горах умеренных областей Евразии. Подсемейство паронихиевые (*Silenoideae*) объединяет гвоздичные со спайнолепестной, часто удлинённой чашечкой. Сюда входят многочисленные виды гвоздики (*Dianthus*) и смолёвки (*Silene*), а также дрёма (*Melandrium*), смолка (*Viscaria*) и многие другие, часто очень декоративные. К подсемей-

ству паронихиевых *Paronychioideae* относятся растения с мелкими цветками без венчиков или с венчиками, имеющими характерную плёчатую форму. По нашим дорогам, песчаным участкам растут дивала (*Scleranthus*) и грывжник (*Herniaria*) с распростёртыми стеблями, а в горах Крыма и Кавказа встречается паронихия *Paronychia*.

Особенно своеобразны некоторые гвоздичные (*Gypsophila*), образующие шаровидную форму «перекати-поле», когда в распространении семян участвует всё сложное соцветие. У некоторых гвоздичных из родов мыльнянка (*Saponaria*) и зорька (*Lychnis*) в подземных органах содержится большое количество мыльных веществ — сапонинов, поэтому их часто называют «мыльный корень».

В семейство кактусовых (*Cactaceae*) входят стеблевые и листовые суккулентные растения, часто имеющие многочисленные колючки.



Сочная мякоть плодов кактуса съедобна.

КАКТУСЫ

Красивейшие цветки разнообразных кактусов превращаются в ягодообразные плоды. Яркие и сочные, они долго держатся на растениях и часто придают им декоративность. Многие из них съедобны и совершенно безопасны. Однако в большинстве случаев плоды кактусов безвкусны или чуть-чуть кисловаты, зато их сочная мякоть часто обладает приятным ароматом.

Многие из культивируемых кактусов — цереусы, опунции, эхиноцереусы — стали настоящими фруктовыми растениями и даже получили особые названия, например «земляничный» или «конфетный» кактусы. Колючие плоды опунции довольно крупные (7–10 см), мясистые, сочные, по вкусу напоминающие грушу. Их называют «индейская смоква», «фиги индейцев» или «туна». Плоды опунции завезли когда-то из Мексики в Средиземноморье испанские моряки и теперь их используют в кулинарии разных стран. В последнее время эти фрукты наряду с другими экзотическими плодами появляются и в наших магазинах.



Опунция (*Opuntia*) — род растений семейства кактусовые. Своим названием опунция обязана греческому городу Опусу, где её можно повсеместно увидеть.



Марь — род однолетних, двулетних, редко многолетних трав, полукустарников, очень редко — кустарников и деревьев.



Свёкла корневая и листовая.



Кактусы характерны для засушливых областей тропической Америки. Их форма и размеры самые разнообразные, среди кактусов есть деревья, в том числе бочковидные и колонновидные, подушковидные и округлые типы, эпифиты с плоскими стеблями. Цветки кактусов могут быть как многочисленными, небольшими, так и крупными, одиночными, с большим числом лепестков и тычинок. Некоторые цветки держатся на растении несколько дней, другие открываются только на сутки, а цветки кактуса эхинопсис *Echinopsis* раскрыты только ночью и опыляются ночными бабочками.

Виды опунций (*Opuntia*) могут стать злостными сорняками сухих территорий. Характерный признак всех опунций — это собрания мелких, хрупких волосовидных колючек в виде пучков на стеблях. При малейшем прикосновении к опунциям их волоски легко обламываются и моментально крепко впиваются в кожу или одежду.

Семейство маревые (*Chenopodiaceae*) объединяет около 100 родов и 1,6 тыс. видов в основном травянистых растений или полукустарничков с простыми листьями без прилистников. У некоторых маревых наблюдаются редукция (уменьшение) листьев, вплоть до полного исчезновения, или срастание их с междоузлиями. Как правило, растения плотные, голые или опушённые, на листьях может быть «мучнистый» налёт.

Цветки этих растений невзрачные, часто без околоцветника, собраны в колосья или мелкие клубочки. Плоды обычно сухие с твёрдым или плёчатным околоплодником, односемянные, а чашечка разрастается в крыловидные или крючковые выросты. Иногда чашечка становится мясистой, и тогда плод похож на ягоду. Маревые определяют облик многих пустынь разных континентов. Некоторые из них не боятся засолё-

ных грунтов и являются галофитами: сарсазан (*Halocnemum*), солерос (*Salicornia*), солянка (*Salsola*), шведка (*Suaeda*) и др. Среди типичных пустынных ксерофитов нельзя не назвать верблюдку (*Coryspermum*), виды мари (*Chenopodium*), лебеды (*Atriplex*) и такие полукустарнички, как камфоросма (*Camphorosma*), биюргун или ежовник (*Anabasis*). На песчаных субстратах растут древесные саксаулы (*Haloxylon aphylla*, *H. persicum*), достигающие 4—5 м в высоту и до 50—70 см в диаметре, с тяжёлой прочной древесиной. Повсеместно распространены сорные виды лебеды и мари.

Из культурных маревых всем известна свёкла (*Beta vulgaris*), которую выращивают как корневую: столовую, кормовую и сахарную культуру, а также листовую (мангольд). Ценным овощным растением во всём мире считают шпинат (*Spinacia*) и салатные виды лебеды.

Порядок гречишные (*Polygonales*) включает семейство гречишных





(*Polygonaceae*). Виды семейства (более 1 тыс.) преобладают в Северном полушарии. Это в основном травы или кустарники с очередными листьями. Характерный их признак — срастание прилистников в плёчатую трубку — раструб, охватывающий стебель. Цветки гречишных имеют простой околоцветник и собраны в кистевидные соцветия.

У цветка гречихи (*Fagopyrum sagittatum*) в основании тычинок развиты нектарники, поэтому она является прекрасным медоносом. Тёмно-бронзовый гречишный мёд считается одним из самых душистых и полезных. Гречиху издавна разводят в культуре и хорошо знают в умеренных широтах. В гречневой крупе кроме железа есть калий, фосфор, йод, по содержанию жира она уступает лишь пшени и геркулесу, а по белку — только гороху.

Щавель (*Rumex*), многие виды которого являются сорными (*R. acetosella*, *R. confertus*), а некоторые съедобны (*R. acetosa*), имеет раздельнополые цветки. Видовое разнообразие рода ревень (*Rheum*) особенно широко в Центральной Азии. Из черешков крупных листьев, имеющих кисловатый вкус, издавна варили вкусные кисели и даже варенья.

Род горец (*Polygonum*) известен такими видами, как устойчивый к выгнанию спорыш (*P. aviculare*), горец змеинный, или раковые шейки (*P. bistorta*), характерный для влажных лугов, а также земноводный горец плавающий (*P. amphibium*).

ДЖУЗГУН — КУСТАРНИК ПЕСЧАНЫХ ПУСТЫНЬ

В песчаных пустынях растёт кустарник джюзгун, или кандым (*Calligonum*), с необычными плодами: они хорошо приспособлены к переносу ветром, и их не засыпает песком. Это многолетние сильно ветвистые кустарники с крылатыми или покрытыми многочисленными щетинками плодами. Джюзгуны определяют ландшафт многих районов пустынной зоны, выдерживая самые экстремальные условия. Их молодые ветви и плоды, имеющие приятный кисловатый вкус, как у щавеля, охотно поедают овцы и верблюды. Древесина джюзгунов плотная, тонет в воде и служит в условиях пустыни хорошим строительным материалом и топливом, идёт на различные поделки. Джюзгуны — отличные закрепители песков и используются при мелиорации.

Подкласс диллениевые (*Dilleniidae*)

Подкласс диллениевые включает почти 100 семейств и около 36 тыс. видов, представляя одну из центральных групп цветковых растений. У самых примитивных ещё сохранились общие черты с магнолиевыми, но большинство из них представляют собой высокоразвитые формы.

Одним из крупных порядков (более 3,5 тыс. видов) являются вересковые (*Ericales*). Это преимущественно вечнозелёные кустарники и кустарнички, реже — небольшие деревья и многолетние травы. Цветки у вересковых правильные, гинецей состоит из 4–5 сросшихся плодолистиков.

Учёные считают, что стероид, содержащийся в шпинате, ускоряет белковый синтез в мышцах.



Диллениа индийская — вечнозелёное дерево с раскидистой округлой кроной.



► Багульник болотный. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.

Семейство вересковые (*Ericaceae*) представлено деревьями, кустарниками и кустарничками, часто с вечнозелёными или зимующими ксероморфными листьями. Цветки со спайнолепестным бокальчатым венчиком, плод — коробочка, костянка или ягода. Вересковые широко распространены на бедных сухих или заболоченных почвах в тундре, тайге, горах, субтропических и тропических лесах. Жизнь на бедных почвах выработала у вересковых ряд приспособлений, одно из которых — симбиоз с грибами (корневые микоризы).

Для Северного полушария характерны виды крупного рода рододендрон (*Rhododendron*). В лесах Кавказа распространены вечнозелёный рододендрон понтийский (*R. ponticum*) и листопадный кустарник — рододендрон жёлтый (*R. luteum*), в высокогорных его районах растёт красивейший рододендрон кавказский (*R. caucasicum*). В лиственных лесах юга Восточной Сибири распространён рододендрон даурский (*R. daburicum*), веточки которого все хорошо знают как растение под названием «багульник». Основная часть видов рододендрона сосредото-

Багульник (*Ledum*) — род растений из семейства вересковых.



точена в горах Юго-Восточной Азии, наиболее известен очень красивый древовидный гималайский вид рододендрон древовидный (*R. arboreum*). Часть декоративных видов рододендрона из тёплых горных районов Азии садоводы называют азалиями и разводят в садах и оранжереях.

По болотам и заболоченным лесам с бедными почвами растут багульник (*Ledum palustre*) с зонтиками белых цветков, подбел (*Andromeda polifolia*) и болотный мирт (*Chamaedaphne calyculata*). Кустарничковые филлодоце голубое (*Phyllodoce coerulea*) и луазелерия (*Loiseleuria procumbens*) являются характерными аркто-альпийскими растениями Европы, Азии и Северной Америки.

Земляничник красный, или земляничное дерево (*Arbutus*), с оригинальной красной корой растёт на Южном берегу Крыма, американский земляничник (*A. unedo*) часто разводят как декоративное растение.

Род вереск (*Erica*) имеет огромный ареал: многие его виды энде-



мичны для Южной Африки, другие встречаются в её районах, а также в Средиземноморье и Западной Европе. Большая часть видов представлена небольшими кустарничками высотой от 20 до 100 см, а древовидный вереск (*E. arborea*), образующий вересковый пояс в горах Африки и в Гималаях, может достигать 15 — 20 м в высоту.

В Северной Европе по сухим борам и вересковым пустошам растёт другой вереск — *Calluna vulgaris*, отличный медонос с вечнозелёными мелкими чешуйчатыми листьями и не опадающими после формирования семян сиреневыми околоцветниками.

Небольшое семейство грушанковых (*Pyrolaceae*) включает травянистые растения таёжных лесов с плотными кожистыми листьями, у многих собранными в прикорневую розетку. У грушанки (*Pyrola*), растущей в тенистых таёжных лесах, семе-



на очень мелкие (миллионные доли грамма) и могут разноситься даже при малейшем дуновении.

Водяника, или шикша (*Empetrum nigrum*), из семейства водяниковых (*Empetraceae*), она же вороника, —

Вереск (*Calluna*) — небольшой кустарник с узкими чешуйчатыми четырехгранными листочками.

«ЯГОДНЫЙ И ЛЕКАРСТВЕННЫЙ» РОД

Род вакциниум (*Vaccinium*) включает до 350 видов, распространённых в умеренных и холодных областях Северного полушария и в горных районах вплоть до тропиков. Многие его представители являются ценными ягодными и лекарственными растениями: черника (*V. myrtillus*), брусника (*V. vitis-idaea*), голубика (*V. uliginosum*) и клюква (*Oxycoccus palustris*).

Родовое название клюквы происходит от греческих слов *oxys* — острый, *kissos* — шаровидный, т. е. дословно «кислый шарик». Если добавить видовое название, то получится «болотный кислый шарик». О пользе клюквы на Руси знали издавна: её сок считается хорошим средством от цинги и кашля, улучшает работу желудка и кишечника. Напитки из клюквы обладают жаропонижающим действием и хорошо утоляют жажду, поэтому их применяют при гриппе, простуде и высокой температуре.

Собирают ягоды на верховых сфагновых болотах осенью или даже ранней весной из-под снега, хра-

нут в замороженном виде. Клюкву часто называют болотным виноградом, однако по числу ценных органических соединений она превосходит виноград: содержит сахара (3—6 %), пектиновые вещества, витамин С, органические кислоты, богата калием и железом. Из неё готовят соки, сиропы, морсы, тонизирующие напитки, варят варенье.

Не менее полезные и вкусные ягоды у черники. Это одна из самых популярных лесных ягод. С детства всем известен черничный кисель, да и на зрение она влияет благотворно. А на Кавказе, в колхидских широколиственных лесах, растёт реликтовый третичный вид — черника кавказская (*V. arctostaphylos*) с очень крупными съедобными ягодами.

Брусника благодаря высокому содержанию в ней кислот и микроэлементов также издавна

используется в народной медицине. Причём полезными являются не только ягоды, но и листья растения. Для сухих боров характерна распластанная по земле и очень похожая на бруснику толокнянка лекарственная (*Arctostaphylos uva ursi*) с яркими, но волокнистыми несъедобными плодами.



Брусника.



► Вербейник (*Lysimachia*) — род семейства первоцветных, насчитывает около 110 видов.

один из самых распространённых лежащих аркто-альпийских кустарничков тундр и верховых болот. Её черные водянистые ягоды и вечнозелёные листочки служат кормом для северных животных.

Вересковые близки систематически порядкам чайные и первоцветные. Порядок чайные (*Theales*) объединяет 12 семейств, из которых наиболее важным в практическом отношении является семейство чайные (*Theaceae*). Чайные представлены тропическими и субтропическими деревьями и кустарниками с крупными актиноморфными (симметричными) цветками. Листья чайного куста (*Thea sinensis*) скручивают, просушивают, ферментируют (при ферментации под действием специальных бактерий происходит постепенное брожение и окисление дубильных веществ чайного листа, листья становятся чёрными и ароматными). При заваривании чайного листа проявляются его тонизирующие свойства и аромат. Лучшие



сорта чая производят в Индии, Китае и Шри-Ланке. В России чай выращивают на Черноморском побережье Кавказа, в Краснодарском крае.

Из порядка первоцветных (*Primulales*) наиболее известно семейство первоцветных (*Primulaceae*). В него входят травянистые растения умеренных областей Северного полушария (около 1 тыс. видов). Цветки этих растений яркие, правильные, а лепестки срослись в длинную трубку с отгибом. Для перекрёстного опыления пыльца из цветков с короткими столбиками прорастает только на рыльцах длинных столбиков у пестиков в других цветках. Сам пестик состоит из 4–5 сросшихся плодолистиков с верхней одногнёздной завязью и центральным семязносом с большим количеством семян. Плод первоцветных — многосемянная коробочка.

Самый обширный род семейства — это первоцвет, или примула (*Primula*), представленный многими видами (около 500) в горных флорах. В европейских светлых лесах и на опушках распространён первоцвет весенний (*P. veris*) с жёлтыми труб-

Сбор чайного листа.





чатыми цветками. Различные виды и гибриды примулы — декоративные растения цветников и альпинариев. По влажным лесам, лугам и низинным болотам встречаются виды вербейника (*Lysimachia*). В таёжных лесах среди мха растёт скромный седмичник европейский (*Trientalis europaea*) с плоским семичленным венчиком и семью тычинками. Многие известные роды характерны для горных флор: высокогорные проломники (*Androsace*), средиземноморский цикламен (*Cyclamen*) с характерными многолетними клубнями, похожая на маленький колокольчик европейская сольданелла (*Soldanella*), среднеазиатская дионисия (*Dionysia*), образующая плотные вечнозелёные подушки.

Семейство свинчатковые (*Plumbaginaceae*) — преимущественно ксерофильные растения, распространённые в засушливых областях. В сухих степях и пустынях Азии и Средиземноморья прекрасно живут



Первоцвет, или примула (*Primula*), — род растений из семейства первоцветных.

виды свинчатки (*Plumbago*), кермека (*Limonium*, *Goniolimon*), акантолимона (*Acantholimon*) и армерии (*Armeria*).

К порядку ивовых (*Salicales*) относится семейство ивовые (*Salicaceae*), представленное деревьями и кустарниками с очерёдными простыми листьями. Цветки у ивовых мелкие, однополые, без околоцветника и собраны в мужские и женские серёжки, растения при этом двудомные. В мужских цветках от 2 до 30 и более тычинок, а в женских — только один пестик из двух плодолистиков.

Род тополь (*Populus*) насчитывает около 40 видов. Внутри плодиков тополя развиваются семена с многочисленными волосками, семена разносятся ветром. Это тот самый тополиный пух, который летом заполняет улицы городов. Тополь чёрный, или осокорь (*P. nigra*), образует в долинах рек своеобразные тополёвые леса. Осина, или тополь дрожащий (*P. tremula*), распространённая очень широко, имеет округлые листья на длинных, сплюснутых черешках. Тополь и осина дают множество корневых отпрысков и

Ива корзиночная, или прутовидная (*Salix viminalis*), — высокий кустарник или дерево до 8 м высотой с желтовато-буровой корой. На рисунке показано строение цветков и плодов.





КОРЗИНОЧНОЕ РАСТЕНИЕ

Многочисленные виды ив в различных областях называют по-разному: ветла́, раки́та, лоза́, лозина́, ве́рба, краснотал. Кустарниковые заросли этих растений часто именуют «та́льник». Ивы в основном растут у воды, по берегам рек и на болотах. При избытке влаги в почве ивы «плачут» — выделяют капельки влаги через водяные устьица на листьях. Именно поэтому, а также за поникающие ветви и крону иву называют плакучей. Плакучие и шаровидной формы ивы часто разводят в садах и парках. Из длинных гибких ветвей некоторых видов кустарниковых ив плетут разнообразные корзины, крыши, изгороди, мебель, кузова саней и повозок, детские игрушки. Учёные считают, что плетению человек научился гораздо раньше, чем гончарному делу. Из ветвей различной толщины он плёл даже жилища. Почти каждый сельский житель когда-то мог при необходимости сплести нужную в хозяйстве корзину, используя простейшие приёмы.



Бегония.

легко заселяют нарушенные местообитания. В поймах рек пустынной зоны произрастает ксерофильный тополь туранга (*P. diversifolia*). В тундрах Якутии и Чукотки по долинам рек «уходит» далеко на северо-восток тополь душистый (*P. suaveolens*). Разные виды тополей используют для озеленения городов и парков (*P. balsamifera*, *P. alba*).

У ив (*Salix*) в цветках имеются нектарники, поэтому они, в отличие от тополя, энтомофильны. Ивы цветут весной до распускания листьев или во время их появления, известно около 80 видов насекомых, опыляющих цветки ив. Семена ивы также покрыты волосками и разносятся ветром.

Среди крупного рода ив (350 видов) имеются деревья, кустарники и стелющиеся тундровые и высокогорные кустарнички. В лесах растёт древесная козья ива (*S. caprea*), по долинам рек встречаются ива белая, или ветла (*S. alba*), и ива ломкая (*S. fragilis*). К кустарниковым ивам относятся ива трёхтычинковая (*S. triandra*), пепельная (*S. cinerea*) и ушастая (*S. aurita*). Многие виды ив растут на болотах: лапланд-

Серёжки ивы.



ская (*S. lapponum*), черничная (*S. myrtilloides*) и др. Из кустарниковых ив тундр и высокогорий можно отметить иву полярную (*S. polaris*).

Ива корейнка, или чозения (*Chosenia*), поднимается по долинам рек на Дальнем Востоке и уходит далеко за северную границу леса.

К порядку бегониевые (*Begoniales*) относятся представители исключительно разнообразного тропического рода бегония (*Begonia*). Эти замечательные, радующие глаз растения известны каждому цветоводу (*B. rex*, *B. metallica*). Листовые декоративные бегонии разных видов отличают по пёстрой окраске листа, красным или серебристым пятнам на зубчатых листьях. Клубневые бегонии потрясут своими крупными, яркими цветками. Бегонии способны к вегетативному размножению не только черенками, но и частями листьев. Сочные кисловатые черешки некоторых бегоний жители тропиков употребляют в пищу.

Порядок каперсовые (*Capparales*) включает четыре семейства, из которых наиболее известно семейство капустные, или крестоцветные (*Brassicaceae*, или *Cruciferae*). Оно включает более 3,2 тыс. видов травянистых растений с очерёдными



листьями без прилистников. Многие крестоцветные опушены железистыми, звёздчатыми, вильчатыми или простыми волосками. Их цветки собраны в удлинняющиеся кисти, а те — в соцветия метёлки.

Цветок капустных имеет двойной околоцветник, четыре лепестка расположены крест накрест, а из шести тычинок две короткие, а четыре длинные. Гинецей состоит из двух плодolistиков, сросшихся краями, внутри плода плёчатая перегородка. Плоды крестоцветных называются «стручки» или «стручочки» в зависимости от их размеров. У всех представителей семейства цветок однообразен, различаясь в основном лишь по величине и окраске. У многих плоды потеряли способность раскрываться створками, разламываясь на односеменные членики (членистые, чётковидные плоды). Семена их не имеют эндосперма, но содержат ценное масло.

Крестоцветные распространены очень широко, особенно в Северном полушарии. Наибольшее число видов имеют роды клоповник (*Lepidium*), крупка (*Draba*) и бурачок (*Alyssum*), растущих на степных, горных и пустынных территориях. В пустынях весной массово цветёт малькольмия (*Malcolmia*).



Малькольмия — род растений семейства крестоцветных — однолетние, редко многолетние травы с цельными листьями.



Сорта капусты.



Цветок каперса колючего.

Многие крестоцветные — однолетние сорняки полей, огородов и пустырей: например, гулявник (*Sisymbrium*), желтушник (*Erysimum*), сурепка (*Barbarea*), пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris*), ярутка (*Thlaspi*).

Порядок мальвовые (*Malvales*) представлен деревьями, кустарниками, реже травянистыми растениями с очередными листьями. Для многих характерны слизевые ходы и клетки,

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРЕСТОЦВЕТНЫХ

Из крестоцветных наиболее важны для получения масла виды горчицы (*Brassica juncea*, *B. nigra*, *Sinapis alba*), а жмых, оставшийся после отжима горчичного масла, перемалывают в тонкий порошок, который используют для приготовления приправ и горчичников. Ценным масличным растением является также рапс (*Brassica oleifera*). К овощным крестоцветным относится капуста (*Brassica oleracea*) со множеством съедобных (кочанная, листовая, брюссельская, савойская, цветная, брокколи и др.) и декоративных сортов. Это всё разновидности одного и того же вида с разрастанием различных частей растения — листьев кочана, соцветий, стебля. Брюква (*B. napus*) и репа (*B. rapa*) также являются видами рода *Brassica* и имеют столовые и кормовые сорта. На полях и огородах часто разводят хрен (*Armoracia rusticana*) и редьку (*Rhaphanus sativus*), как разновидность редьки выращивают редис (*R. sativus* var. *radicula*). В декоративном цветоводстве используются ароматные левкой, или маттиола (*Mattiola*), алисум, вечерница (*Hesperis*), иберис (*Iberis*) и др.



Родина
гибискуса
китай-
ского, или
китайской
розы, —
Юго-
Восточ-
ная Азия.



► Мальва — высокое
однотель-
чатое растение
с множеством
цветов, которые
могут иметь раз-
личную окраску:
белую, розовую,
красную, фио-
летовую, жёл-
тую. Рисунок из
атласа растений.
Германия. XIX в.

лубяные волокна в коровой части. Цветки мальвовых правильные, обо-
полые с двойным околоцветником. Семейство мальвовые (*Malvaceae*)
насчитывает около 900 видов с про-
стыми, часто пальчато-рассечёнными
листьями. В основании цветка имеет-
ся наружная «чашечка» из верхушеч-
ных листьев, а пестик окружён харак-
терным «султаном» из расщеплённых
и сросшихся нитями многочислен-
ных тычинок.

Во флоре умеренных клима-
тических поясов распространены
виды родов мальва (*Malva*), хатьма
(*Lavatera*) и алтей (*Althea*). Как деко-
ративное растение широко извест-
тен кустарник гибискус, или китай-



ская роза (*Hibiscus rosa-sinensis*). Его
любят использовать для озеленения
городов субтропических и тропи-
ческих районов.

Семейство липовые (*Tiliaceae*)
включает тропические и субтропи-
ческие деревья, кустарники, реже
травянистые растения с просты-
ми листьями (около 700 видов). Из
всего семейства только липа (*Tilia*)
встречается в умеренных широтах
Северного полушария. Это круп-

ХЛОПЧАТНИК

В хозяйстве наиболее ценным из мальвовых является
хлопчатник (*Gossypium*), который разводят почти в 90
странах мира с жарким климатом. Хлопок начали культи-
вировать ещё за несколько тысячелетий до новой эры.
Его плоды-коробочки вскрываются тремя — пятью створ-
ками и содержат многочисленные семена, покрытые
длинными волосками, которые и используют как сырьё
(хлопок) для текстильной промышленности. Волокна
хлопка длиной 20—50 мм представляют собой вытянутые
клетки эпидермиса семян. Именно из этих волокон дела-
ют такие ткани, как сатин, ситец, батист, парашютный
шёлк и др. Хлопок необходим для изготовления ваты
и бинтов, а из его семян получают хлопковое масло, которое
используют и в пищевой отрасли, и в медицине.



Из коробочек хлопчатника — растений рода
Gossypium получают хлопок — волокно расти-
тельного происхождения.



ное дерево-медонос с душистыми цветками, собранными в соцветиях с плёнчатым прицветным листом. В европейской части обычна липа сердцевидная (*Tilia cordata*), на Дальнем Востоке — липа амурская (*T. amurensis*) и манчжурская (*T. manshurica*). Мягкая древесина липы хороша для поделок, мёд считается одним из самых лучших, а высушенные соцветия применяют в медицине. В странах Юго-Восточной Азии в культуре распространён джут (*Corchorus*), из стеблей которого изготавливают прочное волокно.

В порядок входит также небольшое семейство баобабовые (*Bombacaceae*). К нему относятся очень известные растения: дерево-гигант африканских саванн — баобаб (*Adansonia digitata*), шерстяное, или хлопковое, дерево южноамериканских пампасов — сейба (*Ceiba pentandra*), тропическое плодовое растение дурьян (*Durio zibetinus*) из Индии. Плоды дурьяна очень крупные и с шипами, их мякоть по вкусу напоминает сливочный крем, но имеет крайне неприятный запах.

Порядок крапивные (*Urticales*) — очень неоднородная группа ветро-



опыляемых древесных и травянистых растений с очерёдными или супротивными простыми листьями. Цветки обычно однополые с прос-

Сейба ещё называют шёлковым деревом.

ФИКУСЫ

Семейство тутовые (*Moraceae*) известно тропическими деревьями и лианами с млечным соком, но прежде всего своим родом фикус (*Ficus*). Жизненные формы фикусов чрезвычайно разнообразны. Среди них есть величественные деревья, крупные и мелкие кустарники, лианы, эпифиты, а также особые жизненные формы — баньяны и «душители». Многие фикусы — это гигантские деревья, образующие десятки стволов за счёт придаточных воздушных корней, укореняющихся в почве. Одно дерево фикуса с такими воздушными корнями часто образует целые рощи. Воздушные корни ряда фикусов оплетают другие растения и постепенно ослабляют их, отбирая питательные вещества.



Липа (*Tilia*) — род древесных растений.



► Артокarpус (*Artocarpus*), или хлебное дерево, — деревья или кустарники семейства тутовых, они включают около 60 видов, произрастающих в Азии и на островах Тихого океана.



Конопля.



Растение из семейства молочайных. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.

тым околоцветником, плод — орешек или костянка.

Смоковница (*F. carica*) семейства тутовых растёт в Средиземноморье, Малой Азии, Иране и Северной Индии, её разводят в Крыму и на Кавказе. Она известна съедобными мясистыми «соплодиями», которые называют винной ягодой, инжиром или фигой. Внутри разросшегося бокальчатого, почти замкнутого ложа соцветия у фиги сидят многочисленные цветки без околоцветника, а после их оплодотворения забравшимися в узкий проход насекомыми всё соплодие сильно разрастается и размягчается, образуя плод инжира.

Среди тутовых известна также шелковица (*Morus alba*, *M. nigra*) со съедобными соплодиями, внешне напоминающими ягоды ежевики. Хлебное дерево (*Artocarpus*) из Индо-Малайской области имеет соплодия, богатые крахмалом, а легендарный ядовитый анчар (*Antiaris toxicaria*) из Юго-Восточной Индии знаменит своим ядом.

Семейство крапивные (*Urticaceae*) насчитывает около 850 видов, главным образом тропических растений со жгучими волосками. В умеренном поясе широко представлена крапи-



ва двудомная (*Urtica dioica*), активно разрастающаяся на богатых азотом почвах, мусорных местах, реже — крапива жгучая (*U. urens*). Волокна в стеблях китайской крапивы, или рами (*Boehmeria nivea*), используются для производства тканей и прочных канатов.

Семейство коноплёвые (*Cannabaceae*) — травянистые двудомные растения и лианы без млечного сока. Виды рода конопля (*Cannabis*) с пальчато-рассечёнными листьями культивируются как прядильные (пенька) и масличные культуры. Хмель (*Humulus lupulus*) — травянистая многолетняя лиана с головчатыми, шишковидными женскими соцветиями растёт по влажным лесам и берегам рек. «Шишки» хмеля с разросшимися плёночатыми кроющими листьями используют при изготовлении пива и в медицине.

К порядку молочайных (*Euphorbiales*) относятся растения различного внешнего облика с однополыми цветками, обычно собранными в соцветия. Крупное семейство молочайные (*Euphorbiaceae*) насчитывает 300 родов и около 7 тыс. 500 видов, распространённых по всему свету, за





исключением приполярных областей и холодных высокогорий. Жизненные формы этих удивительных растений — от трав, кустарников и деревьев до суккулентов с кактусовидным обликом. Листья простые, с прилистниками, иногда опадающие на неблагоприятный период или редуцированные.

Цветки молочайных собраны в простые или сложные соцветия, напоминающие строение одного цветка (антодий). Цветок может быть беспестным, но он всегда раздельнополый; тычинок в цветке бывает от одной до нескольких сотен, но наиболее часто 3—20. Завязь верхняя, образованная тремя сросшимися плодолистниками, иногда сидит на ножке — гинофоре.

Наиболее обширный род — молочай (*Euphorbia*), включающий около 2 тыс. видов травянистых растений. У большинства видов имеется млечный сок, содержащий различные вещества. Сок молочаев вызывает ожоги и язвы, отравления им очень тяжелы.

Сложное соцветие молочая украшают жёлто-зелёные или красные прицветники, иногда весьма крупные. Виды молочая распространены в тропиках, субтропиках и умеренных широтах. Если северные молочаи (*E. waldsteinii*, *E. esula*, *E. cyparissias*, *E. helioscopia*) — это



травянистые растения, то в засушливых областях Африки растут стеблевые суккуленты — колоннообразные и канделябровые деревья.

В наших широколиственных лесах из молочайных растёт лишь пролесник (*Mercurialis perennis*), не содержащий млечного сока. Среди тропических представителей семейства известны гевея (*Hevea*), дающая каучук, тунговое дерево (*Aleurites*) и клещевина (*Ricinus*) — источники разнообразных технических масел, а также красивое комнатное растение кротон (*Croton* или *Codiaeum*) с пёстрыми листьями разной формы.

Кротон, или кодиеум, часто разводят как комнатное растение.

Молочай красивейший, или рождественская звезда.



РОЖДЕСТВЕНСКАЯ ЗВЕЗДА

Необычайно красив тропический мексиканский кустарник пуансеттия (*E. pulcherrima*) — молочай красивейший, или рождественская звезда, с ярко-красными, розовыми или кремовыми прицветными листьями, окружающими соцветие из мелких желтоватых цветков. Его разводят как комнатное декоративное растение. Во многих европейских странах, а теперь и в России на Рождество принято дарить это растение, увенчанное огромными красными цветками-звёздами. Оно такое нарядное, что сразу создаёт настроение праздника в любом доме. Самые красивые — красные пуансеттии, их часто называют также «Вифлиемская звезда».





Корнелис. Розы.
XIX в.

Подкласс розоцветные (Rosidae)

Розоцветные — наиболее крупный подкласс цветковых, включающий 40 порядков, 160 семейств и более 55 тыс. видов. Это один из главных «стволов» эволюционного дерева двудольных.

Порядок камнеломковые (*Saxifragales*) объединяет семейства, включающие разнообразные кустарниковые, травянистые растения и суккуленты с обоеполюми актиноморфными цветками с двойным околоцветником. Наиболее известными являются семейства толстянковые, камнеломковые и крыжовниковые.

Толстянковые (*Crassulaceae*) представлены травянистыми растениями с сочными листьями без прилистников. Это обширное (до 1 тыс. 500 видов) семейство состоит в основном из листовых суккулентов, обитающих в аридных областях или горных районах. Для цветков характерно срастание плодолистиков в различной степени, завязь верхняя, а плод — листовка.

На щебнистых или песчаных бедных субстратах растут очиток (*Sedum*) и молодило (*Sempervivum*).

► Очиток способен расти на бедных сухих почвах.

Эти растения можно встретить даже на камнях — они запускают свои тонкие корешки в мельчайшие трещинки. В горных районах Сибири, Дальнего Востока и арктических тундрах собирают лекарственную родию розовую (*Rhodiola rosea*), настойка которой используется в медицине как тонизирующее и общеукрепляющее средство. Толстянки из Южной Африки часто разводятся как декоративные домашние растения (*Crassula*, *Pachyphytum*, *Bryophyllum*). По краям листьев каланхоэ (*Kalanchoe*) развиваются выводковые почки — маленькие растеньица, которые легко опадают и быстро укореняются.

Семейство камнеломковые (*Saxifragaceae*) состоит из видов многолетних трав, распространённых в холодной и умеренной зонах Северного полушария. Камнеломки (*Saxifraga*) — это травянистые горные и тундровые растения, часто с безлистным стеблем и розеткой листьев, небольшие цветки которых собраны в соцветия. Среди камнеломок много аркто-альпийских (*S. oppositifolia*), высокогорных подушковидных (*S. nivalis*, *S. bryoides*), горноболотных (*S. hirculus*) видов. Многие камнеломки используются в цветоводстве. В горах Сибири и Средней Азии растёт бадан (*Bergenia crassifolia*).





Различные виды камнеломок.



с зимующими крупными листьями, которые в сухом виде заваривают и пьют как чай. Астильбу (*Astilbe*) из дальневосточных хвойно-широколиственных лесов нередко высаживают в садах и парках. Известны также селезёночник (*Chrysosplenium*), распространённый по влажным лесам, и белозор болотный (*Parnassia palustris*) — по болотам.

Виды рода крыжовник (*Grossularia*) из семейства крыжовниковых (*Grossulariaceae*) встречаются в лесах. Крыжовник очень близок роду смородина (*Ribes*), включающему около 150 видов. В диком виде эти растения обитают по берегам рек и влажным лесам, входят в состав подлеска горных лесов. Виды смородины имеют чёрные (*R. nigrum*), красные (*R. rubrum*), золотистые (*R. aureum*) плоды-ягоды. Разнообразные сорта крыжовника и смородины широко используются в культуре.

Семейство розоцветные (*Rosaceae*) — крупнейшее в порядке розоцветные (*Rosales*) объединяет до 3 тыс. видов деревьев, кустарников и трав с очерёдными листьями с прилистниками, характерных для внетропических областей Северного полушария. В это семейство входят широко известные яблоня (*Malus*), груша (*Pyrus*),

слива (*Prunus*), вишня (*Cerasus*), рябина (*Sorbus*), черёмуха (*Padus*), малина (*Rubus*), земляника (*Fragaria*), шиповник (*Rosa*) и спирея (*Spirea*).

Все розоцветные имеют правильные цветки с двойным околоцветником. Но вот цветоложе у них превращается в диск, бокал или трубку различной формы, образуя гипантий. Гипантий — расширенное цветоложе розоцветных, где тычин-



СХЕМА СТРОЕНИЯ РОЗЫ СОБАЧЕЙ



Цветоложе у розы имеет форму бокала.
1 — ветка с цветком;
2 — разрез цветка;
3 — плод;
4 — разрез плода;
5 — чашечка с чашелистиками.



Плоды розо-
цветных.

ки прикреплены на значительном расстоянии от пестиков. При этом цветоложе может быть как плоским, так и вогнутым или выпуклым.

Изменчив и гинецей розоцветных: от неопределённо большого (лапчатка, роза) числа плодолистиков — до одного (слива), обычно апокарпный (не сросшийся), реже ценокарпный (сросшийся) при нижней завязи (яблоня).

Весьма разнообразны плоды розоцветных: листовки, орешки, костянки и сочные плоды типа яблока, земляники, шиповника. Опыление цветов происходит в основном насекомыми, а плоды многих розоцветных распространяются животными. В связи с большим разнообразием цветков и плодов семейство делят на четыре подсемейства: спирейные, розовые, яблоневые и сливовые.

Спирейные (1 тыс. 700 видов) отличаются гинецеем из трёх — пяти свободных плодолистиков и плодами листовками. Известно оно родами спирея (*Spiraea*), волжанка (*Aruncus*) и рябинник (*Sorbaria*), часто встречающимися в садах и парках. Большинство спирей — горные растения, есть также лесные, степные (спирея городчатая — *S. crenata*, спирея зверобоелистная — *S. hypericifolia*) и виды заболоченных местообитаний (спирея иволистная — *S. salicifolia*).

Земляника лесная.



В цветках растений подсемейства розовые очень много пестиков (апокарпный гинецей), в образовании плода может участвовать гипантий разной формы. Помимо чашечки в цветках часто развито подчашье из сросшихся прицветных листьев.

У рода земляника (*Fragaria*) в образовании плода участвует сочное выпуклое цветоложе. Наиболее известны лесная земляника (*F. vesca*), очень сладкая земляника зелёная (*F. viridis*) и культурная клубника — земляника ананасная (*F. ananassa*), которая представляет собой гибрид двух американских видов.

Род рубус (*Rubus*) имеет сложный сочный плод — многокостянку и представлен лесными видами: малина — *R. idaeus*, ежевика — *R. caesius*, костяника — *R. saxatilis* (фото). На болотах таёжной и тундровой зон произрастает морошка — *R. chamaemorus*, ягоды которой по консистенции напоминают кисель.

В тундрах обитают виды очень декоративного кустарничка — куропаточьей травы (*Dryas octopetala*).

Множество видов (около 300) насчитывает род лапчатка (*Potentilla*) с перистыми, тройчатыми или пальчатыми листьями. Лапчатки растут на лугах, степях и забираются высоко в горы до снежников. Среди других розовых широко известны сабель-



Спирея
японская.



РОЗЫ

Центральный род подсемейства — роза, или шиповник (*Rosa*), объединяет около 200 видов. Плод розы развивается из разрастающегося бокальчатого цветоложа, внутри которого находятся многочисленные семена с волосистыми придатками. Широко распространены в России роза собачья (*R. canina*), коричная (*R. cinnamomea*), иглистая (*R. acicularis*) и морщинистая (*R. rugosa*), растущие на опушках, в светлых лесах и в горах. Плоды шиповника содержат большое количество разных витаминов. Из лепестков розы дамасской получают розовое масло.

Многие розы необыкновенно красивы и давно вошли в культуру (парковые, чайно-гибридные, полиантовые, плетистые, флорибунда, миниатюрные).

В начале эпохи Средневековья розу считали языческим цветком греховной роскоши и почти уничтожили её. Потом постепенно розы вернулись в монастырские сады и городские парки, их стали привозить из других мест, так появились галльская, дамасская и французская розы, на основе которых выведены прекрасные душистые кустарниковые и плетистые розы. Во многих городах Европы стали проводить праздники роз, избирали королеву роз, появились даже особые розенгартены — сады роз, или розарии.



Дева Мария в окружении девственниц в саду роз.
Неизвестный художник. XV в.

ник болотный (*Comarum palustre*), зоохорные гравилат (*Geum*) и репешок (*Agrimonia*).

Подсемейство яблоневые (*Pomoideae*) отличается от предыдущих строением цветка, плода и нижней завязью. Плоды яблоневых — крупные (яблоки, груши) или мелкие, ягодообразные (рябина) из двух — трёх или пяти сросшихся с гипантием плодолистиков. Внутри мясистых плодов сами плодолистики имеют каменистую (боярышник) или кожистую (яблоня) консистенцию. Род яблоня (*Malus*) насчитывает 25 видов древесных растений, давно введённых в культуру (более 10 тыс. сортов). Дикie яблони (*M. sylvestris*, *M. baccata* и др.), так же как и груша (*Pyrus communis*), обычны в лиственных лесах, лесостепи и в горных

районах. Виды рябины (*Sorbus*), боярышника (*Crataegus*) растут в равнинных и горных лесах. Многие яблоневые разводят ради плодов (яблоня,

Морошка — вид многолетних травянистых растений.





Африканская акация формирует ажурную крону зонтичного типа.

груша, айва, арония, или черноплодная рябина) и в декоративных целях: кизильники (*Cotoneaster*), пираканта (*Pyracantha*), боярышники и др.

У растений подсемейства сливовые (*Prunoideae*) имеется глубокоовгнутое цветоложе, а гинецей состоит только из одного плодолистика. Плод сливовых называется «костянка», её сочная мякоть образуется из стенок завязи. В подсемействе много растений, давно введённых в культуру: слива (*Prunus domestica*), алыча (*P. divaricata*), тёрн (*P. spinosa*), вишня (*Cerasus vulgaris*), черешня (*C. avium*), абрикос (*Armeniaca*), персик (*Persica*) и миндаль (*Amygdalus*) с сухим плодом.

Вечнозелёная лавровишня (*Laurocerasus officinalis*) растёт во влажных субтропических лесах Кавказа. По долинам рек, влажным лесам повсеместно встречается черёмуха (*Padus*).

В крупнейший порядок бобовых (*Fabales*, или *Leguminosae*) (более 18 тыс. видов) входят деревья, кустарники, лианы и травы со сложными листьями. Цветки у большинства зигоморфные, с двойным околоцветником, необычным андроцеом и одним пестиком. Главным признаком порядка считается плод — боб, который может иметь разную форму.

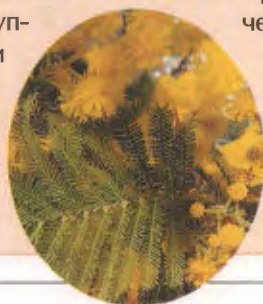
Семейство цезальпиниевые (*Cesalpiniaceae*) представлено субтропическими и тропическими деревьями, кустарниками, лианами с крупными слабозигоморфными пятичленными цветками. Наиболее известные средиземноморские виды — это церцис стручковый (*Cercis*), или «иудино дерево», цветущий розовыми цветками до распускания листьев и имеющий каулифлорию, а также цезальпинии (*Caesalpinia*) и декоративные лианы из рода *Gleditschia*.

Семейство мотыльковые, или бобовые (*Fabaceae*), является наиболее крупным в порядке. Это травы, полукустарники, кустарники или деревья с перисто-, тройчато- или пальчато-сложными листьями, имеющими прилистники.

ДРЕВЕСНЫЕ БОБОВЫЕ

Мимозовые (*Mimosaceae*) — тропические древесные растения с перистыми листьями и правильными мелкими цветками, собранными в головки или колосовидные соцветия. Наиболее крупными родами являются акация (*Acacia*) и мимоза (*Mimosa*). Австралийскую акацию серебристую (*A. dealbata*) мы все хорошо знаем под названием «мимоза». Сама мимоза стыдливая (*Mimosa pudica*) растёт в тропиках и способна складывать

свои нежные листочки даже при лёгком прикосновении. В Австралии встречается ксерофитная филлодийная акация, у которой весенние мягкие листья опадают на засушливый период, а фотосинтез происходит в листоподобных уплощённых черешках. Прилистники многих тропических акаций превращаются в крупные колючки. Плоские зонтиковидные кроны акаций создают характерный пейзаж саванн и многих тропических редколесий.



Мимоза стыдливая.



Строение цветка у всех бобовых практически одинаково: околоцветник двойной, мотылькового типа из пяти лепестков — верхнего с отогнутым крупным парусом, двумя боковыми — вёслами (крыльями) и лодочкой из двух нижних, в большей или меньшей степени сросшихся лепестков. В цветке бобовых десять тычинок, причём девять из них у многих срастаются нитями вокруг пестика, реже срастаются все десять или все свободны. Тычинки окружают единственный пестик, образованный одним плодолистиком.

Бобы обычно раскрываются двумя створками, иногда распадаются на сегменты (членистые плоды). Они могут быть не только прямыми, но также согнутыми и даже спирально закрученными (люцерна округлая). У некоторых (эспарцет) бобы содержат только одно семя и сами не вскрываются, другие «выстреливают» своими семенами на несколько метров при созревании боба (карагана). Семена бобовых не имеют эндосперма, а запасные вещества (углеводы, расти-

тельные белки и жиры) откладываются в массивных семядолях. Именно поэтому семена гороха (*Pisum sativum*), фасоли (*Phaseolus vulgaris*), сои (*Glycine hispida*), чечевицы (*Lens culinaris*), бобов (*Faba vulgaris*) используются в пищу, для корма животных и в технических целях (соевое масло).

В семействе насчитывают более 6 тыс. видов, распространённых по всему свету. В районах с умеренным климатом преобладают травянистые и кустарниковые формы, а в тропиках в основном деревья. Большинство мотыльковых связано с горными и степными областями, составляя значительную часть их флоры.

Из бобовых кустарников обычны карагана (*Caragana*), дрок (*Genista*) и раkitник (*Cytisus*), цветущие весной или в начале лета крупными жёлтыми цветами. Карагана растёт в степях (*C. frutex*, *C. microphylla*), а также выращивается как декоративное растение для формирования защитных лесополос (*C. arborescens*). В дальневосточных лесах обычны виды кустарниковой леспедецы (*Lespedeza*).

Среди кустарничков и травянистых растений наиболее крупными



Горох посевной.

Цветок китайской глицинии — растения семейства бобовых.

Глициния, или вьющаяся вистерия, — вьющееся растение из семейства бобовых с кистями душистых лиловых цветов.





КОРМОВЫЕ РАСТЕНИЯ И НЕ ТОЛЬКО

Мотыльковые — очень важная группа растений с хозяйственной точки зрения: многие из них являются ценными пищевыми и кормовыми растениями, кроме того, они способны обогащать почву соединениями азота благодаря симбиозу корней с клубеньковыми бактериями из рода *Rhizobium*.

Из дикорастущих и культивируемых кормовых растений высоко ценятся виды клевера (*Trifolium*) с характерными тройчатыми листьями и цветками в головках, а также люцерны (*Medicago*), донника (*Melilotus*), чины (*Lathyrus*), люпина (*Lupinus*), вики (*Vicia*), эспарцета (*Onobrychis*) и копеечника (*Hedysarum*). Многие из них являются к тому же прекрасными медоносами.

Всем известны такие лекарственные растения, как солодка (*Glycyrrhiza glabra*) и термопсис (*Thermopsis lanceolata*), которые входят практически во все лекарственные препараты от кашля.

Среди бобовых есть красильные растения, например индигофера (*Indigofera tinctoria*), из которой получают стойкий природный краситель синего цвета — индиго, используемый при окраске джинсовой материи. В декоративных целях разводят североамериканскую древесную «белую акацию» (*Robinia*

pseudoacacia), из кустарников — пузырник (*Colutea*), из вьющихся растений — душистый горошек (*Lathyrus odoratus*), китайскую древовидную лиану глицинию (*Wisteria sinensis*) и др.



Из индигофер получают стойкий краситель синего цвета.

Клевер (*Trifolium*) «трилистник» — род растений семейства бобовые, или мотыльковые.



родами являются астрагал (*Astragalus*) и похожий на него остролодочник (*Oxytropis*). Подушковидные представители астрагала образуют в горах Кавказа, Алтая, Монголии так называемые трагакантники. У этих ксерофильных кустарничков часто имеются вздутые плоды и длинные колючие прилистники.

В порядке сапиндовые (*Sapindales*) наиболее известно семейство клёновые (*Aceraceae*). Это листопадные древесные и кустарниковые растения с простыми пальчато-разрезными или перисто-сложными листьями. Жёлто-зелёные или беловатые цветки клёна собраны в щитковидные соцветия. В центре цветка развит медоносный диск. Цветут клёны в умеренных широтах рано весной до распускания листьев. Их плоды состоят из двух односемянных, нераскрывающихся сухих

плодиков с крыловидными придатками. В хвойно-широколиственных и широколиственных лесах европейской части наиболее широко распространены клён остролистный (*Acer platanoides*), полевой (*A. ampestre*) и татарский (*A. tataricum*). В городах и вдоль дорог растёт завезённый когда-то для озеленения из Северной Америки клён ясенелистный (*A. negundo*) с перистыми листьями. Этот клён часто называют «агрессивный экзот», потому что он внедряется в нарушенные леса, особенно в лесостепных районах, и замещает там другие листовые породы, не давая им нормально развиваться.

На Дальнем Востоке в хвойно-широколиственных лесах встречается около десяти видов клёна, в том числе клён моно (*A. mono*), ложнозибольдов (*A. pseudosieboldianum*), клён



зеленокорый (*A. tegmentosum*) и др., а в Корее и Японии число видов клёна возрастает до 25. Клёны поднимаются высоко в горы и на верхней границе леса образуют парковые леса или криволеся, например клён Траутветтера (*A. trautvetteri*) на Кавказе.

Семейства порядка рутовые (*Rutales*) знакомы всем по цитрусовым. У этих плодовых растений имеется сочный плод, называемый гесперидием. Мякоть такого плода состоит из соковых мешочков, а между ними находятся семена. К цитрусам (*Citrus*) относятся известные растения, такие, как лимон (*C. limon*), апельсин (*C. sinensis*), мандарин (*C. reticulata*) и грейпфрут (*C. paradisi*). Все цитрусовые богаты эфирными маслами.

На Дальнем Востоке и в Японии произрастает бархатное дерево (*Phellodendron amurense*), дающее пробку толщиной 5—7 см. Весьма декоративен средиземноморский род ясенец (*Dictamnus*), выделяющий эфирные масла и вызывающий сильные ожоги.

В порядок входит также семейство фисташковые (*Anacardiaceae*) — древесные и кустарниковые растения с



Листья клёна очень живописны осенью.

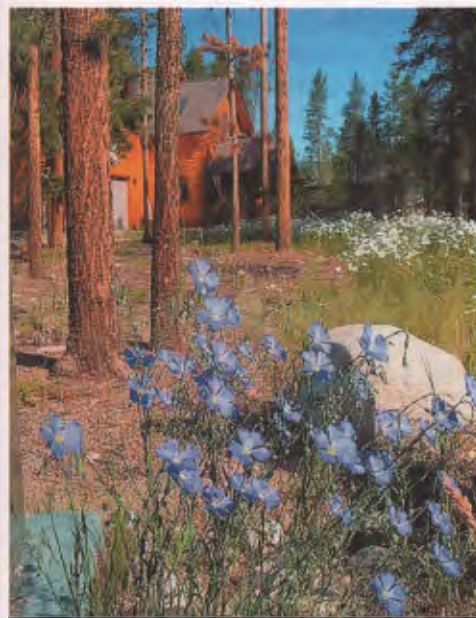
Клён ясенелистный, или американский.



перистыми листьями: фисташка (*Pistacea*), скумпия (*Cotinus*) и сумах (*Rhus*), встречающиеся в Крыму, на Кавказе, в горах Средней Азии. В их вегетативных органах имеютсяместилища масел, бальзамов и смол.

Представители семейства льновых (*Linaceae*) из порядка льновых (*Linales*) — травянистые растения (около 250 видов) умеренных и субтропических областей. У льна из десяти тычинок нормально развиты только пять, а остальные представлены пятью зубцами — стаминодиями. Лён широко известен как культурное масличное (лён-кудряш) и волокнистое (лён-долгунец) растение (*L. usitatissimum*). Оболочка

Лён многолетний из семейства льновых.



САД ГЕСПЕРИДИЙ

Почему для одного из типов сочных плодов ботаники использовали такое необычное слово? В греческой мифологии геспериды — нимфы, хранительницы золотых яблок. Аргонавты во главе с Ясоном прибыли однажды в сад гесперид. Его только что покинул Геракл, который убил стража яблок — дракона Ладона и насмерть перепугал нимф. Увидев прибывших, геспериды в ужасе рассыпались в прах, но вняв просьбам аргонатов, превратились в прекрасные деревья, а затем предстали в своём привычном облике и даже помогли аргонавтам добыть питьевую воду.



Кислица обыкновенная.



Герань великолепная.

► Плоды бересклета бородавчатого похожи на цветные парашюты.

семян становится слизистой в воде, а сами семена могут содержать около 35—45% жира. Виды льна умеренной флоры (*L. perenne*, *L. nervosum*, *L. flavum*) произрастают в степных и горных районах.

В порядок гераниевые (*Geraniales*) входят травянистые растения и небольшие кустарники с актиноморфными цветками с двойным околоцветником. Семейство кисличные (*Oxalidaceae*) объединяет около 900 видов тропических и субтропических многолетних трав, реже однолетних или древесных растений с очередными сложными листьями. В таёжных темнохвойных лесах встречается кислица (*Oxalis acetosella*), самоопыление у которой происходит прямо внутри бутонов. Клубни *Oxalis tuberosa* кислицы клубненосной заменяют картофель у индейцев.

Семейство гераниевые (*Geraniaceae*) насчитывает около 750 видов травянистых растений, часто имеющих пальчато-рассечённые листья. В цветке герани 5 столбиков срастаются с особой колонкой, они удлиняются при плодах и принимают участие в разбрасывании семян. Виды герани (*Geranium*) встречаются в обоих полушариях. Род *Pelargonium* из Южной Африки широко известен как комнатные «герани» с яркими цветками (*P. zonale*), а душистая герань розовая (*P. roseum*) культивируется в ряде стран как эфиромасличное растение.

Центральным в порядке бересклетовых (*Celastrales*) является семейство бересклетовые (*Celastraceae*), включающее 900 видов в основном субтропических и тропических кустарников и деревьев с простыми листьями. В хвойно-широколиственных лесах растёт бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa*), а в широколиственных — европейский (*E. europaea*). Невзрачные, плоские коричневые цветки бересклета имеют медоносный диск, а созревающие в августе коробочки открываются створками и из них свешиваются чёрные блестящие семена, погружённые в яркие красные присемянники.

Порядок крушиновые (*Rhamnales*) включает семейство крушиновые (*Rhamnaceae*), представленное деревьями, кустарниками и лианами с простыми очередными листьями (около 900 видов). Цветки у крушиновых мелкие, при этом хорошо развит медоносный диск. Центральные роды семейства — жестер (*Rhamnus*) и крушина (*Frangula*). В Крыму, на Кавказе и в Средней Азии растёт держи-дерево (*Paliurus spina christi*) с мелкими жёлтыми медоносными цветками и многочисленными колючками — видоизменёнными прилистниками.

Цветки у растений порядка протейных (*Proteales*) имеют простой





околоцветник из четырёх лепестко-видных листочков, четыре тычинки и один плодolistик. Они исключительно декоративны из-за своих оригинальных крупных соцветий и необычных жёстких листьев. Многие виды этого семейства, растущие в Австралии и Южной Африке, хорошо приспособились к крайней сухости и даже к пожарам: они образуют сильно одревесневшие плоды, годами остающиеся на растениях и раскрывающиеся только под воздействием огня. Протеиных опыляют не только насекомые, птицы и летучие мыши, но и некоторые млекопитающие.

В порядок гортезиновых (*Hydrangeales*) входит семейство гортезиновых (*Hydrangeoideae*), которое включает кустарники с супротивными листьями: чубушник, часто называемый садовым жасмином (*Phyladelphus*), и гортезию (*Hydrangea*), широко используемые в декоративных целях.

Порядок зонтичные (*Umbelliflorae* или *Apiales*) состоит из двух боль-

ших семейств. Семейство аралиевых (*Araliaceae*) — одна из древнейших групп растений, представленная небольшими деревьями, кустарниками, лианами и травами с крупными, часто пальчато- или перисто-сложными листьями. Мелкие цветки собраны в сложные соцветия, состоящие из простых зонтиков, головок или колосовидных соцветий. Это в основном субтропические и тропические растения, некоторые из них встречаются на юге Дальнего Востока. Характерные представители аралиевых — колючая аралия маньчжурская (*Aralia manschurica*), небольшое дерево калопанакс (*Kalopanax septemlobus*), кустарники акантопанакс (*Acanthopanax sessiliflorus*) и элеутерококк (*Eleutherococcus senticosus*), травянистый женьшень (*Panax chinensis*), который, как и элеутерококк, широко используется в медицине. В лесах Кавказа, Крыма и Западной Европы растёт плющ (*Hedera helix*, *H. colchica*), обвивающий стволы деревьев, чтобы взобраться на самые их верхушки в поисках солнечного света.

Крупное семейство зонтичные (*Umbelliferae*) объединяет около 3 тыс. видов травянистых однолетников и многолетников, широко распространённых в умеренном поясе.

Представители подсемейства подлесниковых (*Saniculoideae*) имеют

Женьшень.
Рисунок из атласа растений.
Германия. XIX в.



Плоды крушины
из семейства
крушиновых.

Ветка держи-
дерева из семей-
ства крушиновых.





► Борщевик — типичный представитель зонтичных. В России произрастает около 40 видов борщевика. Сок этого растения ядовит.

простые зонтики или головки. В лесах из этой группы встречается подлесник (*Sanicula europaea*), на субальпийских лугах Кавказа и Карпат растёт звездовка (*Astrantia*), имеющая соцветие, похожее на цветок, — антодий. Необычный облик имеют виды синеголовника (*Eryngium*), связанные с травяными сообществами на карбонатных почвах. Некоторые синеголовники растут на приморских песках.

Зонтичные подсемейства сельдерейные (*Apiioideae*) со сложными зонтиками встречаются по всему свету, но преобладают в умеренных областях. В лесах и на лугах обычны виды сныти (*Aegopodium podagraria*), дудника (*Angelica sylvestris*), купыря (*Anthriscus sylvestris*), дягиля (*Archangelica decurrens*). На Камчатке растут гигантские дудник медвежий (*Angelica ursina*) и борщевик сладкий (*Heracleum dulce*). В горных и степных районах распространены порезники (*Libanotis*), жабрицы (*Seseli*), горичники (*Peucedanum*), резак (*Falcaria*), володушки (*Bupleurum*). Для сухих степей и пустынь характерны ксерофильные виды родов ферула (*Ferula*) и дорема (*Dorema*).



Среди зонтичных встречаются опасные и даже крайне ядовитые растения. Так, на заболоченных местах растёт омежник (*Oenanthe*) и цикута (*Cicuta*), а на сорных — болиголов пятнистый, или вех (*Conium maculatum*).

Цикута — одно из самых ядовитых растений. Ядовиты все его части, но особенно корневище. Цикута коварна приятным морковным запахом, и её корневище по вкусу напоминает редьку. Признаки отравления цикуттой наступают очень быстро: тошно-

СТРОЕНИЕ ЗОНТИЧНЫХ

Стебли зонтичных порой очень высокие (до 2—3 м), междуузлия бороздчатые или ребристые, иногда внутри полые из-за разрушения сердцевины. Листья очерёдные, с ярко выраженными, в некоторых случаях разрастающимися или вздутыми влагалищами; листовые пластинки перисто- или дважды-трижды рассечённые.

Цветки правильные, с двойным околоцветником, но почти незаметной чашечкой. Пять тычинок чередуются с лепестками венчика. Гинецей образован двумя сросшимися плодолистиками, завязь нижняя, в цветке есть медоносный диск. Плод зонтичных называется «вислоплодник», он разделяется на две сухие не вскрывающиеся односемянки, которые продолжают висеть на ножке — карпофоре. У многих плодиков ярко выражены рёбрышки различного строения, часто с шипиками или крючочками. Мелкие цветки собраны в сложные зонтики, реже головки или простые зонтики. У основания зонтичков могут быть частные обёртки, а у основания сложного зонтика — общая обёртка. Все части растения содержат особые эфирные масла и богаты кумаринами.



Ферула вонючая (*Ferula foetida*) — растение семейства зонтичных. Млечный сок её корней состоит из смолы, камеди и эфирного масла.



та, рвота, боль в нижней части живота, головокружение, шаткая походка и судороги, которые могут закончиться параличом и даже смертью. Ранее считали, что Сократ был казнён принятием сока цикуты, однако позже выяснили, что он принял напиток на основе болиголова пятнистого. Путаница произошла из-за того, что веком называют и болиголов, и цикуту.

Сильнейшие ожоги вызывает борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*), введённый в культуру в конце 1940-х гг. для выращивания на силос. Этот гигантский сорняк достигает высоты 2—2,5 м и обычно образует сплошные заросли по обочинам дорог, окраинам полей, берегам водоёмов, вокруг деревень и ферм. Листья и плоды борщевика богаты эфирными маслами, поэтому имеют очень сильный неприятный запах. Прикосновение к листьям или стеблям может привести к раздражению и ожогу кожи за счёт того, что все части растения содержат особые вещества, резко повышающие чувствительность к ультрафиолетовому излучению.

Самые сильные ожоги, до волдырей, борщевик вызывает в ясные солнечные дни и во время цветения. В Германии, Чехии, скандинавских странах, Эстонии даже действуют правительственные и общественные программы борьбы с этим опасным растением.

Многие сельдерейные известны как пряновкусовые и овощные растения: укроп (*Anethum graveolens*), тмин (*Carum carvi*), сельдерей (*Apium graveolens*), петрушка (*Petroselinum sativum*), кориандр (*Coriandrum sativum*), анис (*Pimpinella anisum*), пастернак (*Pastinaca*) и морковь (*Daucus carota*).

Порядок ворсянковые (*Dipsacales*) в современных системах включает семейства жимолостные, калиновые, бузиновые, валериановые и ворсянковые.

К жимолостным (*Caprifoliaceae*) относятся листопадные кустарники, лианы и небольшие деревья с супротивными листьями (около 300 видов), распространённые главным образом в умеренных широтах Северного полушария. У жимолости (*Lonicera*) зигморфные цветки с чётко двугубым венчиком собраны попарно, при этом нижняя губа состоит из одного, верхняя из четырёх лепестков. Плоды — ягоды или костянки, часто они попарно сростаются. Жимолость лесная

Тмин относится к подсемейству сельдерейные.



Созревающие семена тмина.

Жимолость (*Lonicera*) — род прямостоячих, вьющихся или ползучих кустарников; принадлежащих семейству жимолостные.





Цветки и ягоды бузины (*Sambucus*) из рода цветковых растений семейства бузиновых.



(*L. xylosteum*) растёт в европейских хвойно-широколиственных лесах, жимолости Палласа (*L. pallasii*), голубая (*L. caerulea*) и алтайская (*L. altaica*) — в лесах и горах Южной Сибири. Многие виды жимолости съедобны (*L. edulus*), а жимолость каприфоль (*L. caprifolium*) — широко распространённая красивейшая декоративная лиана южных районов Причерноморья. В таёжных лесах встречается вечнозелёный кустарничек со стелющимся побегом и зимующими листьями — линнея северная (*Linnaea borealis*).

Из семейств бузиновых (*Sambucaceae*) и калиновых (*Viburnaceae*) наиболее часто можно увидеть в лесах средней полосы такие роды, как бузина (*Sambucus*) и калина (*Viburnum*). У бузины обыкновенной (*S. racemosa*) листья непарноперистые, цветки желтоватые или белые, завязь нижняя, плод — красная сочная костянка. На юге России, в Крыму, на Кавказе растут душистая бузина чёрная (*S. nigra*) и травянистая (*S. ebulus*). У калины (*Viburnum opulus*) цветки собраны в щитковидные многоцветковые соцветия, при этом краевые крупнее и слегка зигоморфные, иногда стерильные. В завязи из трёх семяпочек развивается только одна, образуется плод — яркая красная костянка.

► Короставник полевой (*Knautia arvensis*) — вид многолетних травянистых растений семейства ворсянковые.

Семейство валериановые (*Valerianaceae*) известно по лекарственному растению — валериане (*Valeriana officinalis*), корни которой издавна используют для приготовления лекарственных настоек. Это травянистые растения с рассечёнными или цельными листьями, их мелкие зигоморфные цветки собраны в соцветия. Чашечка у цветков при созревании плодов разрастается с образованием хохолка, что помогает семенам легко и далеко разлетаться от материнского растения.

Семейство ворсянковые (*Dipsacaceae*) — главным образом средиземноморские травянистые растения (около 300 видов) с супротивными листьями. Их многочисленные сидячие цветки собраны в компактные соцветия, похожие на корзинки сложноцветных и по общему виду, и по наличию обёртки. Одним из самых обычных луговых растений являются короставник (*Knautia*) и сивец (*Succisa*), в степных и горных районах распространены скабиоза (*Scabiosa*) и ворсянка (*Dipsacus*).





Подкласс губоцветные (Lamiidae)

Губоцветные связаны своим происхождением с розоцветными и представляют собой мощную эволюционную ветвь. В этот крупный подкласс входит почти 40 тыс. видов растений с характерным трубчатым околоцветником. Гинецей у губоцветных состоит из двух сросшихся плодолистиков (ценокарпный).

Порядок горечавковые (*Gentianales*) составляют семейства мареновые и собственно горечавковые.

Обширное семейство мареновые (*Rubiaceae*) — это травы, кустарники и деревья более чем 500 родов и 7 тыс. видов. Листья у них супротивные, а прилистники, часто похожие на листья, прикрепляются таким образом, что создают видимость мутовчатого листорасположения (ложная мутовка). Мелкие актиноморфные цветки собраны в соцветия, чашечка сростается с нижней завязью и имеет вид зубчиков.

В флоре умеренного пояса обычны луговые, степные и лесные виды подмаренника (*Galium*) и ясенника (*Asperula*). Большинство родов и видов мареновых обитают в тропиках. Травянистое растение марена красильная (*Rubia tinctorum*) ещё в Средние века использовалось для окрашивания ниток и материи.

К мареновым относится и вечнозелёное кофейное дерево (*Coffea*) с сочными яркими плодами, содержащими алкалоид кофеин (*C. arabica*).

Семейство горечавковые (*Gentianaceae*) представлено травянистыми растениями, среди которых много декоративных и лекарственных. Цветки горечавок одиночные или в соцветиях, правильные, с двойным ярким околоцветником. Из примерно 1 тыс. видов около 300 приходится на род горечавка (*Gentiana*), распространённый в горах северных внетропических областей. Эти замечательные растения альпийских лугов способны расти даже среди снежников и ледников. У многочисленных



Марена красильная (*Rubia tinctorum*) — многолетнее травянистое растение из рода марена.

Краска, полученная из этого растения.



Ветка кофейного дерева с плодами.

ЗАГАДКА ЦИНХОНЫ

Хинное дерево, или цинхона (*Cinchona*), было названо К. Линнеем в честь графини Хинхон, жены вице-короля Перу, которая в 1638 г. была излечена от малярийной лихорадки корой этого дерева. Оказывается, в коре цинхоны содержится до 30 алкалоидов, обладающих противомаларийным, тонизирующим и антисептическим действием; именно ради них хинное дерево и разводят в ряде тропических стран, в основном в Индонезии. Снаружи хинная кора покрыта тёмно-бурой пробкой, а внутренняя её поверхность гладкая, красно-бурая, с очень горьким вкусом, без запаха. В культуре кору со взрослого дерева сдирают несколько раз, обвязывая его после этого мхом; когда кора нарастает снова, её опять сдирают.



Маслины
и оливы —
плоды
одного
дерева.



тундровых и высокогорных горечавок цветки превышают размеры стебля или просто сидячие.

К небольшому семейству вахтовых (*Menianthaceae*) относится болотное лекарственное растение лесной полосы Северного полушария вахта, или трифоль (*Menyanthes trifoliata*).

Порядок маслиновые (*Oleales*) представлен всего одним семейством маслиновые (*Oleaceae*), куда входит около 600 видов древесных и кустарниковых растений тропических, субтропических и умеренных областей земного шара. Плоды маслиновых — костянки, ягоды, коробочки или ореховидные. Наиболее широко известен древесный род маслина (*Olea*), или олива, издавна выращиваемый в Средиземноморье как культурное масличное растение. Её плоды используют для изготовления оливкового масла и консервирования. Исторически сложилось, что незрелые зелёные плоды маслины называют оливками, а зрелые — маслинами.

У рода ясень (*Fraxinus*), включающего 65 видов, очень ценная

светлая древесина. Ясень обыкновенный (*F. excelsior*) встречается в широколиственных лесах Европы, ясень американский и пенсильванский (*F. americana*, *F. pensylvanica*) растут в Северной Америке. Для юга Дальнего Востока и Восточной Азии типичен ясень маньчжурский (*F. mandschurica*).

В садах традиционно выращивают кустарники рода сирень (*Syringa*): известно до 20 её видов и много сотен сортов, из которых самый распространённый сирень обыкновенная (*S. vulgaris*), растущая в диком виде в горах Юго-Восточной Европы. Иранский вид — сирень персидская (*S. persica*), некоторые китайские (*S. reflexa*) и белая маньчжурская (*S. amurensis*) сирень также очень популярна.

Кроме сирени декоративны такие представители маслиновых, как жасмин (*Jasminum*), бирючина (*Ligustrum*) и форзиция (*Forsythia*). Из бирючины путём стрижки формируют зелёные изгороди в садах и парках. Цветки многих видов жасмина (*J. sambac*, *J. grandiflorum*) являются источниками эфирных масел.

Среди представителей порядка паслёновых (*Solanales*) самым крупным семейством являются собственно паслёновые (*Solanaceae*). Это

Кисти цветущей
сирени.



Цветки жасмина.





травянистые, кустарниковые и полукустарниковые растения с простыми очерёдными листьями. Цветки паслёновых правильные, пятичленные, тычинки расположены между лепестками, плоды — ягоды или коробочки с несколькими семенами.

В семействе много ядовитых растений: дурман (*Datura*), беле-на (*Hyoscyamus*), белладонна, или красавка (*Atropa belladonna*), табак (*Nicotiana*), которые благодаря содержанию алкалоидов тропановой группы (гиосциамин, атропин, никотин) широко используют в медицине. Видовое название *belladonna* в переводе на русский язык означает «красивая женщина». В старину итальянские дамы закапывали сок красавки в глаза, зрачки расширялись, и глаза приобретали особый блеск, а ягодами натирали щёки, чтобы те приобрели «естественный» румянец.

Наиболее известный и обширный род паслён (*Solanum*) содержит ядовитый гликозид соланин. Он широко распространён (1,7 тыс. видов) в тропических, субтропических и умеренных областях обоих полушарий, но главным образом в Южной Америке. Среди паслёновых, которые используют в пищу, наиболее важен картофель, два вида которого широко известны в культуре: картофель андийский (*Solanum andigena*), возделываемый

КАРТОФЕЛЬ

Введение картофеля в культуру было начато много тысяч лет назад индейцами Южной Америки. В Европу (в Испанию) картофель впервые был завезён в XVI в. Появление картофеля в России связывают с именем Петра I, который в конце XVII в. прислал в столицу мешок клубней из Голландии. Поначалу население не восприняло новую культуру, так как по незнанию многие использовали в пищу не клубни, а ядовитые плоды, содержащие соланин. Только в царствование императрицы Анны Иоанновны (1730—1740 гг.) картофель стал считаться вкусным блюдом. Однако уже в XVIII—XX вв. в России картофель называли «вторым хлебом», т. е. одним из основных продуктов питания. Сейчас картофель распространён по всему миру, его варят, жарят, пекут, из него делают крахмал и любимые многими чипсы.

В Бельгии существует музей картофеля. Среди экспонатов тысячи предметов, рассказывающих об истории картофеля, — от почтовых марок с его изображением до знаменитых картин. В старину на некоторых тропических островах картофель использовали как эквивалент денег, ему посвящали стихи и баллады.



в Южной Америке, и обыкновенный картофель клубненосный (*S. tuberosa*), завезённый в Европу из Чили.

Баклажан (*S. melongena*) в диком виде растёт в Индии и Бирме. Томат, или помидор (*Lycopersicum esculentum*), в диком виде обитает на Тихоокеанском побережье Южной Америки и на Галапагосских островах; красный стручковый перец (*Capsicum annuum*) из тропической Америки выращивают как овощное растение.

В порядок бурачниковые (*Boraginiales*) входит в числе прочих крупное (2 тыс. 500 видов) семейство бурачниковые (*Boraginaceae*) — тропические деревья, кустарники и травы со спи-

◀ Цветки душистого табака распускаются вечером и источают сильный аромат.



У томата (*Solanum lycopersicum*) и баклажана (*Solanum melongena*) тип плода — ягода.



►
Медуница.

рально расположенными простыми цельными листьями. Для стеблей и листьев бурачниковых характерно жёсткое опушение, а их цветки собраны в улиткообразно закрученные завитки. Цветок почти правильный, спайнолистная чашечка сохраняется при плодах и иногда разрастается, венчик с короткой (незабудка) или длинной (медуница) трубкой разнообразной формы и окраски. Изначально двухгнездная завязь у бурачниковых делится ложной перегородкой, поэтому при созревании плодов доли завязи отделяются в виде четырёх односемянных орешков.



ДУШИСТЫЕ ГУБОЦВЕТНЫЕ

В семейство входят всемирно-известные эфиромасличные кустарнички: иссоп (*Hyssopus officinalis*), розмарин (*Rosmarinus officinalis*), лаванда (*Lavandula angustifolia*, *L. latifolia*), выращиваемые в Средиземноморье для получения ценных эфирных масел сложного состава (ароматические спирты, фенолы, терпены, альдегиды и другие органические соединения). Возделывают это замечательное теплолюбивое растение во многих странах Европы: во Франции, Италии, Испании, Чехии, Словакии, Украине, Молдавии, в странах Балканского полуострова, а в России — в Краснодарском крае. Многие губоцветные, особенно мята, душица (майоран, ореган, риган), чабрец (тимьян), иссоп, применяют в медицине, кулинарии, при консервировании, изготовлении ликёров и настоек, для производства освежителей воздуха и зубной пасты. В качестве пряного растения культивируется также базилик благородный (*Ocimum basilicum*) родом из тропической Африки.



Цветущие поля лаванды.

Бурачниковые широко распространены по всему земному шару, особенно в Средиземноморье, Западной и Средней Азии, в тихоокеанской части Северной Америки. Большинство видов входит в подсемейство буранчиковые (*Boraginoideae*): медуница (*Pulmonaria*), широко распространённая в хвойно-широколиственных и широколиственных лесах, различные виды незабудки (*Myosotis*), степные и горные монашка (*Nonnea*), восковник (*Cerinte*) и оносма (*Onosma*), салатная огуречная трава (*Borago officinalis*), а также многочисленные сорняки: синяк (*Echium vulgare*), чернокорень (*Cynoglossum officinale*), липучка (*Lappula*), кривоцвет (*Lycopsis*) и др.

Крупный порядок норичниковые (*Scrophulariaceae*) объединяет 15 семейств, основное из которых семейство норичниковые (*Scrophulariaceae*). Оно представлено в основном многолетними травянистыми растениями или полукустарниками, произрастающими в умеренных широтах, и включает около 5 тыс. видов. Венчик у этих растений очень разный по строению — от почти плоского трубчато-колёсовидного до трубчатого и от почти правильного до резко зигоморфного и двугубого, даже со шпорцем.



Андроцей только у некоторых родов образован из пяти тычинок, при этом разных по длине и опушению (коровяк), при сильной редукции андроцея могут остаться лишь две тычинки (вероника). Пестик состоит из двух плодолистиков с одним столбиком и двухгнездной завязью, в которой развивается много семян.

Род коровяк (*Verbascum*) имеет почти правильный цветок с очень короткой трубкой венчика, у растений рода наперстянка (*Digitalis*) цветок с трубчато-колокольчатым, по краю двугубым венчиком. У вероники (*Veronica*) цветок отличается плоским венчиком полное срастание двух лепестков, что делает венчик как бы четырёхлепестным. У двугубого венчика льнянки (*Linaria*) развит шпорец.

Название семейству и порядку дал неприметный род норичник (*Scrophularia*). По лугам и полянам встречаются полупаразитные растения погребок (*Rhinanthus*) и марьяник (*Melampyrum*). Совсем не имеет хлорофилла настоящий паразит — петров крест чешуйчатый (*Lathraea squamaria*), цветущий рано весной в широколиственных лесах. Крупнейшим (до 600 видов) родом семейства



Коровяк (*Verbascum*) — род растений семейства норичниковых.



Наперстянка пурпурная.

является мытник (*Pedicularis*), который наиболее богато представлен в горных районах, особенно в Гималаях.

К семейству норичниковых близки паразитические растения необычной формы и окраски и насекомоядные водные растения семейства пузырчатковых (*Lentibulariaceae*).

В порядке губоцветных, или яснотковых (*Lamiales*), самым крупным является семейство губоцветных (*Labiatae*). Оно включает многолетние травы и ксерофильные полукустарнички, распространённые по всему земному шару (3 тыс. 500 видов), за исключением арктических и антарктических областей. Больше всего губоцветных в районах Древнего Средиземья.

Виды губоцветных отличаются четырёхгранными стеблями, всегда супротивными (реже мутовчатыми) листьями и двугубыми цветками, которые сидят в пазухах листьев и образуют ложную мутовку. Цветки

Марьяник.



► Миниатюрные колокольчики в альпинарии.



Колокольчик средний.

Соцветие пижмы.



очень разнообразны по размерам, окраске и внешнему виду, но всегда имеют сходный общий план строения: в основании они трубчатые, а отгиб состоит из верхней двуплодной и нижней тройчатой губы. В цветке обычно четыре тычинки, завязь верхняя, четырёхгнездная из-за ложной перегородки, плод — распадающийся четырёхорешек. Многие виды губоцветных содержат пахучие эфирные масла.

Представителями подсемейства аюговые *Ajugoideae* являются живучка (*Ajuga*) и дубровник (*Teucrium*) с одногубым венчиком. В подсемейство яснотковые (*Lamioideae*) входит большинство яснотковых, многие из них лекарственные растения: яснотка (*Lamium*), мята (*Mentha*), душица (*Origanum*), тимьян (*Thymus*), чистец (*Stachys*), шалфей (*Salvia*), пустырник (*Leonurus*), буквица (*Betonica*), зопник (*Phlomis*) и др.

Подкласс сложноцветные, или астровые (*Asteridae*)

Сложноцветные отличаются огромным разнообразием и венчают одну из ветвей эволюционного древа двудольных. Общее число видов подкласса составляет около 30 тыс. К нему относятся пять порядков, из которых наиболее известны колокольчиковые и сложноцветные.



Пыльца в тычинках астровых созревает раньше, чем рыльца пестиков, тем самым увеличивая вероятность перекрёстного опыления.

В порядок колокольчиковых (*Campanulales*) входит одноимённое семейство (*Campanulaceae*). В нём известно более 1 тыс. видов травянистых многолетних растений внетропических областей Северного полушария. Цветки правильные, обоеполые, почти всегда с пятичленным двойным околоцветником. Венчик колокольчатый, воронковидный или колёсовидный, пыльники от свободных до склеенных в трубочку по всей длине. Пестик состоит из трёх, реже двух — пяти плодолистиков, плод — коробочка с многочисленными мелкими семенами. Самый крупный род семейства — колокольчик (*Campanula*). Это симпатичные, преимущественно горные (*C. carpatica*, *C. tridentata*), луговые и лугово-лесные (*C. patula*, *C. persicifolia*, *C. glomerata*), реже лесные (*C. trachelium*, *C. latifolia*) виды. В лесостепных районах и пойменных дубравах растёт род бубенчик (*Adenophora*). Совсем не похожи



УСТРОЙСТВО СЛОЖНОЦВЕТНЫХ

Цветки астровых собраны в особые соцветия — корзинки, а те, в свою очередь, в более сложные соцветия. Основу корзинки составляет расширенная ось соцветия, снизу прикрытая обёрткой из сближенных верхушечных листьев. В корзинке может быть от одного (мордовник) до нескольких сотен цветков (подсолнечник) разного типа, часто снабжённых плёнками, чешуйками или щетинками. В корзинках цветки различаются по строению и выполняют разные функции.

В центральной части корзинки ромашки (*Matricaria*), например, расположены правильные трубчатые плодущие цветки, а в краевой — язычковые, необходимые для привлечения насекомых. Соцветие одуванчика (*Taraxacum*) целиком состоит из язычковых цветков, а корзинка пижмы (*Tanacetum*) — только из трубчатых. Краевые крупные цветки у васильков (*Centaurea*) — стерильные трубчато-воронковидные, а в центре расположены трубчатые. Корзинка из большого числа разнообразных по форме, размерам или окраске цветков безусловно заметная, яркая, привлекательная для опылителей (соцветие типа антодий). Большинство видов энтомофильны, но встречаются и анемофильные — бескрасные цветки полыни (*Artemisia*) и др.

Чашечка цветков у сложноцветных редуцирована и либо представлена зубчатой окрайкой на верхушке завязи, либо имеет вид чешуй или волосков. Такие волоски называют хохолком, они часто остаются при плодах и помогают ветру разносить их.

Пыльники тычинок соединены в трубочку и раскрываются продольными щелями при их созревании. Завязь нижняя, только с одной семязпочкой, в семенах (семянках) имеется крупный зародыш без эндосперма. Среди семейства много анемохорных (разносимых ветром — одуванчик, козлобородник) и зоохорных (разносимых животными — лопух) растений.



на колокольчики букашник (*Jasione*) и кольник (*Phyteuma*). На Дальнем Востоке в хвойно-широколиственных лесах распространены травянистые лианы из рода *Codonopsis*, в дубовых лесах растет красивейший ширококолокольчик (*Platycodon grandiflorus*). Многие колокольчико-вые разводят в культуре как декоративные растения.

Огромное семейство сложноцветные, или астровые (*Compositae*, или *Asteraceae*), входит в порядок астровых (*Asterales*). Сложноцветные являются одним из крупнейших семейств среди покрытосеменных. Оно вклю-

чает около 1,2 тыс. родов и более 25 тыс. видов в основном травянистых однолетних и многолетних растений. Реже астровые бывают кустарниками, полукустарничками и даже небольшими деревьями, например крестовник (*Senecio*). Среди жизненных форм заметную роль играют суккулентные розеточные деревья тропической Африки и Америки, пустынные ксерофиты; практически отсутствуют водные растения, сапрофиты и паразиты. Сложноцветные распространены по всему земному шару, а многие сорные виды являются космополитными.

Ромашка аптечная. Строение растения, его цветков и плодов. Рисунок из атласа растений. Германия. XIX в.



Космополитные растения (или животные) — очень широко распространённые виды, т. е. имеющие обширные ареалы.

У бодяка листья образуют прикорневую розетку, из которой затем вырастает стебель высотой от 30 до 200 см.



В подсемейство трубкоцветных, или астровых (*Asteroideae*), входят растения с трубчатыми цветками в центре корзинки и без млечного сока: пижма, ромашка, нивяник (*Leucanthemum*), астра (*Aster*), тысячелистник (*Achillea*), бодяк (*Cirsium*), подсолнечник (*Helianthus*), крестовник (*Senecio*), василёк (*Centaurea*). Много декоративных и сорных растений из родов мелколепестник (*Erigeron*), *Stenactis*), галинсога (*Galinsoga*) имеют американское происхождение и распространились по всему миру.

Георгин — крупные многолетники с большими головками цветков.



Подсемейство латуковые (*Lactucoideae*) включает растения, у которых корзинки состоят только из язычковых цветков, а у большинства в стеблях и листьях имеется млечный сок. Представителями подсемейства — одуванчик, козлобородник (*Tragopogon*), ястребинка (*Hieracium*), осот (*Sonchus*), цикорий (*Cycchorium*), кульбаба (*Leontodon*), скерда (*Crepis*) и др.

Среди сложноцветных огромное количество полезных растений. Одни служат источниками ценного лекарственного сырья: лекарственная ромашка (*Chamomilla*), девясил (*Inula*), череда (*Bidens*), календула (*Calendula*), мать-и-мачеха (*Tussilago*); другие ценятся как пищевые и пряные растения: салат (*Lactuca sativa*), артишок (*Cynara scolymus*), полынь эстрагон, или тархун (*Artemisia dracuncululus*). Из пищевых растений наиболее важным является подсолнечник (*Helianthus annuus*), отдельные сорта которого дают семена, содержащие до 60 % пищевого масла. Целебные свойства девысила известны с глубокой древности. Упоминания о нём встречаются ещё в работах Гиппократов. На Руси были убеждены, что девясил наделён необычной силой,



Девясил — род семейства астровых.



способной излечить человека от девяти самых тяжёлых болезней. Как декоративные виды разводятся однолетние китайские астры (*Callistephus*), бархатцы (*Tagetes*), космея (*Cosmos*), георгины (*Dahlia*), циннии (*Zinnia*), рудбекии (*Rudbeckia*), хризантемы (*Dendranthema*) и др.

Класс однодольные (Monocotyledones)

Однодольные растения по целому набору признаков существенно отличаются от двудольных. Подавляющее большинство однодольных — травянистые растения, хотя имеются небольшие кустарниковые формы и даже деревья, например пальмы.

Самая важная особенность этой группы растений — наличие единственной семядоли у зародыша. Зародышевый корешок у однодольных быстро отмирает, вместо него развивается мочковатая корневая система из придаточных корней. У листьев, как правило, параллельное или дугональное жилкование, типичных прилистников не развивается. В про-

водящих пучках нет камбия, поэтому отсутствует и вторичное утолщение стебля. Для междоузлий на стеблях и для оснований листьев характерен так называемый вставочный, или интеркалярный, рост, приводящий к дополнительному удлинению этих органов. Цветки однодольных имеют простой околоцветник (без чашечки) и двух- или трёхчленный тип строения (количество лепестков кратное двум или трём).

Однодольные включают примерно 63 тыс. видов, что составляет около 20 % от количества видов двудольных. Среди них выделяют четыре подкласса, из которых наиболее крупными и широко известными являются частуховые, лилейные и пальмовые.

Подкласс частуховые (Alismatidae)

Подкласс частуховые — древняя экологически обособленная группа, наиболее близкая к первичным исходным водным формам двудольных растений из порядка нимфейных. Частуховые объединяют корневищные водные, прибрежные и болотные растения с рядом примитивных признаков в строении различных органов (в других системах их называют болотниковые — *Helobiae*). Парен-



Частуха, или водяной подорожник (*Alisma*), — растение семейства частуховых.



Сусак зонтичный (*Butomus umbellatus*) — единственный представитель семейства сусаковых.

Стрелолист (*Sagittaria*) — род водных многолетних растений семейства частуховых.



Взморник (*Zostera*) растёт большими колониями, образуя подводные луга.



Рябчики — растения из семейства лилейных.

► Рябчик императорский в саду.

хима толстых корневищ этих растений заполнена запасным крахмалом, а проводящая система чрезвычайно примитивна. Цветок имеет двойной околоцветник, гинецей состоит из не сросшихся плодолистиков, положение завязи может быть разным. Семена частуховых не имеют эндосперма.

Представителей порядка частуховые не зря именуют также болотниковыми. Дело в том, что все они любители избыточного увлажнения — гидрофиты или даже настоящие водные растения — гидрофиты.

Порядок частуховые (*Alismataceae*) объединяет около 100 видов околоводных многолетних травянистых растений, образующих прикорневые розетки листьев и соцветия из мелких обоеполых актиноморфных трёхчленных цветков. Частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*) обычна для небольших водоёмов, болот и канав, а стрелолист (*Sagittaria sagittifolia*), развивающий два типа листьев (надводные и подводные), растёт по берегам рек и на мелководьях.

Порядок сусаковые (*Butomales*) включает только одно семейство сусаковые (*Butomaceae*), которое представлено одним видом — сусак зонтичным (*Butomus umbellatus*), широко распространённым по вне-тропической части Евразии.

У представителей семейства водокрасовых (*Hydrocharitaceae*) из порядка водокрасовых (*Hydrocharitales*) семена распространяются с помощью воды. Это буйно разрастающиеся в пресных водоёмах водокрас обыкновенный (*Hydrocharis morsur-ranae*) и телорез (*Stratiotes aloides*), а также завезённая из Америки элодея канадская, или водяная чума (*Elodea canadensis*), стремительно заполнившая водоёмы Евразии. Любители аквариумов хорошо знают тропическую валлиснерию (*Vallisneria*).

Для растений порядка рдестовые (*Potamogetonales*) характерны цветки с простым околоцветником, собранные в колосовидные соцветия, поднятые над водой. Крупный род рдест (*Potamogeton*) из семейства рдестовых включает более 100 видов, многие из которых расселились в небольших водоёмах и речках.

Редукция околоцветника наблюдается также и у водных растений из небольших семейств порядков *Najadales* и *Zosteriales*. В глубине заливов и в других тихих местах, реже в открытом море на иловато-песчаном грунте встречаются роскошные





Цветки безвременника распускаются поздней осенью, а листья и плоды появляются весной.



луга зелёной морской травы зостеры (*Zostera*). Она служит убежищем для морских игл, многих рыб и креветок.

Подкласс лилейные (*Liliidae*)

Подкласс лилейные — самый крупный среди однодольных: в него входят 96 семейств и более 56 тыс. видов. Цветки у большинства растений образованы шестью листочками околоцветника, шестью тычинками, а пестик состоит из трёх в разной степени сросшихся плодолистиков. Среди лилейных преобладают сухопутные растения, нередко переходящие к эфемероидному образу жизни.

Лилейные (*Liliales*) — крупный порядок, включающий многолетние травы с корневищами или луковицами. Цветки правильные, с простым венчиковидным, реже чашечковидным околоцветником. Завязь трёхгнёздная, плоды — коробочки или ягоды, многочисленные семена имеют эндосперм.

В порядок входит и семейство мелантиевые (*Melanthiaceae*). У рода чемерица (*Veratrum*) плодолистики срастаются только в нижней части. Североамериканский род мелантиум (*Melanthium*), подобно чемерице, имеет корневище, а у других мелантиевых развиваются луковицы.

ВОЛШЕБНЫЕ ИРИСЫ

Растения семейства ирисовых (*Iridaceae*) отличаются потрясающей красотой. Распространены они большей частью в засушливых низкогорьях, степных и полупустынных районах по всему миру, особенно много их на Иранском нагорье и юге Африки. Это многолетние корневищные, клубнелуковичные, реже луковичные травы с характерными плоскими мечевидными листьями. У рода ирис (*Iris*) столбик имеет три лепестковидных выроста, в верхней части которых находятся каёмчатые рыльца, прикрывающие сверху тычинки. В флоре умеренных широт встречаются околотовидный ирис ложноаировидный (*I. pseudoacorus*), по влажным лесным лугам растёт ирис сибирский (*I. sibirica*), в степях — ирис безлистный (*I. aphilla*), на Дальнем Востоке — ирис Кемпфера (*I. kaempferi*) и др. В садах разводят гладиолусы (*Gladiolus*) разных сортов и ранневесенние низкорослые разноцветные крокусы (*Crocus*). В природе эти растения встречаются на лугах Кавказа, Карпат и Алтая.



К этому семейству относится и безвременник (*Colchicum*), содержащий ядовитый алкалоид колхицин. Безвременник цветёт поздней осенью красивыми лиловатыми цветками, торчащими прямо из земли, а листья



Лилия кудреватая (*Lilium martagon*) — многолетнее луковичное растение.



Эремурус.

и плоды появляются у него только будущей весной. Летом листья засыхают, отправляя накопленные запасные вещества в подземные клубнелуковицы, и растение готовится снова зацвести осенью. Его охотно разводят садоводы из-за позднего цветения.

Семейство лилейные (*Liliaceae*) включает луковичные растения с ярким раздельнолистным околоцветником и плодом-коробочкой. В Северном полушарии много эфемероидных форм лилейных, большинство из которых распространены в степях и горах. Главенствует здесь род



АЛОЭ

Целебные свойства алоэ были известны древним египтянам, грекам, римлянам, индейцам и китайцам ещё тысячу лет назад. Лекарственное алоэ древовидное (*Aloe arborescens*) пришло к нам с мыса Доброй Надежды и из Южной Африки. В комнатных условиях алоэ цветет крайне редко, поэтому и названо народом «столетник» — как бы цветущий раз в сто лет. Своими волшебными лечебными свойствами он обязан веществу аллантоину, который содержится в его листьях. Алоэ содержит также витамины В, С и Е, а также бета-каротин, который в организме превращается в витамин А.

лилия (*Lilium*), дикорастущие виды которого встречаются на Кавказе (*L. monadelphum*), в лесах европейской части и в Сибири (*L. martagon*), в степях Монголии (*L. daburicum*, *L. tenuifolium*). Многие виды лилий разводят как декоративные.

Широко известны виды тюльпана (*Tulipa*), гусиного лука (*Gagea*) и рябчика (*Fritillaria*), распространённые в степных и горных районах. Особенно красив рябчик императорский (*F. imperialis*), попавший в сады венской знати из Турции ещё в 1576 г. и уже оттуда начавший свой путь к сердцам любителей цветов в Европе. Крупная (12—15 см) белая луковица этого рябчика имеет специфический запах и отпугивает мышей на садовой клумбе.

Семейство амарилисовые (*Amaryllidaceae*) из порядка амарилисовые (*Amarillidales*) насчитывает около 1000 луковичных эфемероидных видов, распространённых в тропических и субтропических областях Средиземноморья, Южной Африки, Америки. Амарилисовые внешне очень похожи на лилейные, но их цветок отличается наличием особой коронки, или привенчика, и нижней завязью. Наиболее известны такие красивоцветущие эфемероиды, как нарцисс



Подснежники.



(*Narcissus*), подснежник (*Galanthus*), белоцветник (*Leucojum*) комнатные растения африкано-американских видов *Crinum*, *Amaryllis* и др.

К асфodelовым (*Asphodelaceae*) относится листовая суккулент алоэ, или столетник (*Aloe*), и хорошо известные декоративные комнатные растения гастерия (*Gasteria*) и хлорофитум (*Chlorophytum*). В горных пустынях Средней Азии цветут роскошные свечевидные мощные эремуры (*Eremurus*). В горах Крыма и Кавказа привлекают внимание изумительными жёлтыми или белыми цветками представители асфodelины (*Asphodeline*).

Семейство гиацинтовые (*Hyacinthaceae*) объединяет луковичные со спайнолистным околоцветником, их цветы часто собраны в соцветия. Сюда относятся многие красивые ранневесенние лесные, горные и степные растения: пролеска (*Scilla*), хионодокса (*Chionodoxa*), гиацинт (*Hyacinthus*), птицемлечник (*Ornithogalum*), мускари (*Muscari*).

Семейство луковые (*Alliaceae*) включает большой род лук (*Allium*), объединяющий до 400 видов. Небольшие цветки луков собраны в зонтиковидные, часто шаровидные соцветия, при этом у одних видов в зонтике может быть около 10—15 цветков, а у других несколько десятков. Окраска цветков варьирует от бледно-розовой или зеленоватой до сочно-розовой, ярко-жёлтой, синей, лиловой и тёмно-фиолетовой. У одних луков имеются корневища, у других — луковички, у третьих — и луковички, и корневища. Листья обычно плоские или трубчатые (дудчатые), а всё растение имеет специфический вкус и запах. Луковые играют большую роль в аридных районах Центральной Азии, образуя опустыненные луковые степи, где пасутся дикие животные.

Многие луки разводят как полезные овощные растения: репчатый (*A. cepa*), лук-батун (*A. fistulosum*), порей (*A. porrum*), чеснок (*A. sativum*), черемша (*A. victorialis*) и др. У так называемых «афлатунских луков», или «луков-анзуров», имеются не только крупные, декоративные шаровидные соцветия, но и съедобные, целебные луковички, содержащие

◀
Строение лука.
Рисунок из атласа растений.
Германия. XIX в.



Мускари — мышинный гиацинт, или гадючий лук.



►▼
Цветки банана
(справа) и его
плоды (внизу).



физиологически активные вещества, заряжающие человека энергией.

Среди семейства агавовые (*Agavaceae*) хорошо известна древовидная юкка (*Yucca*) и крупный бесстебельный розеточный листовый суккулент агава (*Agave*), растущие в тропических пустынях Америки. Цветут агавы один раз в жизни (на 5—6-м или 15-м году, некоторые на 50—100-м году), образуя цветонос длиной до 12 м с многочисленными (до 17 тыс.) цветками, после чего отмирают. Виды агавы, например *A. sisalana*, разводят в тропических областях для получения из листьев сизаля (волокна), из которого ткют натуральные напольные покрытия. В Мексике из сладкого сока агавы готовят алкогольный напиток пульке, а из побегов агавы — крепкий алкогольный напиток текила.

Растения семейства спаржевых (*Asparagaceae*) из порядка спаржевых (*Asparagales*) — корневищные травы со спайнолистным околоцветником и сочным ягодообразным плодом. Это широко известные лекарственные травы, используемые также в парфюмерии и декоративном цветоводстве: ландыш (*Convallaria majalis*), майник (*Majanthemum*), вороний глаз (*Paris quadrifolia*), купена (*Polygonatum*), аспарагус, или спаржа (*Asparagus*).

К семейству драценовых (*Dracaceae*) относятся известные ком-

Ландыш относится к семейству спаржевых.



натные растения драцена (*Dracaena*) и щучий хвост (*Sansevieria*). В природе драцены представлены небольшими деревцами с розетками крупных листьев на вершинах стволов.

Высокие многолетние корневищные травы из порядка имбирных (*Zingiberales*) с зигоморфными или асимметричными цветками растут в тропиках и субтропиках Старого и Нового Света. В порядке насчитывают около 2 тыс. видов, среди которых банановые (*Musaceae*) и имбирные (*Zingiberaceae*). Многие представители порядка декоративны (стрелиция, канны), съедобны (банан) или используются как пряности (имбирь, кардамон).

В громадном порядке орхидные (*Orchidales*), представляющем крупную ветвь энтомофильных растений эволюционного древа однодольных, одно большое семейство орхидные (*Orchidaceae*) насчитывает около 750 родов и до 20 тыс. видов многолетних наземных или эпифитных травянистых корневищных растений. Многие орхидные имеют особые надземные и подземные клубни. Среди орхидей есть лианы, эпифиты, а также сапрофитные растения, растущие на лесном гумусе.



1. Фаленопсис.
2. Ятрышник.
3. Каттлея лутеола.
4. Венерин башмачок.
5. Хабенария радиата.
6. Катлея гутата.



ОРХИДНЫЕ

Цветки орхидей имеют своеобразное строение. Они зигоморфные, обоеполые, с ярко окрашенным венчиковидным околоцветником и спирально скрученной вытянутой нижней завязью, часто собранные в соцветия. В околоцветнике задний лепесток внутреннего круга обычно резко отличается от остальных по форме, величине и окраске, образуя «губу». Эта губа занимает положение, удобное для соответствующего опылителя; у многих губа имеет особую ямку с нектарником или шпорец с нектаром. В цветках развиты всего три, две или одна тычинка, при этом их нити почти редуцированы и срастаются со столбиком пестика. Пестик необычной формы: образован тремя сросшимися плодolistиками, завязь одногнездная, с тысячами (до 100 тыс.) мельчайших семян. Для прорастания семенам необходим контакт с определёнными микоризными грибами.

Орхидные — второе по числу видов семейство после сложноцветных. Наибольшее их разнообразие отмечается в тропиках Индо-Малайской области и Южной Америки, а во внетропической флоре известно всего около 40 родов напочвенных орхидей.

В России наиболее известны виды родов пальчатокоренник ятрышник (*Dactylorhiza*), любка (*Platanthera bifolia*), дремлик (*Epipactis*), пыльцеголовник (*Cephalanthera*), тайник (*Listera*), а также паразиты: ладьян (*Corallorhiza*), гнездовка (*Neottia*) и некоторые другие лесные виды. Самыми красивыми в средней полосе считают виды венерина башмачка (*Cypripedium*).

Из декоративных оранжерейных растений широко известны каттлея (*Cattleya*) и фаленопсис (*Phalaenopsis*), а из пищевых — ваниль (*Vanilla*), из плодов которой получают ванильный порошок для ароматизации пищевых продуктов.



Камыш сильный (*Scirpus validus*) из семейства осоковых.



Рогоз из семейства осоковых часто ошибочно называют камышом.



Папирус.

В порядок осоковых (*Cyperales*) входит лишь одно семейство осоковые (*Cyperaceae*), включающее около 100 родов и свыше 4 тыс. видов многолетних корневищных ветроопыляемых трав. Стебли в сечении трёхгранные, в отличие от злаков заполненные тканью. Цветки мелкие, невзрачные, обоеполые или однополые, собранные в простые колоски, которые, в свою очередь, соединены в сложные головчатые, зонтиковидные, метельчатые или колосовидные соцветия.

Представители рода камыш (*Scirpus*) в основном водные и водно-болотные растения, иногда с безлистным стеблем; наиболее широко распространены камыши лесной (*S. sylvestris*) и озёрный (*S. lacustris*). В цветках камышей имеется околоцветник из шести плёночек. У сыти (*Cyperus*) цветки совсем не имеют околоцветника. С древних времён известны африканский папирус (*C. papyrus*), а также чуфа, или земляной миндаль (*C. esculentus*), разводимый в Южной Европе и Северной Америке для получения растительного масла для пищевой и парфюмерной промышленности.

Болотные растения пушицы (*Eriophorum*) преобладают в расти-

тельном покрове болот тундровых и лесных районов Европы, Сибири, Северной Америки. Их цветки имеют редуцированные околоцветники в виде одной — шести или многих щетинок, которые сохраняются при плодах, образуя своеобразные «пуховки».

Растения родов осока (*Carex*) и кобрезия (*Kobresia*) имеют раздельнополые цветки без околоцветника. Женские цветки размещаются внутри особого «мешочка» листового происхождения, который может быть различной формы, размеров и опушения. В период цветения из него высовываются два или три рыльца. Мешочки при созревании семян разрастаются и даже вздуваются. У представителей рода кобрезия типичного мешочка не образуется. Среди осок выделяют равно- и разноколосые осоки по характеру расположения в колосках мужских (тычиночных) и женских (пестичных) цветков.

Одними из самых распространённых луговых и болотных равноколосых осок средней полосы России являются заячья (*C. leporina*), лисья (*C. vulpina*), сероватая (*C. canescens*), ранняя (*C. praecox*) и соседняя





(*C. contigua*). В группу разноколосых осок входят волосистая (*C. pilosa*), острая (*C. acuta*), дернистая (*C. caespitosa*), вздутая (*C. rostrata*), пузырчатая (*C. vesicaria*), жёлтая (*C. flava*) и др. В степях много осоки приземистой (*C. humilis*), в пустынях — осоки вздутой (*C. physodes*). Жизненные формы осок достаточно разнообразны: дерновинные, ползуче-корневищные, кочкообразующие. Кочки некоторых осок, например высокой (*C. elata*) и дернистой, достигают в высоту 60—80 см.

Порядок злаковые (*Graminales* или *Poales*) включает только одно семейство злаковых, или мятликовых (*Gramineae*, или *Poaceae*). Это одно из важнейших и крупнейших семейств цветковых растений, в нём 650 родов и свыше 10 тыс. видов однолетних и многолетних трав. Почти все злаки легко узнать — это травы с оригинальным строением стебля в виде соломины, членистой в узлах и полый в междоузлиях. Только стебли тропических бамбуков одревесневают и достигают 20 см в диаметре, а в высоту от 20 до 50 м. Узкие, линейные очередные листья отходят от узлов на стебле, обхватывают соломину при помощи листо-

вого трубчатого влагалища, которое защищает основания междоузлий, способных к интеркалярному (вставочному) росту. В месте перехода трубки в плоскую листовую пластинку имеется особый язычок, не дающий воде затекать внутрь.

Ветвление у большинства злаков происходит под землёй и называется кущением. В зависимости от способа кущения выделяют длиннокорневищные (пырей, кострец), ложнодерновинные или рыхлокустовые (тимopheевка, ежа) и плотнокустовые (щучка, ковыль, типчак) злаки.

Злаки ведут свое начало от древних ветроопыляемых лилейных, а их цветок в процессе эволюции претерпел очень большие изменения: вместо околоцветника у него осталась тонкая верхняя цветковая чешуя и две плёночки — лодикулы. Тычинок обычно три, а пестик состоит из двух сросшихся плодолистиков и имеет двураздельное перистое рыльце. Каждый цветок злака обёрнут особым кроющим листом — крупной, довольно жёсткой нижней цветковой чешуёй. На чешуях многих злаков часто имеются короткие или длинные, прямые или изогнутые ости.

Цветки у злаков собраны в простые колоски, содержащие от одного

◀ Цветы циперуса очереднолистного.



У овса соцветие — метёлка.

Пшеница. Из пшеничной муки изготавливают макаронные изделия, белый хлеб и другие продукты.



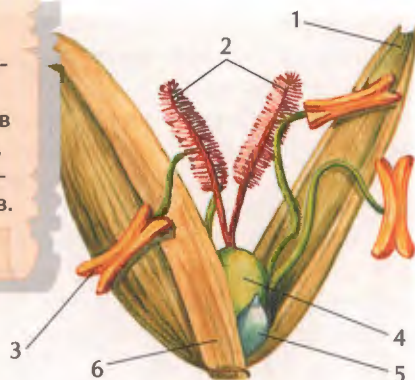


Триба — ранг таксона в систематике ниже семейства, но выше рода. Трибы обычно выделяют в некоторых крупных семействах, в каждую из триб злаковых входит, например, несколько родов.

Строение цветка злака.

- 1 — верхняя цветковая чешуя;
- 2 — рыльца;
- 3 — тычинка;
- 4 — завязь;
- 5 — лодикла;
- 6 — нижняя цветковая чешуя.

Родина кукурузы — Америка. Там её возделывают уже около 5 тыс. лет.



до нескольких цветков. Колоски в свою очередь сгруппированы в различные соцветия: сложные колосья, метёлки, султаны или початки. У основания каждого колоска в соцветии многих злаков имеются две колосковые чешуи разного размера и формы, с остями или безостые. У некоторых злаков в соцветиях часть цветков становятся бесплодными (зубровка), есть и однополые цветки, собранные в мужские и женские соцветия (кукуруза).

Плод злаков называется «зерновка», в которой семенная кожура сплелась с околоплодником. Эндосперм зерновки содержит много крахмала (74 %) и белков, а зародыш отделён от эндосперма особым щитком, через который он получает питательные вещества.

Злаковые — это основные хлебные и крупяные культуры большинства стран мира. Пшеница (*Triticum*), рис (*Oryza*) и кукуруза (*Zea mays*) считаются главными пищевыми растениями человечества. Широко известны также просо (*Panicum*), рожь (*Secale*), овёс (*Avena*) и сорго (*Sorghum*). Благодаря высокому содержанию питательных веществ в плодах, стеблях и листьях многие злаки служат не только ценными пищевыми, но и кормовыми растениями.

Злаки играют огромную роль в растительном покрове планеты. Они не только имеют высокую хозяйственную ценность, но и доминируют в различных травяных сообществах в разных регионах мира. Наиболь-

БАМБУКИ

Триба бамбуковые (*Bambuseae*) объединяет корневищные злаки с одревесневевшими стеблями и примитивными типами цветков. Наиболее широко бамбуковые представлены в субтропических и тропических районах Азии. Бамбуки являются важнейшими техническими культурами во многих странах мира, а обыкновенный бамбук (*B. arundinacea*) можно сравнить в этом отношении только с кокосовой пальмой. Из корневища бамбука быстро вырастают многочисленные стебли высотой 18 м и больше.

Некоторые виды бамбука цветут крайне редко — раз в 100 лет или ещё реже. Обыкновенный бамбук цветёт примерно раз в 25 лет, обильно и одновременно на больших территориях, образует плоды, а затем отмирает полностью, израсходовав все запасы энергии, или погибают только его наземные побеги, а корневища сохраняются. Из жёсткой, лёгкой и очень прочной древесины бамбука можно строить даже дома. Когда-то вся столица Таиланда покоилась на бамбуковых плотах, из него строились также мосты и водопроводы.





шее число видов приходится на тропические области, но доминантами они выступают и в сообществах умеренных широт (луга, степи).

В пределах этого большого семейства обычно выделяют трибы или подсемейства.

Злаковые некоторых триб встречаются лишь в определённых областях, но многие распространены весьма широко. Систематиками выделено от 13 до 28 различных триб злаков.

К трибе рисовых (*Oryzeae*) относится рис посевной (*Oryza sativa*) — одна из древнейших (более 7 тыс. лет назад) сельскохозяйственных культур. Это очень влаголюбивое и теплолюбивое растение, выращиваемое при орошении или в местах со значительным (не менее 1800 мм в год) количеством осадков. В тропиках, субтропиках и тёплых районах умеренного пояса возделывают однолетний рис. Существует около 20 видов риса, произрастающих главным образом в тропиках и субтропиках Азии, Африки, Америки, Австралии. Один и тот же сорт риса, обработанный по-разному, имеет разный цвет, вкус, питательные свойства и требует разного времени для приготовления.

Представители трибы ковылёвых (*Stipeae*) — типичные степные растения. Это ксерофильные дерновинные злаки с узкими, свёрнутыми вдоль листьями и длинными остями. У ковыля (*Stipa*) ость может быть перистая или закрученная без перистого опушения.

Тростниковые (*Arundineae*) — крупные злаки с многоцветковыми колосками. Сюда относится широко распространённый род тростник (*Phragmites*).

К трибе овсяницевых (*Festuceae*) относится большое число обычных злаков умеренного пояса. Многие роды широко растут в луговых и степных сообществах: костре́ц (*Bromopsis*), костёр (*Bromus*), мя́тлик (*Poa*), овсяница (*Festuca*), ежа



Рис очень требователен к теплу и влаге.

(*Dactylis*), трясунка (*Briza*), тонконог (*Koeleria*) и др.

Овсяные (*Avenae*) имеют сильно развитые колосковые чешуи, закрывающие весь колосок. На влажных лугах в средней полосе обычна щучка дернистая (*Deschampsia caespitosa*). Среди зерновых культур большое значение имеют виды овса (*Avena sativa*).

В трибу полевицевых (*Agrostideae*) входят луговые растения с одноцветковыми колосками: вейник (*Calamagrostis*), полевица (*Agrostis*), лисохвост (*Alopecurus*), тимофеевка (*Pleum*).

К трибе канареечниковых (*Phalarideae*) относятся злаки, которые имеют не по две, а по четыре колосковые чешуи и недоразвитые цветки в колоске: зубровка (*Hierochloa*), душистый колосок (*Anthoxanthum*), канареечник (*Phalaris*), двукисточник (*Digraphis*).

Триба ячменные (*Hordeae*) включает важнейшие хлебные и крупяные злаковые культуры: пшеницу, ячмень (*Hordeum*), рожь, про исхождение которых связывают с районами древнего Средиземноморья. У этих растений колоски собраны в сложные колосья. В природе — на лугах, в степях и на горных склонах — большую роль играют виды пырея, или житняка (*Elytrigia* или *Agropyron*), на



Ежа сборная (слева) и тимофеевка (справа).





КУКУРУЗА

Кукуруза — однолетнее растение высотой от 1 до 6 м с толстым плотным стеблем, широкими, до 10 см, листьями и выступающими из нижних узлов стебля густыми кольцами придаточных корней. Наиболее широко распространён в культуре американский род кукуруза, или маис (*Zea mays*).

Местом происхождения кукурузы считается Центральная Мексика. Мировыми лидерами по выращиванию кукурузы являются США и Китай. Кукуруза используется для производства множества разнообразных продуктов. Из её проростков делают салаты, из зародышей выжимают пищевое масло, а крахмал зёрен используют как хороший загуститель для приготовления желе, джемов и других кондитерских изделий. Зёрна идут на изготовление разного вида хлопьев.



Серебряный початок кукурузы. Перу. XV в.

► Пальмы — характерная черта пейзажа субтропиков.

засолённых песчаных субстратах растёт волоснец (*Leymus*, или *Elymus*). Многие виды длиннокорневищных злаков (пырей) стали агрессивными сорняками полей и огородов.

У белоусовых (*Nardeae*) одноцветковые колоски обращены в одну сторону, а колосковые чешуи отсутствуют. Из наиболее известных злаков сюда относится белоус (*Nardus stricta*) — индикатор бедных кислых почв.

Просовые (*Panicaceae*) имеют одноцветковые колоски. Это самая крупная триба злаков (1,4 тыс. видов), растущих преимущественно в тропиках. Из субтропических культур можно отметить просо (*Panicum*) и чумизу (*Setaria*).

Сорговые (*Andropogoneae*) представлены крупными злаками с одно-

цветковыми колосками, собранными в кистевидные соцветия. Сюда входит большой род сорго (*Sorghum*). Культура сахарного тростника (*Saccharum officinarum*), содержащего в сердцевине стеблей до 20 % сахарозы, широко распространилась по всем тропическим странам мира.

Маисовые (*Maydeae*) отличаются однополыми цветками, собранными в разных соцветиях: мужские находятся в верхушечных метёлках, а женские в боковых соцветиях — початках.

Подкласс арековые (*Arecidae*)

Арековые включают 4 порядка и около 6,5 тыс. видов растений с мелкими однополыми цветками, собранными в соцветия, одетые характерным кроющим листом, или покрывалом (*spatha*). В один из них входят как высокие деревья пальмы, так и эпифитные травянистые ароидные и свободно плавающие маленькие рясковые.





Порядок пальмовые (*Arecales*) состоит из одного семейства *Palmaceae*. Это деревья с особой формой роста, обычно имеющие прямой (иногда до 50—60 м высоты) неветвящийся ствол без вторичного утолщения с крупной розеткой листьев на вершине. Некоторые пальмы растут как лианы или бесстебельные розеточные растения. Пальмы (около 3 тыс. видов) произрастают в тропических и субтропических областях мира, где формируют леса, саванные редколесья или внедряются в мангровые заросли.

Стволы пальм нередко имеют листовые рубцы от опавших листьев, они могут быть покрыты расщеплёнными на волокна остатками листовых черешков или колючими от одиночных или мутовчатых шипов. Листья пальм очень разнообразны по размерам, форме и характеру расчленённости, но чаще всего встречаются перистые и веерные пальмы.

Цветки у пальм мелкие, невзрачные, правильные, собраны в сильно разветвлённые метельчатые, порой огромные соцветия (до 7—9 м длиной) с кроющими кожистыми, плён-

чатыми или волокнистыми покрывалами. Многие пальмы являются монокарпиками, т. е. цветут и плодоносят один раз в жизни, после чего умирают, например саговая пальма (*Metroxylon*) и корифа (*Corypha*).

Наиболее богаты пальмами Юго-Восточная Азия и Южная Америка. В западной части Южной Европы встречается дикорастущая бесстебельная пальма хамеропс (*Chamaerops humilis*). Наиболее широко известны финиковая пальма (*Phoenix dactylifera*) с тысячами цветков в соцветии, из которых созревают сладкие финиковые плоды, а также масляная (*Elaeis guineensis*) и кокосовая (*Cocos nucifera*); плоды последней содержат богатый маслами белый эндосперм.

Из крахмалистой сердцевины ствола многих пальм (*Caryota*, *Corypha*) получают зерновое саго и муку для выпечки хлеба. Различные вегетативные органы некоторых пальм (листья и их черешки, стволы) издавна используются в хозяйственных целях, например, из гибких побегов (длиной до 300 м) ротанговой пальмы (*Calamus*) изготавливают

◀ Финиковая пальма канарская с плодами.

Ствол корифы зонтиковидной (*Corypha umbraculifera*), дерева 15—24 м высотой и 50—60 см в диаметре, в нижней части покрыт остатками черешков листьев.





Белокрыльник
болотный.

мебель. Немало видов пальм издавна выращивают как декоративные парковые (в тёплых странах) и комнатные растения.

Растения семейства арониковых, или ароидных (*Araceae*), из порядка арониковых (*Arcales*) отличаются толстыми мясистыми соцветиями — початками, окружёнными одним большим кроющим белым, красным или бурым покрывалом. Разнополые цветки ароидных собраны на одном початке. Некоторые виды привлекают насекомых неприятным запахом цветков. Большинство ароидных — растения тропиков и субтропиков,

Антуриум — растение семейства арониковых.



ПЛАЧ МОНСТЕРЫ

У монстеры есть интересная особенность, из-за которой её иногда называют «плакса»: после обильного полива или просто в пасмурную погоду с кончиков её листьев падают большие капли воды. Таким образом монстера избавляется от излишней влаги. На её родине, в тропических лесах, воздух так перенасыщен влагой, что испарение почти невозможно, а растение впитывает из почвы огромное количество воды, излишки которой приходится сбрасывать. Именно поэтому у монстеры на концах жилок листа появились специальные водяные устьица (гидатоды), через которые и выделяется влага.



Цветущая монстера.

знакомые нам как комнатные и декоративные: антуриум (*Anthurium*), монстера (*Monstera*), филодендрон (*Phyllodendron*).

Во флоре умеренного пояса из ароидных представлены лишь прибрежные и водно-болотные виды: аир (*Acorus calamus*) со сладким корневищем и белокрыльник болотный (*Calla palustris*).

К початкоцветным относится также небольшое (30 видов) семейство водных растений рясковые (*Lemnaceae*). Ряски (*Lemna minor*, *L. trisulca*) — пример крайней редукции генеративных и вегетативных органов: это маленькие листовидные плавающие образования с нитевидными корешками, а их соцветие — крошечный редуцированный початок с одним женским цветком появляется крайне редко, преобладает вегетативное размножение.

В порядок рогозовых (*Typhales*) входят два небольших семейства ежеголовниковые (*Sparganiaceae*) и рогозовые (*Typhaceae*), представители которых предпочитают прибрежные и водно-болотные местообитания.



ГЕОГРАФИЯ РАСТЕНИЙ И БИОРАЗНООБРАЗИЕ

ГЕОГРАФИЯ РАСТЕНИЙ

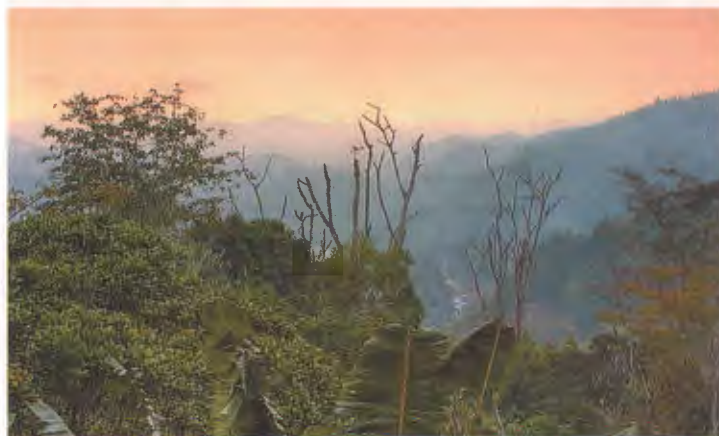
«Невиданных растений без числа растут без всякой пользы!» — эти строки принадлежат китайскому поэту Су Дун-по, который в XIII в. полагал, что число растений на Земле неопределимо. Однако ещё в работе древнегреческого учёного и философа Теофраста «Естественная история растений» имелись сведения примерно о 500 растениях, которые он делил на четыре группы: деревья, кустарники, кустарнички и травы. В XVI в. итальянский ботаник Андреа Чезальпино в сочинении «О растениях» приводит сведения о 1500 видах, в XVIII в. шведский естествоиспытатель Карл Линней подробно описал и назвал более 10 тыс. видов.

У каждой природной зоны своя красота, свой неповторимый облик — в соответствии с типом климата, в котором они существуют. В начале XIX в. первые представления о распределении растений по

поверхности планеты внёс в науку выдающийся немецкий географ Александр фон Гумбольдт.

Флору мира изучают на основе разработанной флористической системы. Для этого поверхность суши делят на территории, для которых характерны особенные сообщества растений. В каждом таком районе произрастают эндемики, которые не встречаются больше нигде на Земле.

Девственных, нетронутых человеком ландшафтов на планете осталось совсем немного. Например, дождевые леса Мадагаскара.





Посадки оливковых деревьев в Испании сильно изменили естественный ландшафт.

Выделяют флористические царства, подцарства, области, провинции, округа. Высшей категорией данной системы являются флористические царства, для них характерен высокий ранг эндемичных таксонов, т. е. эндемичными являются порядки и семейства растений (при этом среди родов и видов тоже много эндемиков). Таксон (от *греч.* taxis — «распо-

ложение в порядке») — систематическая единица любого ранга: вид, род, семейство, порядок, класс, тип. Таким образом, в каждом царстве имеются аборигенные виды, роды и семейства растений, которые связаны в своём развитии именно с этой территорией, здесь находятся центры их происхождения. Такие таксоны называют автохтонными (от *греч.* autós — «сам», «свой» и chthōn — «земля»). Но есть в каждом царстве и растения-мигранты, пришедшие сюда издалека и приспособившиеся к здешним условиям обитания. Их называют аллохтонными (от *греч.* allós — «другой» и chthōn — «земля»).

Границы между царствами проводят, изучая и сопоставляя карты ареалов многочисленных видов, родов и семейств. Труднее всего определить границы на равнинах, где при плавном изменении природных условий и смена одних видов другими происходит так же постепенно. Флористическая система служит для хранения и поиска информации о видах растений и их комплексах, присущих каждой конкретной территории Земли.

ЭНДЕМИКИ

Эндемики, или эндемы (от *греч.* éndemos — «местный»), — виды либо другие таксоны (роды, семейства и т. д.), обитающие только в ограниченном географическом регионе. Можно сказать «эндемик острова Сахалин» или «эндемик альпийских лугов Алтая» и т. п. Площадь, занимаемая эндемичными видами, может быть очень небольшой. Например, сосна пицундская встречается только на побережье Чёрного моря в северо-западной части Кавказских гор, сосна эльдорадская — только в Грузии. Иногда эндемичный таксон распространён лишь в строго определённой области земного шара. Так, род эвкалипт принадлежит исключительно Австралии.

Палеоэндемиками называют реликтовые виды. Это, например, вельвичия удивительная, гинкго двулопастный, в прошлом они были распространены более широко, но в наши дни сохранились на очень ограниченной территории. Неоэндемиками именуют молодые развивающиеся виды в изолированных районах (например, многие виды растений на вулканических островах Гавайского архипелага).

ЦАРСТВА РАСТЕНИЙ

Всего на Земле выделяют шесть флористических царств: Голарктическое, Палеотропическое, Неотропическое, Голантарктическое, Австралийское и Капское.

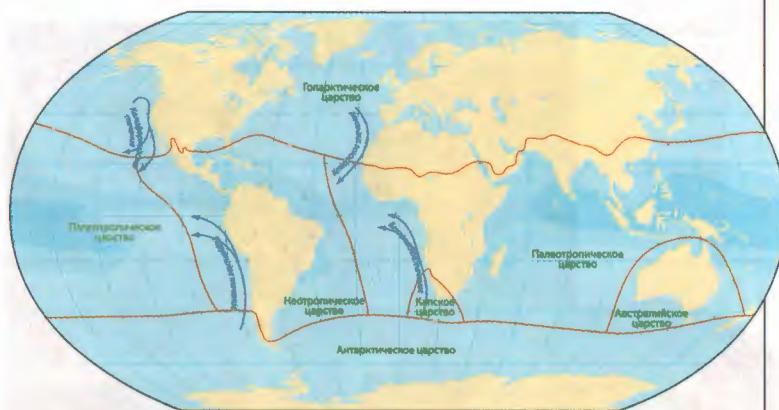
Крупные царства делятся на подцарства: например, в пределах Палеотропического царства выделяют Африканское, Индо-Малезийское, Мадагаскарское, Полинезийское и Новокаледонское подцарства. Царства и подцарства подразделяются на флористические области, а те, в свою очередь, — на провинции. Области выделяются по присутствию эндемичных родов и видов, а иногда и отдельных небольших по числу видов эндемичных семейств.



Для провинции характерно присутствие большого количества эндемичных видов, а для округов — наличие эндемичных видов и подвидов. Например, в состав флоры Голарктического царства входит около 40 эндемичных семейств, таких, как лютиковые, магнолиевые, лавровые, ивовые и др. Во флоре Средиземноморской области Древнесредиземноморского подцарства имеется только одно эндемичное семейство, число же эндемичных родов достигает 150.

Голарктическое царство

Голарктическое царство занимает больше половины земной суши и является самым крупным из растительных царств. Оно охватывает Европу целиком, внетропическую Северную Африку, всю внетропическую Азию и почти всю Северную Америку. Несмотря на такую огромную территорию, расположенную на четырёх континентах, флора разных областей царства имеет общее происхождение. В составе голарктической флоры около 40 эндемичных семейств, зачастую включающих лишь один род (например, шейхцериевые). Многие семейства здесь



широко распространены; среди них магнолиевые, лавровые, лютиковые, буковые, берёзовые, ореховые, розоцветные, сложноцветные, осокровые, злаковые и др. Большая часть этих семейств включает множество эндемичных родов и видов.

На огромной территории Голарктики флора развивалась в течение сотен тысяч и миллионов лет. Современная Голарктика отличается очень разнообразной флорой, на её территории сложились так называемые очаги видового разнообразия, особенно в горах, таких как Скалистые горы, Кавказ, Пиренеи, Альпы, горы Средней и Центральной Азии. Голарктика так велика, что её разделяют на подцарства — Бореальное, Древнесредиземноморское и Мадранское (Сонорское).

Бореальное подцарство — самое большое подцарство растений, оно обладает богатейшей флорой, включает 16 эндемичных семейств и более 600 эндемичных родов. Для некоторых его областей характерны древние семейства и роды. В растительном покрове преобладают таёжные, или бореальные (от *лат. borealis* — «северный»), а также суббореальные хвойно-широколиственные и широколиственные, или неморальные (от *лат. nemoralis* — «дубравный»), леса, есть тундры и болота.

В Евросиби́рско-Канадской (Циркумбореальной) области из хвойных

Флористические царства (по А. Л. Тахтаджяну).



Лист и плод дуба.

Цветок магнолии.



Алтайские горы.



Бархатное
дерево
принад-
лежит
семейству
рутовых.



пород наиболее распространены виды сосны, ели, пихты и лиственницы, на Северо-Американском континенте произрастают тсуги, псевдотсуги и туи. В широколиственных лесах области много лиственных пород (виды дуба, клёна, липы, ясеня, вяза и др.). Во флоре этой области нет эндемичных семейств, но много эндемичных родов, особенно в Пиренеях, Альпах и на Кавказе, в горах Канады и США.

Флора Восточноазиатской (Японо-Китайской) области содержит 14 эндемичных семейств и более 300 эндемичных родов. Это один из центров сохранения древних форм цветковых растений, гигантское убе-

Горы Аппалачи.



жище «живых ископаемых». Именно здесь произрастает древний представитель голосеменных растений гинкго двулопастный из древнего семейства гинкговые; эндемичны и многие другие роды хвойных, например криптомерия и метасеквойя из Юго-Восточной Азии. Характерны также представители некоторых довольно примитивных цветковых семейств, в частности троходендроновые. Из эндемичных родов можно назвать бархатное дерево из семейства рутовых, несколько родов из семейств аралиевых, жимолостных, роды бамбуков из семейства злаковых и многие другие. Эта область — один из главных центров разнообразия высших сосудистых растений, особенно представителей голосеменных.

Во флоре Атлантическо-Североамериканской области два эндемичных семейства и примерно 100 эндемичных родов из семейств маковых, розоцветных, крестоцветных. Одним из центров видового разнообразия здесь являются горы Аппалачи, где очень много эндемиков, которые относятся к группе третичных реликтов (видов, которые были широко распространены на Земле порядка 60 млн лет назад и сохранились до настоящего времени лишь в небольшом количестве). В этой области богатая лесная флора, разнообразно представлены роды магнолия, дуб, платан, клён, многочисленны виды лавровых, а также произрастает эндемичный вид акация белая.

Учёные давно обратили внимание на удивительное сходство флоры Тихоокеанского побережья США и Тихоокеанского побережья Восточной Азии. Это свидетельствует о существовании в прошлом сухопутных мостов между Евразией и Северной Америкой. Ни одна другая флористическая область земного шара не обладает столь большим разнообразием хвойных, как притихоокеанская



Пустыня Гоби.



часть Северной Америки. В её северных районах распространены хвойные леса, состоящие из видов тсуги, псевдотсуги, ели, пихты, сосны, характерны также туи и кипарисовик.

Древнесредиземноморское подцарство протянулось от Канарских островов на западе через всё Средиземноморье, Переднюю и Среднюю Азию до Монголии на востоке. Его флора формировалась на побережьях древнего океана Тетис. Растительный покров этого подцарства очень разнообразен — это пустынные формации, жестколистные леса и редколесья, дубовые и вечнозелёные лавровые леса.

В Макаронезийской области (в неё входят Азорские, Канарские острова, Мадейра и острова Зелёного Мыса) эндемичных родов сравнительно мало (примерно 30), причём свыше половины произрастают на Канарских островах, однако число эндемичных видов довольно велико (порядка 650). В растительном покрове Макаронезии особенно замечательны вечнозелёные лавровые леса из лавра канарского, встречаются падуб канарский и канарская финиковая пальма.

В Средиземноморской области эндемичных родов тоже немного, а вот видовой эндемизм достигает 50 %. Эндемичные виды — лавр благородный, маслина, жестколистные вечнозелёные виды дуба (каменный и кermесовый), ряд сосен (алеппская, приморская, итальянская пиния), зем-

«МЕДОВОЕ» ДЕРЕВО

Акация белая, или робиния ложноакациевая (*Robinia pseudoacacia*) — красивое растение с белыми душистыми цветками, его разводят у нас в садах. В 1600 г. акацию привёз в Европу из Северной Америки парижский дворцовый садовник. Она растёт в нижнем поясе гор Аппалачи и встречается в лесах гористой местности на западе от реки Миссисипи в её среднем течении. Кроме красоты и аромата цветки белой акации отличаются особенной пыльцой и нектаром. С одного дерева пчёлы могут собирать до 8 кг мёда, который благодаря высокому содержанию фруктозы очень медленно кристаллизуется.



Белая акация.

ляничное дерево, виды вереска, фишталшки, ладанника. Для западной части области характерна приземистая бесствольная пальма хамеропс низкий (единственный вид пальм в Европе). В горах Северной Африки и Ливана распространены кедр ливанский и кедр атласский.

Флора Сахаро-Аравийской области имеет переходный характер. Здесь довольно много средиземноморских и ирано-туранских растений, например верблюжья колючка и джугун. В южной части области распространены представители суданской флоры — различные виды акации. Характер-

В области Скалистых гор произрастают несколько десятков эндемичных родов, множество видов-эндемиков.





Кермек (*Limoium*) — род растений семейства свинчатковых.



Канделябровый кактус (*Saguaro*), произрастающий в Аризоне (США), считается самым большим по весу кактусом на планете.



ны крупные суккуленты с мясистыми стеблями и листьями (алоэ, молочай), несколько видов злаков рода аристида, произрастающих преимущественно в песчаных пустынях, эндемичные виды рода парнолистник.

Флора Ирано-Туранской области характеризуется высоким родовым и очень высоким видовым эндемизмом. Для неё характерны семейство маревых, представленное несколькими эндемичными родами, роды акантолимон (семейство свинчатковых) и кузиния (семейство сложноцветных). Иранское нагорье — один из основных центров формирования ирано-туранской флоры. Здесь немало эндемичных видов таких родов, как джужгун, кермек, акантолимон, полынь, тюльпан, лук, ирис и многих других.

Мадреанское (Сонорское) подцарство включает флору юго-западной части Северной Америки и Мексиканского нагорья; в его пределах выделяется только одна область — Сонорская. Это подцарство резко отличается от описанных выше своеобразием и спецификой жизненных форм. Здесь много эндемичных семейств (например, кактусовых) и эндемичных родов, среди которых одним из наиболее замечательных является карнегия (семейство кактусовые). Это колоннообразные, ветвя-

щиеся от середины стебля канделябровые кактусы, достигающие высоты 10—12 м, распространённые в пустыне Сонора, которую часто называют кактусовой. Не менее знаменитые эндемики — произрастающие вдоль Тихоокеанского побережья в Калифорнии секвойя вечнозелёная и секвойядендрон гигантский или мамонтовое дерево в горах Сьерра-Невада. Растительный покров Мадреанского подцарства крайне разнообразен: здесь можно встретить и пустынные сообщества, и кустарниковые, и хвойные горные леса.

Палеотропическое царство

Палеотропическое царство охватывает тропики Старого Света, за исключением Австралии, а также все тропические острова Тихого океана, кроме расположенных вдоль побережья Южной Америки. Флора этого царства насчитывает почти 40 эндемичных семейств, среди которых непентесовые (включая насекомоядные растения рода непентес), панданусовые, двукрылоплодниковые и др. Ареал семейства непентесовых — травянистых растений, преимущественно эпифитов — распространяется до Мадагаскара, а наибольшее их разнообразие отмечено в Малайзии. Представители семейства двукрылоплодниковых (*Dipterocarpaceae*) большей частью мощные деревья тропических лесов, получившие название за два крылообразных выроста чашечки, окружающей плод — орех. На Малайском архипелаге сосредоточено 17 родов этого семейства. Представители семейства панданусовых произрастают по побережьям, устьям рек, в сырых тропических лесах. Наиболее известны виды рода панданус, среди них так называемая винтовая пальма с острозубчатыми листьями, спирально расположенными на вершине тонкого ствола.



Раскинувшееся на огромных пространствах от Африки до Полинезии Палеотропическое царство очень разнообразно, в нём выделяются пять подцарств: Африканское, Мадагаскарское, Индо-Малезийское, Полинезийское и Новокаледонское.

Африканское подцарство включает большую часть Африканского континента, Аравийского полуострова, Ирана, Пакистана и Северо-Западной Индии. В растительном покрове представлены влажные и ксерофитные (засушливые) типы тропических лесов, редколесий и кустарников, различные типы саванн и пустынные формации.

Богата и своеобразна флора лесов Гвинео-Конголезской области, где насчитывается более 13 тыс. видов преимущественно древесных растений из семейств тутовых, бобовых, пальмовых, анноновых, панданусовых и др. Здесь несколько эндемичных семейств, много эндемичных родов и особенно многочисленны виды-эндемики. Много эндемиков встречается среди бамбуков, эпифитов, в частности папоротник роголистный.

Флора засушливых регионов очень своеобразна. Например, для Судано-Замбезийской области наиболее характерны виды акаций.



В саваннах произрастают разнообразные злаки (множество видов бородача, слоновой травы, африканское просо и многие другие). Характерны толстоствольный баобаб, многочисленные суккулентные молочаи, дум-пальма. В листопадных тропических лесах встречаются виды родов терминалия, комбретум, изоберлиния.

В северной части пустыни Намиб и на юго-западе Анголы (область Карру-Намиб) есть одно монотипное эндемичное семейство вельвичиевых, с единственным видом вельвичия удивительная — реликтовым голосеменным растением.

Мадагаскарское подцарство занимает остров Мадагаскар, а также группы островов: Маскаренских, Сейшельских, Амирантских, Коморских и др. Мадагаскар давно отделился от континента, поэтому его флора весьма своеобразна и содержит значительное количество эндемиков. Здесь насчитывается девять эндемичных семейств, не менее 150 родов, видовой эндемизм цветковых растений достигает 89 %. Преобладают влажные тропические леса. В подцарстве выделяется единственная одноимённая область.

На Сейшельских островах растёт эндемичная сейшельская пальма. Это медленно растущее дерево имеет крупный плод массой 13—18 кг

Ландшафты Намибии.

Панданусы встречаются в Малайзии в пределах Палеотропического флористического царства.



Во влажных лесах на Больших Зондских островах.

(некоторые достигают 45 кг), созревающий в течение 8—10 лет.

Индо-Малезийское подцарство занимает два огромных полуострова — Индостан и Индокитай и множество островов юго-западной части Тихого океана. Для него характерен очень высокий эндемизм: 11 семейств и огромное число родов и видов. Согласно современным данным, здесь сосредоточены наиболее древние на Земле цветковые растения. В растительном покрове господствуют влажные тропические леса. В пределах подцарства выделяются Индийская, Индокитайская, Малезийская и Фиджийская.

Флора Индийской области не имеет эндемичных семейств, количество эндемичных родов — около 150. Основу растительного покрова составляют тропические и субтропические леса, саванны, пустыни.

Индокитайская область занимает тропические районы. Здесь имеется свыше 250 эндемичных родов и большое число видов. Естественная растительность сохранилась здесь лучше, она богаче, чем в Индийской области, — господствуют горные леса из вечнозелёных видов дуба, каштана, литокарпуса.

Дерево путешественников (*Ravenala madagascariensis*) — древовидное растение семейства банановых.



Флора Малезийской области относится к наиболее богатым (свыше 25 тыс. видов), в её составе много древних видов цветковых растений. Типичны разнообразные двукрылоплодниковые, виды рода тик из семейства вербеновых, гигантские фикусы, огромно разнообразие пальм, среди которых нужно отметить пальму тени, цветущую раз в жизни и погибающую после плодоношения (она относится к монокарпикам), саговую пальму и др.

Полинезийское подцарство лишено эндемичных семейств, эндемики есть лишь среди родов и видов. Исторически полинезийская флора является производной от Индо-Малезийской. Выделяются две области: Полинезийская (флора островов Тихого океана) и Гавайских островов. На островах преобладают влажные тропические леса и кустарниковые сообщества, для них характерны деревья из рода метросидерос, алевроитовые деревья (гавайские тунги), дающие жирное техническое масло, древовидные папоротники. Это яркий пример «ущербной» островной флоры.

Новокаледонское подцарство включает острова Новая Каледония,



Пен (Куние) и Луайото, на которых произрастает несколько эндемичных семейств и 110 эндемичных родов. Видовой эндемизм достигает 85 %. На Земле мало территорий такого небольшого размера, способных сравниться с Новой Каледонией по числу эндемичных семейств и родов. Во флоре присутствуют древние представители примитивных групп цветковых растений, много монотипных родов (содержащих только по одному виду) — свидетельство того, что виды длительное время формировались в условиях изоляции. Из распространённых на Новой Каледонии 2700 видов более 90 % (2500) эндемичны.

Неотропическое царство

Это царство полностью располагается в Новом Свете, его флора имеет единое происхождение с палеотропической, насчитывает с ней много общих семейств и даже родов. Таковы семейства анноновых, лавровых, перечных, ризофоровых, миртовых, орхидных, пальм и многие другие. Общих родов также довольно много. Это говорит о том, что в течение значительного времени между тропиками Старого и Нового Света существовала тесная связь и происходил обмен видами.



В тропическом лесу Коста-Рики.



Канна (*Canna*) — единственный род растений монотипного семейства канновых.

Неотропическое царство обширно, и здесь представлены самые разнообразные растительные сообщества — от роскошных дождевых тропических лесов до тропических редколесий и светлых хвойных лесов.

Неотропическая флора долгое время развивалась и самостоятельно, о чём свидетельствует 30 эндемичных семейств, большое количество эндемичных родов и видов. Среди эндемичных семейств отметим канновые с одним родом канна. Это высокие, иногда гигантские травы с великолепными красными и оранжевыми цветками, опыляемыми птицами колибри.

АРОМАТНЫЕ БОБЫ

Род ваниль (*Vanilla Mill.*) принадлежит к семейству орхидных (*Orchidaceae*) и включает виды, плоды которых используются как пряность, известная под названием «бобы ванили». Плоды ванили душистой, или плосколистной (*V. fragrans*), представляют собой цилиндрические коробочки длиной 10—25 см. Свежесобранные плоды не имеют запаха. После сушки их специально обрабатывают



Цветок ванили.

(при этом глюкованилин расщепляется на глюкозу и ванилин, который откладывается в виде тонких

игольчатых кристаллов на поверхности коробочек), и они приобретают сладкий вкус и характерный запах. Плоды ванили используются в пищевой, парфюмерной и медицинской промышленности. В дикорастущей форме этот вид встречается в Мексике, Вест-Индии, Центральной Америке, где растёт как крупная лиана, взбирающаяся на высокие деревья. Для мирового хозяйства наиболее значимы плантации на острове Мадагаскар и в странах Центральной Америки.

Значительную часть ванилина теперь производят синтетическим путём.



В долине реки
Амазонки.



Плоды дынного
дерева папайя.

Многие из видов канн декоративны и введены в культуру. Эндемичны также семейства настурциевых, циклоцветных и марк-гравиевых. Последние представлены деревьями и эпифитами, их цветки с прицветниками в виде ярко окрашенных кувшинчиков тоже опыляются колибри. Исключительно велико родовое разнообразие пальм и орхидных.

Карибская область занимает тропические низменности побережья Мексики, Центральную Америку, северное побережье Южной Америки с прилегающими островами и южную часть Флориды. Флора области очень богата и включает два эндемичных семейства и более 500 эндемичных родов.

Наиболее древняя и оригинальная флора сосредоточена в области Гвианского нагорья. Здесь насчитывается

почти 100 эндемичных родов, количество эндемичных видов достигает 70 %, а в высокогорьях даже 95 %.

Амазонская область приурочена к бассейну реки Амазонки. Её флора содержит лишь одно эндемичное семейство, зато родов — не менее 500, а видов — не менее 3 тыс. Здесь преобладают дождевые тропические леса, которые А. фон Гумбольдт назвал гилеями. В них сосредоточено более 60 эндемичных видов пальм, из других деревьев — бертолеция (крупное дерево выше 45 м), дынное дерево (папайя), сейба, или шерстяное дерево, много представителей бобовых, лавровых, разнообразны бамбуки, мимозовые. В приречных озёрах в долине Амазонки распространены эндемичные водные растения.

Флора Бразильского плоскогорья принадлежит Бразильской области и очень своеобразна. Хотя здесь и отсутствуют эндемичные семейства, но имеется примерно 400 эндемичных родов. В тропических редколесьях своеобразны деревья из рода ваточник со вздутыми редкообразными стволами диаметром до нескольких метров. Флора Андийской области содержит одно эндемичное семейство и несколько сот



Виктория амазонская — растение семейства кувшинковых с крупными цветками и огромными плавающими листьями.

ХИННОЕ ДЕРЕВО

Кора и в меньшей степени древесина хинного дерева (*Cinchona officinalis*, семейство *Rubiaceae*) содержат хинин, цинхонин и другие алкалоиды, обладающие противомаларийным, антисептическим и тонизирующим действием. Начиная с XVII в. эти деревья активно истреблялись из-за целебной коры. Несмотря на запрет вывоза, европейцы доставляли семена и саженцы растения из Южной Америки на Яву и в Индию, где положили начало его культуре на плантациях. Содержание алкалоидов в коре в результате селекции было поднято и с 4—7,5 % доведено до 16 %.



эндемичных родов. Из эндемиков интересно хинное дерево, произрастающее на высотах 1500—3000 м. Не менее известно дерево кока, листья которого богаты кокаином. Анды — родина многих культурных растений (картофеля, томатов, фасоли).

Капское царство

Капское царство, занимающее южную оконечность Африки, — самое маленькое по площади, но исключительно своеобразное, оно заметно отличается от основной части флористических зон континента. На небольшой территории произрастает почти 7 тыс. видов. Имеется семь эндемичных семейств. Для 280 родов Капское царство является центром разнообразия и более 210 из них эндемичны. Видовой эндемизм достигает здесь 90 %. В растительном покрове преобладают ксерофильные древесно-кустарниковые формации. В царстве лишь одна флористическая Капская область.

Капская флора не дала человечеству ни одного важного в сельскохозяйственном отношении культурного растения, но это неисчерпаемый источник красивых садовых и комнатных растений, таких, как амариллис, спаржа, азалия, гербера, плюмбаго, пеларгонии, ирис и многие другие. Очень характерны многочисленные виды вереска. Разнообразны представители семейства протейных. В Капском царстве немало листовых и стеблевых суккулентов из семейств аизооновых, молочайных, ластовневых и других, многие из них очень эффектно во время цветения.

Австралийское царство

Во флоре Австралийского царства несколько эндемичных семейств и почти 570 родов-эндемиков. Высокий эндемизм поддерживается давней географической изоляцией — островным положением и отдалённостью от других континентов.

Эндемичный род эвкалипт (семейство миртовых) насчитывает до 600 видов. Среди эвкалиптов есть виды (*Eucalyptus regnans*, *E. amygdalina*, *E. oblique*), относящиеся к самым высоким растениям среди цветковых. Они растут во влажных горных лесах Австралии. Зарегистрированы экзем-

Серебряное дерево, или леукадендрон (*Leucadendron argenteum*), принадлежит семейству протейных.



Амариллис из семейства амариллиевых.

Ландшафт австралийской пустыни.





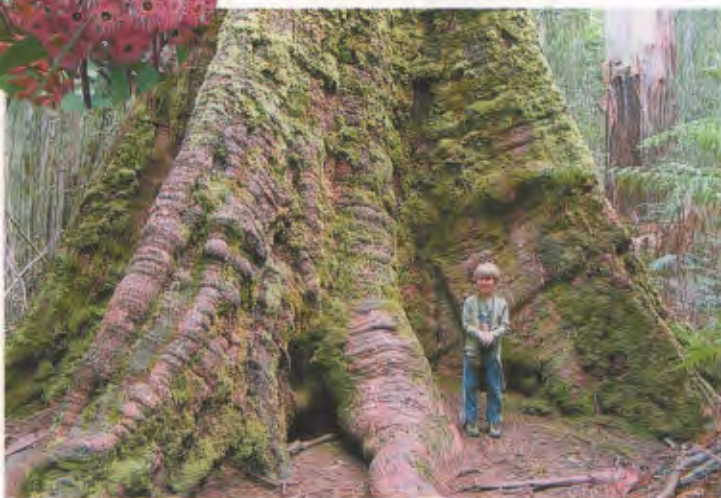
► Плоды дерева каури из семейства араукариевых.

пляры эвкалипта гигантского высотой до 103—106 м. В засушливых областях континента произрастают более низкорослые виды, а в пустынных регионах — кустарниковые эвкалипты (более 130 видов), достигающие всего 2—3 м высоты.

Род акация насчитывает здесь почти 500 видов. У большинства австралийских акаций, в отличие от африканских, нет колючек, и для многих из них характерны филлодии — разросшиеся листовые черешки, заменяющие в сухой период листовые пластинки. Широко распространены протейные, из которых отметим род банксия, представленный большим числом видов с характерными розовыми цилиндрическими соцветиями. Как и значительная часть эвкалиптов, банксии относятся к орнитофильным (опыляемым птицами) растениям. Опылителями являются попугаи лори. В цветках орнитофильных растений образуется много нектара, у некоторых видов банксии в таком количестве, что аборигены используют его в пищу.

В растительном покрове преобладают кустарниковые и пустынные сообщества, но есть влажные тропические леса и разнообразные субтропические кустарниковые формации.

Эвкалипты, произрастающие в Австралии, иногда имеют гигантские размеры.



Голантарктическое царство

Голантарктическое царство, занимающее холодные умеренные и частично субтропические районы Южного полушария, флористически относительно бедное. Оно содержит 11 небольших эндемичных семейств и значительное число эндемичных родов, из которых многие имеют разорванный ареал. Современная флора царства характеризуется значительным эндемизмом (до 75 % видов). Несмотря на то что территории, входящие в состав Голантарктического царства, значительно удалены друг от друга, в составе их флоры имеется немало общих родов, а также близких и даже идентичных видов. В растительном покрове представлены разнообразные сообщества — это и влажные вечнозелёные леса по склонам Анд, и листопадные широколиственные леса, и степные формации.

Своеобразна флора Новозеландской области. Здесь эндемичные семейства отсутствуют, но имеется 50 эндемичных родов, очень высокая видовой эндемизм, который во флоре хвойных Новой Зеландии достигает



100 %. Отметим эндемичные виды араукарии (*Araucaria heterophylla*) и агатис, или дерево каури (*Agathis australis*), из семейства араукариевых. Мощные деревья агатиса, достигающие высоты 30—50 м, — основные лесообразователи низменных лесов на Северном острове. Наиболее крупные деревья были вырублены, и агатис сохранился в виде примеси к представителям субтропической флоры — подокарпусам и широколиственным породам, среди которых нужно отметить южный бук. Флора цветковых растений Новой Зеландии также оригинальна и характеризуется высоким видовым эндемизмом (не менее 80 %).

ФЛОРИСТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МИРА

В наши дни на Земле известно около 500 тыс. видов растений, и каждый год ботаники открывают новые. Экспедиции в труднодоступные тропические леса, на необитаемые полярные острова и в высокогорья приносят учёным неожиданные находки, а с ними и новые загадки. Само словосочетание «биологическое разнообразие» впервые появилось в 1892 г. в известной работе «Натуралист на Амазонке» английского энтомолога и путешественника Генри Уолтера Бейтса (1825—1892), в которой он рассказал, как за время часовой экскурсии встретил около 700 разных видов бабочек. Термин «биоразнообразие» в широком смысле объединяет множество различных биологических направлений: генетическое, таксономическое, экологическое и др. Генетическое разнообразие — это разнообразие гено-типов в популяциях, таксономическое — разнообразие видов или других таксонов, а экологическое — разнообразие растительных сообществ и экосистем. Биологическое разнообразие включает виды, внутривидовые формы и популяции всех групп растений,

КАПУСТА ОТ ЦИНГИ

Кергеленская капуста (*Pringlea antiscorbutica*) из семейства *Brassicaceae*, — островной субантарктический вид, который отличается от других представителей крестоцветных своим необыкновенным плотным колосовидным соцветием с безлепестными цветками. Очень длинные тычинки и рыльца с длинными нитевидными сосочками способствуют успешному опылению их с помощью ветра. Своё название кергеленская капуста получила потому, что моряки-китобои брали это растение на острове Кергелен в Индийском океане и использовали его как средство от цинги во время длительного плавания.



Кергеленская капуста.

грибов, микроорганизмов и животных. Это сообщества, развивающиеся в естественных природных условиях (природные экосистемы) и в созданных или изменённых человеком агро- и техносистемах (городах, деревнях, сельскохозяйственных угодьях, на промышленных объектах и т. д.).

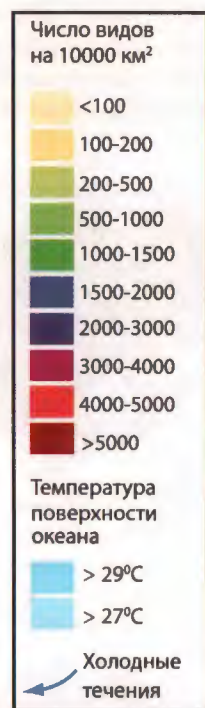
Разнообразие видов растений (флористическое) существенно различается в природных регионах планеты. Очевидно, что в пустынях видов гораздо меньше, чем в джунглях. Но как определить, где больше видов — в степях или в лесах и почему, например, в вечнозелёных тропических лесах их больше, чем в широколиственных? Как измерить разнообразие форм жизни? На эти вопросы

Суровая природа Патагонии.

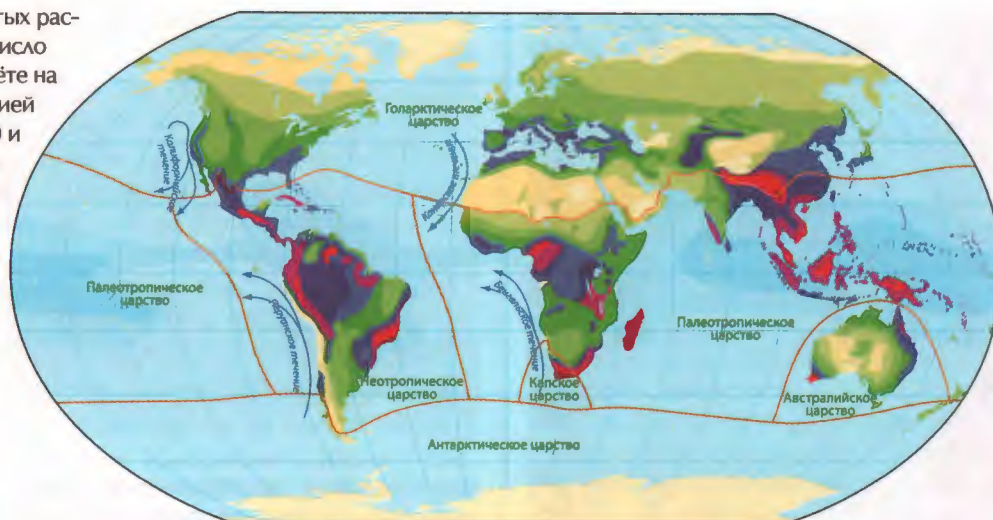




Разнообразие сосудистых растений мира (1998 г.). Число видов показано в расчёте на 10 тыс. кв. км с градацией в 10 ступеней — от 100 и менее видов до 5000 и более видов на единицу площади.



Джунгли — влажные вечнозелёные леса.



отвечает наука биогеография, которая изучает географические закономерности формирования биологического разнообразия на Земле.

Для того чтобы оценить, какие территории бедны видами, а какие богаты, составляют карты биоразнообразия. На них разными цветами отображают области с различным числом видов, приходящихся на единицу площади, а изолиниями соединяют точки с одинаковым количеством видов. Одна из первых попыток количественно оценить флору различных регионов мира принадлежит датскому ботанику Йоакиму Скоу.

Первую карту с количественной характеристикой флоры всех континентов Земли составил в 1934 г. российский ботаник Евгений Владимирович Вульф (1885—1941).

Всемирный фонд дикой природы и Международный союз охраны природы выявили на Земле несколько главных центров максимального видового разнообразия высших сосудистых растений. Это наветренный макросклон Восточных Анд в тропической части Южной Америки, Кордильеры Центральной Америки, горы Гуяна в Южной Америке, область Чоко в Коста-Рике, восточные и юго-восточные горы Африки, Центральные и Восточные Гималаи, провинция Юньнань в юго-восточной части Китая, нагорья Малайского архипелага (северное Борнео, Папуа — Новая Гвинея). Определены и региональные очаги высокого разнообразия видов растений: Бразильские приатлантические леса, Скалистые горы, нагорья центральной части Сахары, Средиземноморье, Кавказ, горы Средней и Центральной Азии.

Почти все перечисленные районы — горные. Почему? Причина заключается в том, что с высотой один природный пояс сменяет другой, соответственно сменяются и сообщества



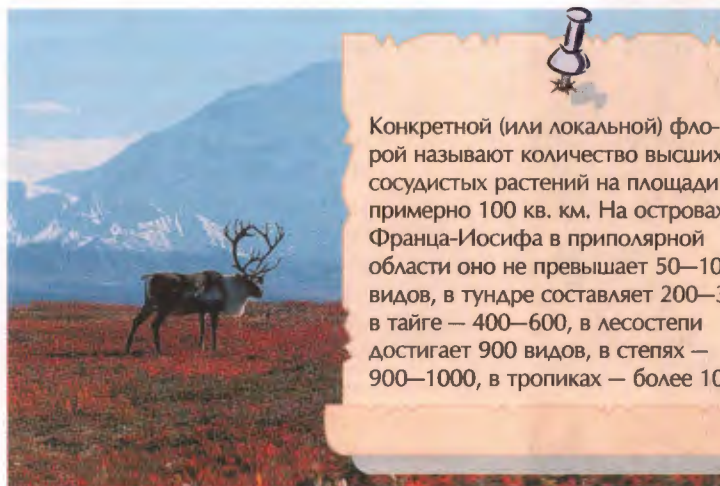


растений. Таким образом, на ограниченной территории можно наблюдать огромное биоразнообразие.

Например, в Эквадоре на площади 17 тыс. кв. км горные туманные леса содержат 3411 видов сосудистых растений — это на 300 видов больше, чем на 70 тыс. кв. км во влажных лесах долины Амазонки. На горе Кинабалу (4101 м над уровнем моря) на острове Калимантан (Борнео) зарегистрировано свыше 4000 видов растений. В горах много эндемиков, они, например, составляют почти всю флору горных лесов островов Гавайского архипелага и Новой Каледонии.

Флористическое разнообразие России

Россия обладает огромным биоразнообразием, здесь ещё сохранились относительно ненарушенные экосистемы, которые регулируют естественные природные процессы и поддерживают жизнь многих популяций. Территория России уникальна, на ней представлен полный ряд зональных природных экосистем, характерных для Северной Евразии. С юга на север на её равнинных пространствах чередуются природные зоны: арктическая тундра, лесотундра, тайга, широколиственно-хвой-



Конкретной (или локальной) флорой называют количество высших сосудистых растений на площади примерно 100 кв. км. На островах Франца-Иосифа в приполярной области оно не превышает 50–100 видов, в тундре составляет 200–300, в тайге — 400–600, в лесостепи достигает 900 видов, в степях — 900–1000, в тропиках — более 1000.

ные и широколиственные леса, лесостепи, степи, пустыни и субтропики. Около четверти территории нашей страны занято горами, где уровень биоразнообразия очень высок.

Флора России насчитывает более 12 500 видов сосудистых растений, мхов и печёночников — более 2200, лишайников — около 3 тыс. В почвах и водоёмах обитает 7–9 тыс. видов низших растений. Число видов грибов приближается к 30 тыс.

Международным союзом охраны природы в качестве глобальных центров разнообразия признаны Северный Кавказ (3700 видов сосудистых растений из 803 родов) и южные районы Дальнего Востока (3 тыс. видов высших растений). На территории России находятся и другие уникальные природные комплексы, объекты природного и культурного наследия ЮНЕСКО, центры эндемизма и реликтовых видов. К ним, несомненно, относятся коренные леса севера европейской части России и Сибири, дельта Волги, плато Путорана, горы Алтая, озеро Байкал, полуостров Камчатка, полуостров Чукотка, остров Врангеля и много других территорий, представляющих особую ценность в генофонде планеты.

К российскому сектору относится около трети площади Арктики, и

В тундре, на севере Восточно-Европейской равнины.

Долина гейзеров на полуострове Камчатка.



Клён серебристый.

здесь в полной мере представлены все арктические экосистемы: сосредоточено примерно 80 % общего видового разнообразия и около 90 % собственно арктических видов. В России находится более четверти ещё сохранившихся в мире малоосвоенных лесов. Леса в нашей стране занимают более 6 млн кв. км (это 22 % площади лесов мира). Самый богатый ими регион России — Сибирь, однако почти 40 % лесов здесь находятся в зоне многолетней мерзлоты, и потому продуктивность их сравнительно невелика. Мы обладаем самыми обширными в мире водно-болотными угодьями, среди которых на долю болот приходится 1,8 млн кв. км.

Расположенные на территории России природные экосистемы представляют исключительную ценность для биосферы в целом, выполняя важнейшие глобальные экологические функции.

АРЕАЛЫ РАСТЕНИЙ

Учёные давно заметили, что одни растения можно встретить во многих уголках земного шара, другие — только в районах с определённым типом климата, а третьи — вообще в одном единственном месте на планете.

Область географического распространения особей того или иного

таксона (вида, рода, семейства) называют ареалом (вне зависимости от степени наполняемости ими этого пространства). Ареал формируется в результате эволюции живых организмов под влиянием условий среды их обитания и является важнейшей географической характеристикой биологического таксона. В пределах ареала его представители встречаются постоянно в течение достаточно длительного времени. Изучением особенностей распространения видов, родов или семейств растений занимается раздел биогеографии ареалогия. Для изучения географического распространения растений составляют карты ареалов.

Ареал вида состоит из элементарных, более или менее многочисленных участков, на которых, собственно, и встречаются его представители. Ареалов, сплошь заселённых тем или иным видом, в природе не существует, популяции вида осваивают лишь отдельные местообитания. Степень заполнения пространства у разных видов различна, но всегда выделяются «пустоты» и «скопления». Однако, если рогоз узколистный встречается на североевропейских болотах, то говорят, что его ареал охватывает Северную Европу.

Очертания ареалов столь же разнообразны, как и их размеры. В умеренных областях, а также в высоких широтах Северного полушария ареалы многих видов вытянуты с запада на восток и значительно меньше — с севера на юг, что связано с особенностями климатических условий. В горных странах ареалы многих видов вытянуты вдоль хребтов и часто укладываются в один из высотных поясов — лесной, субальпийский и т. д. В некоторых случаях ареалы приобретают линейную форму, например у видов мангровых сообществ, обитающих вдоль морских побережий, или в речных долинах (ива корейская, или чозения; *Chosenia arbutifolia*).



Клён японский произрастает в Корее и Японии.



Сравнивая и сопоставляя карты ареалов тех или иных групп растений, учёные обращают внимание на сходство и различия в их конфигурации и размерах. Таким образом они выявляют некоторые общие закономерности их географического распространения. В самом общем виде выделяют арктический, бореальный (от *лат.* *borealis* — «северный»), степной, пустынный, тропический типы распространения видов. Ареалы, охватывающие сушу разных континентов в северных широтах вокруг полюсов, называют циркумполярными (от *лат.* *circum* — «вокруг», «кругом»). Если же вид распространён в тайге Северной Америки и в тайге Евразии, то говорят о циркумбореальном ареале. По особенностям распространения видов в горах различают типы высокогорные (альпийские и субальпийские) и заселяющие среднегорья (монтанные).

Ареалы классифицируют по размерам. Очень узкие ареалы занимают территории в несколько квадратных километров и меньше, но встречаются и такие, которые охватывают крупные регионы, материки и даже весь земной шар. Узкие ареалы типичны для видов, распространение которых ограничено какими-нибудь непреодолимыми преградами. Это прежде всего островные виды, растения горных долин, верхних поясов горных хребтов или специфических местобитаний (песчаных пустынь, каменистых, засоленных территорий и др.). Иногда вид встречается лишь в каком-то одном районе, тогда его называют эндемиком, а его ареал — эндемичным.

Встречаются на Земле и такие виды, ареалы которых охватывают достаточно большие территории, но распространены эти растения ограниченно. Различают так называемые поли- или мультирегиональные ареалы, включающие несколько регионов, часто располагающих-



Шишки пихты корейской.

ся на разных материках. Кокосовая пальма (*Cocos nucifera*) имеет пантропический ареал (от *греч.* *pan* — «всё») — растёт по всем побережьям тропиков, включая обособленные океанические острова, так как её плоды (кокосовые орехи) переносятся морскими течениями.

И наконец, существуют виды, характеризующиеся космополитным, т. е. очень широким, типом ареала. Этот термин применяют по отношению к таксонам, область распространения которых охватывает несколько частей света или простирается от умеренных до тропических широт. Космополитный ареал имеют многие водные растения. Некоторые виды рдестов, ряска малая встречаются от южных окраин Арктики до субтропиков, заходя даже в Южное полушарие. Среди космополитов много и споровых растений, таких, как папоротник орляк обыкновенный, мох бриум серебристый.

Космополитное распространение характерно и для так называемых рудеральных растений, встречающихся по обочинам дорог, мусорным свалкам и пустырям. Зачастую эти растения являются спутниками человека, их называют ещё синантропными видами. Именно благодаря человеку они и путешествуют по всему земному шару. Космополитами и синантропами являются огородные и полевые сорняки.

Схематическая карта ареала рода пихта.

Пихта великопанная произрастает на западе США.





Вероника гермафродитная произрастает в тундре и имеет разорванный ареал. Она встречается в холодных областях суши Северного полушария, а также в Чилийских Андах, на Огненной Земле и Фолклендских островах.

Австралийская пустыня. Осваивая естественные ландшафты, человек меняет их коренным образом.



В пределах ареала виды распределены неравномерно. Часто на одной обширной площади род представлен одним или ограниченным числом видов, в то время как в другой части ареала отмечается большое их разнообразие. Ареалы отдельных видов рода всегда дополняют друг друга и в определённой степени перекрываются. В таком случае общие очертания ареала рода охватывают все территории, на которых встречается хотя бы один из его представителей. Поэтому при изучении родовых ареалов устанавливаются не только их пределы, но и размещение в них отдельных видов. Места концентрации наибольшего их количества получили название центров таксономического (видового) разнообразия.

Там, где условия благоприятные, концентрация видов повышена. Виды растений формируются длительное время, и иногда центр таксономического разнообразия рода совпадает с центром его происхождения. За время длительной эволюции рода его ареал претерпевает многочисленные изменения, при этом часто возникают вторичные центры разнообразия, весьма удалённые от области происхождения. Например, в ареале рода клён выделяются два центра таксономического разнообразия — на востоке Северной Америки и в Юго-Восточной Азии.

Каждый вид имеет свою историю, возраст и ареал; поэтому современное географическое распространение таксонов зависит от того, где этот вид появился и как происходило его рассе-

ление. Первичным ареалом называют регион первоначального формирования вида, вторичным — территории, занятые во время расширения или сокращения его местообитаний. Современным ареалом называют ныне существующую область обитания вида; восстановленным — границы его распространения в прошлом, определённые по данным палеоботанических исследований; потенциальным ареалом — территории, по своим условиям подходящие для жизни вида, но не заселённые им в настоящее время в силу каких-либо причин.

Первичный ареал вида всегда целостный (сплошной). Затем вид начинает расселяться, преодолевая различные преграды и препятствия.

Однако помимо расширения ареала существуют и регрессивные его изменения. Процесс ослабления популяций не всегда охватывает весь ареал и протекает неравномерно. Если этот процесс происходит по краю ареала, то он сокращается. Если неблагоприятные для вида условия проявляются во внутренних частях, численность вида снижается и возникают пустоты — лакуны. Когда они увеличиваются, ареал становится прерывистым. Если ареал вида сильно сокращается и локализуется на каком-то очень небольшом, но целостном участке земной поверхности, вид становится исчезающим. Такие ареалы мы видим у многих древних, вымирающих видов, которые называются реликтами (от *лат.* *relictum* — «остаток»), а их ареалы — реликтовыми.

Современное разнообразие видов на Земле, типы и конфигурации их ареалов — результат длительного процесса эволюции живых существ в меняющихся условиях окружающей среды. Выделяя районы с высоким количеством видов, определяя, сколько в них эндемиков и реликтов, можно выяснить, где находятся центры видообразования и как растения расселялись по земному шару.

4

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ





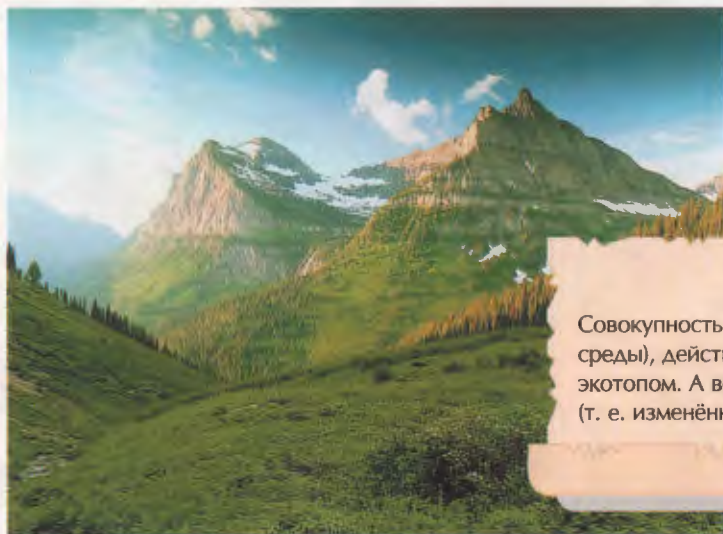
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

В условиях высокогорий растения вынуждены приспособляться к низким температурам воздуха, малоплодородным почвам и т. п.

Экология (от *греч.* *oikos* — «дом», «жилище» и *logos* — «слово», «учение») — изучение жизни живых существ «у себя дома», в своей среде; наука об отношениях организмов с окружающей средой. Так полтора столетия назад определил новое научное направление его родона-

чальник — Э. Геккель (1834—1919). Влияющие на организмы элементы окружающей среды называются экологическими факторами.

Среда действует на растение как единое целое, поэтому вычленение отдельных её факторов в значительной степени условно. Однако для удобства изучения экологические факторы принято выделять и объединять в группы. Традиционно их принято делить прежде всего на абиотические (факторы неорганической среды) и биотические (связанные с влиянием живых организмов).



Совокупность абиотических факторов (неорганической среды), действующих на однородной территории, называют экотопом. А всю сумму факторов, включая биотические (т. е. изменённый организмами экотоп), именуют биотопом.



К абиотическим факторам относят климатические (свет, тепло, воду, воздух), эдафические (совокупность свойств почвы) и орографические (условия рельефа). Биотические факторы для растений — это различные формы их взаимовлияния (конкуренция, взаимопомощь и др.), воздействие разных групп животных (опылителей, фитофагов, распространителей плодов и семян и др.), грибов (микоризообразователей, паразитов и др.), бактерий (азотфиксаторов и др.), вирусов. Все формы воздействия человека принято рассматривать отдельно как антропогенные факторы. Наиболее значимыми последствиями антропогенного вмешательства в природу являются её загрязнение, разрушение и изменение экосистем, исчезновение одних видов и прогрессирующее расселение других. Ещё экологические факторы делят по характеру их действия — прямому либо косвенному.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ РАСТЕНИЙ

Экология каждого вида индивидуальна, но организмы со сходной экологией можно объединить в группы. Экологической называется группа растений, которые обычно одинаково реагируют на действие какого-либо фактора среды. При выделении экологических групп обычно выбирают ведущий и определяют виды, наиболее часто встречающиеся в заданных условиях.

Отношение растений к свету

Свет — экологический фактор, определяющий жизнь растений, большинство которых фотоавтотрофны. Лучистая энергия Солнца — предпосылка земной жизни. Благодаря ей растения создают первичное органи-



Сенокосение — пример прямо действующего экологического фактора.



Подсолнечник — типичный гелиофит.

ческое вещество и обеспечивают им почти всех прочих обитателей Земли. Солнечный свет регулирует рост и развитие растений, а также может оказывать повреждающее действие. Он определяет ряд особенностей их географического распространения. В процессе эволюции растения «научились» по-разному приспосабливать свой обмен веществ, строение и развитие к количеству и качеству света в месте их произрастания.

Световые условия, в которых живут растения, очень разнообразны. Ботаники выделяют три группы видов по отношению к свету: гелиофиты (от *греч.* *hēlios* — Солнце и *phytón* — «растение») — световые, или светолюбивые, растения, сциофиты (от *греч.* *skiá* — «тень») —

Под действием света форма кроны сосны на побережье изменилась и стала не похожа на кроны сосен, которые произрастают в лесу.





ФОТОПЕРИОДИЗМ

Фотопериод — это длина дня, или продолжительность светлого периода суток. Соотношение светлого и тёмного времени суток является важнейшей характеристикой светового режима. Оно неодинаково в течение года и на разных широтах. Организмы приспособились к жизни при чередовании определённой продолжительности дня и ночи. В биологии способность реагировать на суточный ритм освещения называется фотопериодической реакцией. От длины дня в значительной мере зависят цветение растений, их продуктивность, устойчивость к болезням, зимостойкость, степень ветвления, анатомия вегетативных органов, прорастание и сезонное развитие и др. В процессе эволюции сформировались три группы растений с различной фотопериодической реакцией. Растениям короткого дня для перехода к цветению нужно менее 12 часов света в сутки. При большей продолжительности дня цветение у них не наступает или задерживается. Это в основном виды, растущие в низких широтах. Культурными короткодневными растениями являются, например, рис, просо, соя, бобы, лук, свёкла. Будучи перенесёнными в высокие широты, они сильно вытягиваются, развивают мощную вегетативную массу, но позднее приступают к цветению или не зацветают.

Цветение растений длинного дня наступает только тогда, когда светлый период суток достаточно велик — обычно более 12 часов. К ним относятся многие дикорастущие растения приполярных и умеренных широт (вереск обыкновенный, молодило, белена), а также широко известные культуры (рожь, пшеница, ячмень, овёс, редис, картофель). Чем выше широта местности, тем больше день, что позволяет растениям этих областей проходить полный цикл развития в более короткие сроки. Таким образом, недостаток тепла на севере отчасти компенсируется более продолжительным освещением.

Есть и нейтральные растения, которые безразличны к длине фотопериода. Их цветение наступает при любой продолжительности освещения, кроме очень короткой, ведущей к голоданию. Это, например, одуванчик лекарственный, а также ряд культурных растений (гречиха, горох, томаты).

теневые, или тенелюбивые, и теневыносливые.

Гелиофиты растут на открытых местах, где хорошее освещение и довольно редкий растительный покров. К ним относятся виды жарких пустынь, тундр, высокогорий, скал и

Родиола — холодолюбивое растение.



каменистых осыпей, зарастающих пустырей и обочин дорог. Среди них много сорняков и культурных растений открытого грунта, прибрежных и водных растений с надводными листьями, деревьев первого яруса леса и ранневесенних трав.

Теневыносливые растения имеют широкую экологическую амплитуду по отношению к свету. Как правило, эти виды лучше растут при сильной освещённости, но хорошо адаптируются и к слабой. Это, например, многие лесные травы.

Сциофиты сильный свет подавляют, так как интенсивно разрушает хлорофилл, а производят они его медленно. Кроме того, теневые растения на солнце так быстро теряют влагу, что вынуждены закрывать устьица и голодать. Сциофиты не растут на полном свету и заходят в более глубокую тень, чем теневыносливые виды. Обычно в сообществах затенение является результатом перехвата света более высокими растениями. Поэтому среди сциофитов много лесных мхов и трав (грушанки, кислица и др.). Оказавшись на вырубке, они быстро желтеют и погибают. К тенелюбам относится и большое число комнатных растений, являющихся выходцами нижних ярусов влажных тропических лесов.

Степень теневыносливости или светолюбия часто не является строгим видовым признаком. Растения, живущие на полном свету, отличаются от теневых.



Прополка посевов риса.



Отношение растений к теплу

Роль тепла в жизни растений многообразна. Оно влияет практически на все процессы жизнедеятельности — фотосинтез, дыхание, транспирацию, прорастание семян, рост побегов, распускание почек, цветение и др. Разные виды предъявляют к теплу неодинаковые требования, поэтому разнообразие тепловых условий во многом определяет границы их ареалов, топографическое размещение, а также зональную структуру растительного покрова. У большинства растений активная жизнь протекает в довольно узких температурных пределах — в среднем от 0 до +50 °C, но есть и такие, что выходят за эти рамки.

Растения — это пойкилотермные (от греч. *poikilos* — «разнообразный» и *thermē* — «температура») организмы, т. е. их температура определяется внешней средой. Но днём их органы часто нагреваются выше температуры воздуха, а когда физиолого-биохимические процессы идут с большой интенсивностью, эта разница может быть существенной. И наоборот, охлаждающее действие транспирации способно сильно понизить температуру растения.

Различают термопериодизм суточный и сезонный. У термофильных (теплолюбивых) форм оптимум лежит в области повышенных температур. Они обитают в районах тропического и субтропического климата, а в умеренном поясе — в сильно прогреваемых местах. Для крио-

фильных (холодолюбивых) растений оптимальны низкие температуры. К ним принадлежат виды, живущие в полярных и высокогорных областях или занимающие холодные местообитания (северные склоны, днища котловин). Выделяют также промежуточную группу мезотермных растений.

По степени и характеру стойкости к охлаждению выделяют три группы растений. Нехолодостойкие виды повреждаются и погибают уже при невысоких положительных температурах (ниже +10 °C). Минимальная температура прорастания их семян и появления всходов 10–15 °C.

Вторую группу составляют растения холодостойкие. Они переносят низкие положительные температуры (ниже +5 °C) без значительных повреждений, но погибают при образовании в тканях льда. К этой группе относятся растения умеренно-тёплых районов, ряд тропических и субтропических древесных пород, многие сельскохозяйственные культуры (томаты, картофель, гречиха, просо, кукуруза, соя и др.).

Третья группа — морозостойкие (льдоустойчивые) растения. В холодное время года они переносят внеклеточное замерзание воды. Эти виды выдерживают заморозки до –8–10 °C. К ним относятся горчица, горох, подсолнечник, свёкла, капуста, яровые пшеница и ячмень и др.

По жаростойкости также различают три группы видов: нежаростойкие, которые повреждаются уже при 30–40 °C.



Некоторые травы, например пролеска сибирская, легко переносят заморозки.



Наибольшей устойчивостью к прогреву субстрата обладают растущие на камнях лишайники. В сухом виде они выдерживают температуру до 95–101 °C, что связано с высокой степенью их обезвоживания.





Растения пустынь относятся к жаро-выносливым.

► «Кислотные дожди» пагубно влияют на всё живое на планете.

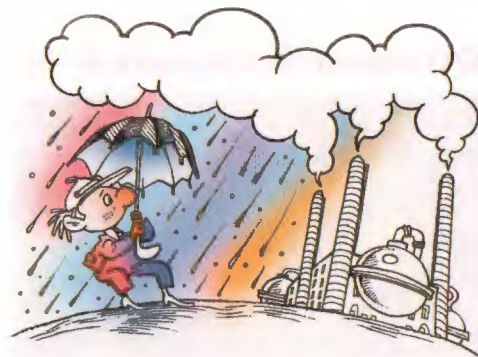
Некоторые водные растения способны выжить лишь при избытке влаги.



Отношение растений к воде

Вода является наиболее существенным фактором, определяющим жизнедеятельность наземных растений, оказывающим большое влияние на их распространение как в широком географическом масштабе, так и в пределах небольших территорий. Физиологическое значение воды огромно. Она содержится во всех частях растения, составляя 50—98 % его веса, все основные жизненные функции организма (фотосинтез, транспирация, передвижение веществ и др.) требуют её присутствия. Вода оказывает на растения сильное формирующее действие. Их внешний вид прежде всего отражает именно условия водного режима, причём недостаток воды особенно разнообразно сказывается на строении растительных организмов.

В конце XIX в. А. Шимпер предложил различать три экологические группы сухопутных растений, облик которых определяется водным режимом их местообитаний: гигрофиты, мезофиты и ксерофиты. Позже датский ботаник Е. Варминг (1841—1924) ввёл ещё одну группу водных растений — гидрофиты. Гигрофиты (от *греч.* *hygrós* — «влажный») —



растения влажных местообитаний. Количество осадков, увлажнение почвы, относительная влажность воздуха обеспечивают им сравнительно благополучный водный режим.

Болотные растения (белокрыльник, цикута, вахта и др.) иногда выделяют в отдельную группу гелофитов (от *греч.* *hélös* — «болото»). Их местообитания характеризуются застойным увлажнением и острым недостатком кислорода в почве. Гидрофиты (от *греч.* *hýdor* — «вода») — водные растения, адаптировавшиеся к особенностям газового, светового режимов, минерального питания в водоёмах, к движению воды. Экологические группы подразделяют на подгруппы. Ксерофиты (от *греч.* *xērós* — «сухой») — растения засушливых местообитаний. По строению и характеру адаптации к засухе ксерофиты делятся на суккуленты и склерофиты. Суккуленты (от *лат.* *succulentus* — «сочный») — мясистые растения с сильно развитой водозапасающей тканью. Другая обширная группа ксерофитов — склерофиты (от *греч.* *sklērós* — «твёрдый»). Внешне они резко отличаются от суккулентов. Сухие и жёсткие даже в период достаточной обводнённости, с развитыми механическими тканями, они содержат сравнительно мало воды и могут без вреда для себя потерять 25—75 % влаги (гигрофиты и мезофиты вянут, потеряв её 1—2 %). Мезофиты (от *греч.* *mésos* — «средний», «промежуточный») — растения, обитающие в условиях умеренного увлажнения.



Отношение растений к почве

Почва очень важна для растений. В ней содержится запас влаги и элементов минерального питания, которые в виде растворимых солей всасываются корнями. Для большинства растений почва также необходима как среда прикрепления. Почвенный раствор играет настолько важную роль в жизни растений, что украинский лесовод и почвовед Г. Н. Высоцкий назвал его кровью почвы. При недостатке или избытке в ней определённых химических элементов рост и развитие растений нарушаются. Растения, живущие на песках, получили название псаммофитов (от *греч.* *psámmos* — «песок»). Наибольшее разнообразие их встречается в песчаных пустынях (астрагал песчаный, кохия песчаная и др.). На каменистых осыпях и скалах создаются жёсткие тепловые, водные, ветровые условия в сочетании с недостатком минерального питания. Растения-литофиты (от *греч.* *lithos* — «камень») приспособились закрепляться в щелях и трещинах, прижиматься к камням. Прежде всего это лишайники и водоросли. Разные по химическому составу почвы населены разными растениями. Олиготрофные виды (от *греч.* *olígos* — «небольшой», *trophé* — «питание») довольствуются почвами, бедными элементами минерального питания. К ним относятся белоус, вереск, росянка, сфагновые мхи верховых болот и др. Эвтрофные растения (от *греч.* *eu* — «хорошо») связаны с богатыми почвами. Это обитатели низинных болот, чернозёмных степей, широколиственных лесов. Эвтрофами являются, например, вахта, крапива, сныть, пролеска, ясменник. Мезотрофные растения распространены на средних по богатству почвах. Некоторые растения приурочены к почвам с повышенным содержанием опре-



Камнеломка сизолистная (*Saxifraga caesia*) растёт на известняковых скалах в субальпийском и альпийском поясе Карпат.



делённого элемента. Так, нитрофилы (крапива, малина, хмель, осот и др.) указывают на богатство почв нитратами, что часто наблюдается вблизи жилища человека.

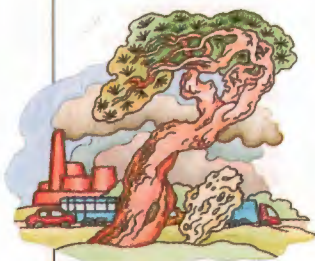
Виды, обитающие на почвах, содержащих тяжёлые металлы, обладают ярко выраженной зависимостью от этих элементов. Она часто настолько очевидна, что соответствующие индикаторные растения используются в разведке полезных ископаемых. Например, один из подвидов минуарции весенней встречается только в районах выхода

Озеро Баскунчак — одно из самых солёных озёр мира. Оно расположено на севере Прикаспийской низменности. Там находится место рождения самосадочной соли, но даже в таких «безжизненных» местах обнаружены растения — эугаллофиты.





Горные сосны обладают глубокой и разветвлённой корневой системой.



Растения по мере своих слабых сил борются с загрязнением окружающей среды, хотя борьба и для них не проходит бесследно...



Сильные ветры деформировали крону дерева.

медистых сланцев и растёт на отвалах, возникших при разработке этой горной породы.

Определённые группы растений произрастают на засолённых почвах. Растения, поселяющиеся на почвах с высоким содержанием солей (более 5 % от сухого веса почвы) называют галофитами (от *греч.* *hálōs* — «соль»). Они не просто могут выживать в этих условиях, но засоление стимулирует их рост и жизнедеятельность. Эугалофиты — «соленакапливающие» растения, в которых содержание солей может быть в несколько раз больше, чем в почве. Криногалофиты — «солевыделяющие» растения (кермек, армерия, тамариск и др.). Их клетки легко пропускают через себя соляной раствор. Излишек солей выходит через солевывделительные желёзки. Выделившаяся соль заметна на поверхности листьев, она сдувается ветром, смывается дождём, а при большом её переизбытке растения могут сбрасывать листья. Гликогалофиты — «соленепроницаемые» растения. Потребность в солях у них сравнительно невелика, и высокое осмотическое давление достигается не большой концентрацией солей, а повышенным содержанием органических веществ. Так адаптировались к засолению некоторые полыни и злаки.

Отношение растений к воздуху

Воздух является важнейшим условием жизни растений. Состав основных компонентов атмосферного воздуха почти постоянен: он содержит примерно 1/5 часть кислорода (21 %) и 4/5 — азота (78,1 %), а все остальные газы составляют ничтожную его долю (0,9 % — аргон, 0,032 % — углекислый газ, следы водорода и др.). В воздухе также имеется некоторое количество примесей (пыль, микроорганизмы, пыльца, газообразные выделе-

ния организмов, отходы производств и др.). Всегда в нём есть и водяной пар, иногда в значительном количестве. Такой состав воздуха во многом связан с наличием на Земле жизни. Разные компоненты воздуха играют неодинаковую роль в жизни растений. Азот и инертные газы непосредственно растениями не усваиваются, а кислород, углекислый газ, водяные пары и ряд примесей являются очень существенными факторами. Так, кислород необходим им для дыхания, а углекислый газ — для углеродного питания. Заметное, а в некоторых случаях определяющее действие оказывают и другие составляющие воздуха (например, ядовитый сернистый газ). Большое значение для растений имеет также почвенный воздух.

Воздух воздействует на наземные растения и просто как среда, их окружающая, т. е. оказывает важное физическое влияние. Менее плотный, чем вода, он потребовал формирования у наземных растений механических тканей, поддерживающих их тела. Атмосфера задерживает губительное ультрафиолетовое излучение, сглаживает колебания температуры, меняет распределение тепла и света. Существенное экологическое значение имеет движение воздуха: ветер оказывает механическое и иссушающее воздействие, во многом определяет тепловой режим территорий, а также помогает опылению и распространению растений.





ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ РАСТЕНИЙ

Присмотритесь внимательнее к знакомым растениям. Одни из них — высокие деревья, другие — невысокие раскидистые кустарники, а третьи — низкие травы. Для средней полосы России характерны лесные ландшафты, а в южных степях и в высокогорьях деревьев не встретишь. Травы в степи покрывают всю поверхность земли, а в жарких пустынях и полярных областях они встречаются отдельными куртинами. В чём причина такого разнообразия?

На растительные организмы в природе воздействует множество факторов, и, приспосабливаясь к условиям жизни, они эволюционно выработали внешний облик, внутреннее строение, физиологические и биологические особенности, наиболее отвечающие окружающей их обстановке. В результате разнообразным вариантам условий среды соответствуют определённые варианты организации растений. Для их обозначения датский учёный

И. Э. Варминг в 1880-х гг. ввёл в ботанику понятие жизненной формы.

Впервые идею классификации растений по внешнему виду высказал великий немецкий натуралист, географ и ботаник А. Гумбольдт. В начале XIX в. он обратил внимание на связь ландшафтов и облика господствующих в них растений. Жизненной формой стали называть выраженное во внешнем облике и внутреннем строении приспособление взрос-

Для ландшафтов умеренного климатического пояса Северного полушария характерны древесные жизненные формы растений лесов и травы лугов и полей.





► Деревья, кустарники и травы — основные жизненные формы растений.



Кустарничек брусника относится к хамефитам.

У фанерофитов, к которым относятся древесные формы, зимующие почки располагаются высоко над землёй.

лых организмов ко всему комплексу условий, складывающихся в определённых типах местообитаний. Вид является основной единицей в систематике, а жизненную форму учёные предлагали считать основной единицей в экологии растений. Как в систематике принадлежность к одному роду, семейству и т. п. указывает на общность происхождения, так в экологии отнесение к одной жизненной форме означает общий путь приспособления (адаптации) к среде.

Жизненные формы растений, как правило, не связаны с их положением в систематике. Конкретные условия среды могут одинаково повлиять на представителей различных по происхождению групп. Например, бобовые (их почти неизменный систематический признак — плод боб) живут в самых разных условиях: в тёплом и холодном климате, в сырых и сухих местах. Но жизненные формы их очень многообразны: в зависимости от среды обитания они могут быть и деревьями, и кустарниками, и лианами, и травами. С другой стороны, кактусовидную жизненную форму (покрытый колючками сочный стебель), характерную для жарких пустынь Америки, в сходных условиях выработали не только представители семейства кактусовых, но и растения других, отнюдь не родственных



семейств (в частности, молочайные, произрастающие в пустынях Африки). Много похожих сочных растений есть среди аизовых, толстянковых, лилейных, ластовневых и др.

Растения изменяют не все свои свойства, адаптируясь к конкретным условиям. Внешние признаки растений разделяют на «организационные», которые обычно прочно закреплены в генотипе и не подвергаются быстрым изменениям под влиянием окружающей среды, и «приспособительные». Первые (листорасположение, число лепестков и др.). Для выделения жизненных форм более важны пластичные «приспособительные» признаки, быстро реагирующие на изменение среды: ритм сезонного развития, защищённость почек возобновления, вегетативное размножение и т. п.



Карликовая ива.



КЛАССИФИКАЦИИ ЖИЗНЕННЫХ ФОРМ РАСТЕНИЙ

При классификации жизненных форм ботаники акцентировали внимание на разных признаках растений. Австрийский ботаник А. Кернер в 1863 г. создал систему «основных форм растений» умеренных широт, где описал 12 типов: лазящие, вьющиеся, дернистые, деревья, кустарники и т. д. В 1872 г. А. Гризебах предложил экологическую классификацию, призванную отразить климат и историю регионов. Он выделил семь «основных форм» растений: деревянистые, сочные, вьющиеся, эпифиты, травы, злакообразные и бессосудистые.

В нашей стране была предложена целая серия классификаций жизненных форм растений для разных природных зон: для таёжных лесов её разработал В. Н. Сукачёв, 15 групп жизненных форм степной растительности выделил В. В. Алёхин, многие учёные детально описали жизненные формы жарких пустынь.

В биологической науке система жизненных форм Раункиера занимает особое место: с ней знакомятся все начинающие биологи и её по-прежнему используют в работе профессионалы. Первый вариант своей знаменитой системы датский ботаник предложил в 1905 г. и потом неоднократно её дорабатывал. Раункиеру удалось уложить всё разнообразие жизненных форм растений в небольшое число типов, выделенных всего по одному критерию — способу защиты почек возобновления в неблагоприятный сезон (холодный или сухой). Впоследствии на систему Раункиера опирались авторы многих других классификаций жизненных форм.

Фанерофиты (от *греч.* *phanerós* — «открытый», «явный») располагают зимующие почки высоко над землёй. К ним принадлежит в основном

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ МОРФОЛОГИИ РАСТЕНИЙ

Большинство отечественных ботаников, разрабатывавших системы жизненных форм растений опирались на детальный разбор строения их организмов. В основу всех этих классификаций были положены принципы разделения растений по высоте, количеству стеблей и степени их одревеснения. Главные подразделения имеют традиционные названия, широко используемые и неспециалистами. Деревья — это растения с выраженным главным многолетним высоким одревесневшим стволом. Кустарники имеют несколько многолетних одревесневших невысоких (но более 60–80 см) побегов. У полукустарников одревесневают только основания побегов, а верхние их участки ежегодно отмирают. Кустарнички — это низкорослые кустарники (до 60–80 см). Травы развивают недревесневшие надземные побеги, отмирающие в неблагоприятный сезон. Далее эти группы делятся по типу строения надземных и подземных органов. Обобщив работы первой половины XX столетия, свою систему жизненных форм в 1960-х гг. предложил основатель отечественной школы экологической морфологии растений И. Г. Серебряков.



Ветреница дубравная — корневищный геофит.

деревья и кустарники, а также лианы и эпифиты. Раункиер подразделил фанерофиты на 15 подтипов по размеру, длительности жизни листьев и характеру почек (открытые или закрытые). Фанерофиты, особенно крупные, обычно сильно влияют на своё окружение, во многом определяя условия жизни расположенных под ними более мелких растений.

Хамефиты (от *греч.* *chamái* — «низкий») — невысокие растения с поч-



Жизненные формы растений по Раункиеру: 1 — фанерофиты; 2 — хамефиты; 3 — гемикриптофиты; 4 — геофиты; 5 — терофиты.



Смолёвка
бесстебельная
распространена
в Арктике.



Растение-подуш-
ка азорелла
произрастает на
острове Кергелен.
Такая жизненная
форма позволяет
укрыть молодые
растущие части
растений внутри
подушки.

► Весной саванны
покрываются
ковром цветущих
растений —
эфемероидов.

ками возобновления, находящими-
ся вблизи поверхности земли (не
выше 20—30 см). Их почки зимуют
под защитой почечных чешуй, снега,
опавших листьев. Среди хамефитов
немало кустарничков (брусника, чер-
ника, вереск и др.), некоторые травы
(барвинок, звездчатка ланцетовидная
и др.), а также растения-подушки.

Гемикриптофиты (от *греч.* hēmi —
«полу-» и *kryptós* — «скрытый») рас-
полагают почки непосредственно на
поверхности почвы. Это травянистые
многолетники, надземные органы
которых к концу вегетации отмира-
ют. Почки возобновления у них защи-
щены отмершими листьями, под-
стилкой и снегом. Гемикриптофиты
широко распространены во внетро-
пических областях. Среди них много
растений степей, лугов и лесов. Груп-
па эта очень разнообразна.

Криптофиты (от *греч.* *kryptós* —
«скрытый») имеют скрытые, спрятан-
ные почки возобновления. Это мно-
голетние травянистые растения, во



Расы — обособленное по ряду
признаков группы внутри видов
и подвидов растений и животных.

множестве представленные в степях,
пустынях (геофиты), водоёмах (гид-
рофиты). У геофитов все надземные
органы на зиму отмирают, и почки
возобновления у них находятся под
землёй. В соответствии со строением
подземных органов геофиты делят-
ся на луковичные (тюльпаны, луки),
клубневые (картофель, чистяк),
корневищные (ландыш, пырей пол-
зучий), корнеотпрысковые (бодяк
полевой) и т. д.

У гидрофитов листья на зиму
отмирают, а почки возобновления
зимуют на дне водоёма. Они распо-
лагаются на корневищах (кубышка,
кувшинка) или специальных зимую-
щих образованиях (турионах), опу-
скающихся на дно осенью и всплыва-
ющих к весне (ряска, рдест).

Терофиты (от *греч.* *théros* —
«лето») — однолетники, переживаю-
щие неблагоприятный период в виде
семян или спор, имеющих хорошую
защиту — морфологическую (плот-
ные покровы) и физиологическую
(покой, исключающий несвоевремен-
ное прорастание). На зиму растение
отмирает целиком, перезимовывают
лишь семена или споры.





ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТИПЫ И НИШИ РАСТЕНИЙ

Ещё в 1920-х гг. шведский эколог Г. Турессон установил адаптивную природу многих расовых признаков растений. Он показал, что особи одного вида, происходящие из различных климатических областей или несходных местообитаний, при одинаковых условиях в культуре в основном сохраняют свой первоначальный облик. Эти наследственно закреплённые расы, приуроченные в природе к разным экологическим условиям, названы экотипами. Экотипы — крупные экологические внутривидовые подразделения, т. е. вид — это совокупность экотипов, отличающихся некоторыми внутренними и внешними признаками, имеющими значение для выживания. Очень важно, что экотипы не совпадают с подвидами или разновидностями, выделяемыми систематиками. Они могут различаться по морфологическим признакам (форма роста, размеры листьев, опушение и др.), но это отнюдь не обязательно. У многих видов экотипы внешне совершенно одинаковы, и потому их наличие устанавливают экспериментально.

Среди экотипов наиболее известны климатические — группы популяций, занимающие определённую часть ареала и сформировавшиеся главным образом под влиянием климатических факторов. На обширном ареале обычно встречается больше типов местообитаний, поэтому, чем шире область распространения вида, тем разнообразнее набор его экотипов. А максимальное их число отмечается обычно в центральных частях ареала.

Самые разнообразные экологические сведения о видах сводятся воедино в понятие экологической ниши. В ботанику оно пришло из зоологии, где было развито в начале XX в. Экологической нишей называют



характеристику всех сторон жизни вида: границ выносливости по отношению к разным факторам, характера связи с другими видами, образа жизни, распределения в пространстве, потребления ресурсов, вклада в биологическую продукцию сообщества и т. д. Понятие ниши двойственно: с одной стороны, она является свойством самого вида, определяемым его жизненной стратегией, а с другой — это совокупность экологических факторов, обуславливающих то место, которое вид занимает в экосистеме. Это в широком смысле «место вида в сообществе».

Рисунок из
Энциклопедического словаря,
составленного
Д. Мейером. XIX в.

ЭКОТИПЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Сосна обыкновенная состоит из ряда климатических экотипов, которые сменяют друг друга в широтном и долготном направлениях. Представители каждого из них растут лучше именно на своём участке ареала. Так, деревья северной расы плохо развиваются в южных районах и наоборот. Изучив сосны разного происхождения, но выращенные в одинаковых условиях, можно установить их различия по способности к росту, холодо- и засухоустойчивости и др. Обычно растения этих групп отличаются и морфологически (длиной иголок, формой кроны, строением ствола и т. д.). В лесоводстве такие климатические экотипы называют расами разного географического происхождения и давно учитывают при подборе семенного материала.



МЕЖВИДОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ

Марьянник дубравный — полупаразит, он прикрепляется присосками к корням хозяина.



Растения тесно взаимодействуют со всеми компонентами природной среды, обмениваясь с ними энергией и веществом. Эти взаимодействия влияют на физиологические процессы, происходящие в организмах: фотосинтез, дыхание, транспирацию, обмен веществ. Важную роль при этом играют пищевые (трофические, от *греч.* *trophé* — «пища») связи. Автотрофные растения получают органические вещества из неорганических (воздуха, почвы и воды) в процессе фотосинтеза и вторичного синтеза веществ. Однако в состав растительного сообщества могут входить растения, которые питаются иначе. Среди них — сапрофиты, паразиты и полупаразиты, растения-хищники.

Сапрофитам (от *греч.* *sapros* — «гнилой» и *phytón* — «растение») для поддержания жизни требуется органическое вещество лесной подстилки, гумуса, трупов и экскрементов животных. Паразиты не имеют хлорофилла и не могут сами про-

изводить органические вещества, поэтому используют для питания готовые — из живых тканей другого растения, которое называется растением-хозяином. Полупаразиты имеют хлорофилл и способны производить органическое вещество, от растения-хозяина они получают минеральное питание в виде водных растворов.

К группе растений-хищников относят такие, которые усваивают минеральные и органические вещества из животной пищи. Их жертвами обычно становятся насекомые, поэтому хищные растения именуют ещё насекомоядными. В субстрате, где они обитают, мало азота и других минеральных веществ, поэтому они выработали такой необычный дополнительный способ питания.

Сапрофиты сами не могут усваивать пищу из мёртвого органического вещества. Чтобы этого добиться, они вступают в симбиоз с грибами, образуя микоризу. Встречают-



ся полные сапрофиты (подъельник, гнездовка и др.), которые лишены зелёной окраски, неспособны к фотосинтезу и сходны по способу питания со шляпочными грибами. Они обитают на богатых гумусом почвах в тенистых лесах и окрашены в белый, светло-жёлтый, розовый, голубой или пурпурный цвет. Частичные сапрофиты (некоторые орхидеи и др.) содержат небольшое количество хлорофилла и часть питательных веществ производят сами с помощью фотосинтеза.

Питание паразитных растений

У всех паразитных растений в процессе эволюции развились специализированные органы — присоски (гаустории), с помощью которых они получают воду и питательные вещества из растения-хозяина. У травянистых полупаразитов (погремок, марьянник и др.) гаустории образуются внутри тканей растения-хозяина. У кустарниковых (омела, ремнецветник и др.) в дополнение к ним на поверхности ветвей растения-хозяина образуются органы, похожие на корни, снабжённые гаусториями,



которые погружены в ткань хозяина, закрепляются там и получают необходимое питание. Присоски у паразитных растений могут развиваться на всех вегетативных органах: на корневом конце зародыша при прорастании семени (повилика, заразиха, омела), на стеблях (повилика), корнях (фригилантус) и даже на листьях (струтантус округлый). Если растения получают питательные вещества из корней растения-хозяина, их называют корневыми паразитами, если из стеблей — стеблевыми.

Растения-паразиты:
1, 2 — аподантес флакуртиана; 3 — лангсдорфия гипогейя; 4 — ремнецветник; 5 — пилостила; 6 — цинноморий; 7 — цитинус гипохитис; 8 — заразиха; 9 — сцибалиум; 10 — лофофитум; 11 — раффлезия Арнольди; 12 — петров крест.

ПОДЗЕМНЫЕ ОРХИДЕИ

Необычные приспособления для получения питательных веществ выработались у австралийской орхидеи ризантеллы Гарднера, относящейся к полным сапрофитам. Она живёт под землёй, не имеет ни листьев, ни корней и существует за счёт микоризы с грибами рода аспергилл. Один конец грибного гифа (нитевидного тела) проникает в корневище орхидеи, а другой конец — в гниющий пень мелauки крючковатой (семейство миртовых). Из пня гриб всасывает минеральные соли и углеводы и доставляет их в клетки орхидеи. У другой орхидеи,

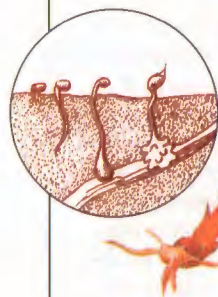


криптантемиса Слетера, питание косвенно носит паразитический характер, потому что гифы связывают её с живой автотрофной орхидеей диподиумом пятнистым. Цветут эти орхидеи также под землёй: подземные стебли ризантеллы заканчиваются соцветием с белыми цветками, криптантемиса — красными в обёртке из кремовых прицветников. Во время цветения их прицветники вытягиваются, продвигая ближе к поверхности почвы цветки, издающие сладковатый запах, привлекающий жуков-опылителей. Только после опыления цветки с завязавшимися плодами выносятся на поверхность и в коробочках созревают семена.



► Надземные стебли циномориев с плотными соцветиями похожи на плодовые тела грибов.

Прорастание семян зарази на корнях растения-хозяина.



К волоскам-щупальцам росянки приклеиваются насекомые.



Сапротрофы и паразиты получают органическое питание из субстрата, в котором произрастает их растение-хозяин, поэтому листья, так необходимые автотрофам, им не нужны. Как правило, у сапротрофов листьев нет либо они видоизменены в жёлтые или буроватые чешуйки, полностью или частично лишённые хлорофилла. У сапротрофов слабо развиты либо совсем не развиты корни — органы поглощения из почвы воды и растворённых в ней минеральных солей. Стебель, служащий автотрофам для размещения листьев и соединения их с корнями, у этих растений также развит слабо и предназначается лишь для выноса на поверхность цветков и семян.

Растения-хищники развили систему специальных желёзок и разнообразных приспособлений для захвата, удержания и растворения тела жертвы, а также для всасывания и поглощения полученных веществ. По характеру этих приспособлений растения-хищники можно разделить на две группы: с волосками-щупальцами и удерживающими листьями (росянка, жирянка); с ловчими аппаратами: кувшинчиками (непентесы), пузырьками (пузырчатка) и ловчими ямами (саррацения). Пищеварительные ферменты для переваривания насекомых



выделяются специальными желёзками на волосках-щупальцах, а также бактериями, с которыми эти растения вступают в симбиоз. Затем те же желёзки всасывают образовавшиеся питательные вещества. В симбиоз с бактериями вступают и растения, обладающие ловчими аппаратами, — в бактерии поселяются в них и помогают в переваривании добычи.

Все сапротрофные, паразитные и хищные растения имеют маленькие семена, которые легко переносятся слабыми токами воздуха и могут проникать в почву с каплями дождя.

Разнообразие растений-сапротрофов

В лесах умеренного пояса к полным сапротрофам относятся виды семейств орхидных и вертляницевых. Из орхидей здесь довольно часто встречаются гнездовка обыкновенная, надбородник безлистный, ладьян трёхнадрезанный. Так как их мелкие семена не содержат необходимых зародышу питательных веществ, они могут прорасти только при наличии в подстилке гифов подходящего вида гриба. Их корневища формируются около 10 лет, и только после этого образуются цветочные стрелки, которые с трудом пробиваются сквозь слой почвы, поэтому иногда цветки распускаются прямо в подстилке.



В еловых, сосновых, иногда дубовых лесах на богатой перегноем почве растёт подъяльник обыкновенный (семейства вербляницевых) — многолетнее травянистое растение с сочными, мясистыми беловатыми надземными побегами и мясистыми корневищами. Его побеги развиваются в июне — июле только для цветения и плодоношения.

В тропических лесах полные сапротрофы представлены орхидными, лилейными, горечавковыми, истодовыми, бурманниевыми и другими семействами. Это травянистые растения, высота которых обычно не превышает 20 см, за исключением



галеолы высочайшей (орхидные) — лианы, распространённой в Юго-Восточной Азии. Её коричневатые стебли длиной до 40 м с красноватыми чешуевидными листьями поднимаются в кроны высоких деревьев.

Цветковые полупаразитные растения

Известно более 1960 видов полупаразитных растений, относящихся к 83 родам и 8 семействам. Наиболее широко они представлены в четырёх семействах: ремнецветные, омеловые, норичниковые и санталовые. Это травянистые однолетние и многолетние растения, паразитирующие на всех жизненных формах цветковых растений, а также древесные полупаразиты, использующие только деревья.

К корневым полупаразитам относятся травянистые растения семейства норичниковых, однолетние (погремок, марьянник, очанка, зубчатка и др.) и многолетние (мытник, кастилея). Они широко распространены в луговых, кустарниковых и лесных сообществах, изредка встречаются в степях, на болотах и на пашнях. Разрастаясь, они угнетают растения,

Ремнелепестник козий.



Нуйтсия обильноцветущая — дерево или кустарник с паразитирующим на соседних растениях корнем.



МАГИЧЕСКАЯ ОМЕЛА

В культуре многих европейских народов вечнозелёную омелу почитали как символ жизни, как амулет, защищающий людей, домашний скот и жилища, а также помогающий отыскивать золотые клады; её называли «золотая ветвь» и использовали в магии и медицине. Виды семейства омеловых распространены в Евразии, Африке, Австралии и Северной Америке от южной части умеренного пояса до тропиков. Наибольшее число видов относится к родам форадендрон (190 видов) и омела (100). У них развиты сходные приспособления. Форадендрон поселяется на хвойных (пихта, кипарис, можже-

вельник) и лиственных деревьях (дуб, ильм, грецкий орех, деревья семейства бобовых) и вызывает деформацию их ветвей. Омеловые также паразитируют на хвойных (сосна, лиственница, пихта) и лиственных деревьях (тополь, дуб, клён, груша, яблоня). Омеловые формируют гаустории в тканях растения-хозяина. Семя омелы прорастает на его ветвях и сразу образует присоску, которая постепенно погружается в древесину ветви. Затем развивается облиственный побег омелы, а из присоски — длинные тяжи, располагающиеся между корой и древесиной. На этих тяжах вырастают новые присоски и новые побеги. Кусты омелы могут достигать 4 м в диаметре и жить до 40 и более лет.



Растение-паразит из семейства заразиховых.

Повилика тимьяновая.



Один экземпляр повилики льняной (*Cuscuta epilinum*) может опутать до 100 особей льна (*Linum*) и паразитировать на них.

Повилика Гронова.

на которых паразитируют, и значительно снижают их продуктивность, а кроме того ухудшают кормовое качество травостоев.

Хвойные и лиственные деревья, а также вечнозелёные кустарники поражаются стеблевыми полупаразитами. Виды семейства ремнецветниковых тяготеют к тропикам, но встречаются и в субтропическом, и в умеренном климате. В странах Средиземноморья, на Кавказе и в Средней Азии распространены кустарники ремнецветник европейский, паразитирующий на дубах черешчатом и скальном, и разумовския можжевельниковая — на можжевельниках.

К ремнецветниковым относятся также деревья, лианы и полные паразиты, не имеющие стеблей. Деревопаразит нуйтсия обильноцветущая, или рождественское дерево, высотой до 10 м, эндемик Западной Австралии, образует гаустории в корнях деревьев и даже трав. Рождественским деревом его называют потому, что оно покрывается яркими жёлто-оранжевыми цветками в канун Нового года.

Растение-паразит из семейства заразиховые.



Цветковые паразитные растения

Число видов паразитных растений примерно в четыре раза меньше, чем полупаразитных. В зависимости от того, на каких органах растения-хозяина они паразитируют, их также можно разделить на стеблевые и корневые. К стеблевым относится более 150 видов вьющихся трав из рода повилика семейства повиликовых. Они распространены на всех континентах и питаются не только за счёт цветковых растений, поселяются и на харовых водорослях, хвощах, папоротниках (марселиевые и полиподиевые), хвойных деревьях (сосновые).

Удлинённый, спирально свёрнутый зародыш в семени повилики содержит запас питательных веществ, но лишён зачатка корня. Уже в семени он образует массивный орган, имеющий присоски. При прорастании семени развивается бледно-жёлтый нитевидный вьющийся стебель с мелкими чешуевидными листьями. Из него при соприкосновении со стеблем другого растения вырастают сосочки, проникающие в ткани последнего. Если повилика способна паразитировать на этом растении, то из её внутренних тканей формируются гаустории, от которых отходят тонкие, похожие на гифы гриба нити. Они врастают в па-



ренхиму жертвы, и повилика получает необходимую пищу. Повилика хмелевидная паразитирует на ивах, образующих заросли вдоль рек. Иногда она сплошь оплетает ивы до высоты человеческого роста, а затем переходит на другие кустарники и высокие травы. Повилика европейская паразитирует на многих диких (крапива, клевер, вика, хмель) и культурных растениях (лён, тыква, смородина), поэтому её относят к полифагам.

Корневые паразиты представлены значительно большим числом видов, чем стеблевые. Из них к семейству заразиховых относится около 200 видов. Большим разнообразием видов отличается род заразиха (около 140 видов). Её мелкие семена легко проникают в почву с дождевой водой, но могут прорасти только вблизи корней подходящего растения-хозяина. Вначале из зародыша выходит росток, похожий на корень. Одна его часть внедряется в корень хозяина, а другая вздувается в клубёнок, затем заразиха образует придаточные корни без корневых волосков и чехликов, новые клубеньки и гаустории, а уже из них — желтоватые или красно-бурые стебли с чешуйчатыми листьями и цветками. Многие виды заразих паразитируют на культурных растениях, поражая лён, клевер, люцерну, подсолнечник, табак, коноплю, картофель.



Цветки раффлезии закладываются в тканях растения-хозяина. Зачатки цветков растут, развиваются — и, наконец, выходят наружу через разрывы покровных тканей на корнях растения-хозяина.

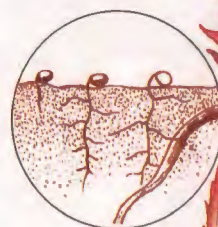


Цветок раффлезии Арнольда (*Rafflesia arnoldii*) — крупнейший из всех. В диаметре он достигает метра. Впервые его обнаружили в 1818 г. на острове Суматра, в долине реки Манна, на почве, покрытой слоновьим навозом. Раффлезия паразитирует на корнях винограда.

Редукция вегетативных органов наиболее сильно выражена у паразитных растений семейства раффлезиевых, у которых отсутствуют не только корни, но и облиственные побеги. Они получают питание от растения-хозяина с помощью тяжей, не разделённых на клетки и напоминающих гифы грибов. На тяжях образуются цветочные почки, прорывающие кору растения-хозяина. Затем из них распускаются цветки, которые можно принять за цветки растения-хозяина. Раффлезия Арнольда, известная размерами своих цветков (весом до 7 кг), паразитирует на корнях дикого винограда в тропических лесах Индонезии.

Комплексом приспособлений, характерных и для паразитных, и для хищных растений, обладает петров крест чешуйчатый (семейство норичниковых). Он паразитирует на корнях лиственных деревьев и кустарника лещины (орешник). Его длинное корневище густо покрыто чешуйчатыми полыми листьями, а от него под прямым углом, попарно отходят боковые подземные побеги, это крестообразное ветвление и отражено в названии растения. Тонкие корни при помощи гаусторий присасываются к корням

Петров крест чешуйчатый.



Прокаулом — похожий на корень росток корневого паразитного растения лофофитума удивительного образует огромные вздутия, достигающие 15 кг.



►
Рослянка кругло-
листная.

хозяина, а в полые чешуйчатые листья заползают мелкие животные: инфузории, амёбы, коловратки, клещи и другие крохотные насекомые, которые усваиваются растением. Надземные побеги для цветения и плодоношения развиваются в апреле — мае на очень короткое время и не каждый год.

Ловчие листья
венериной мухо-
ловки.

Растения-хищники

Ловчие приспособления для захватывания жертвы в виде волосков-щупальцев и удерживающих листьев выработались у видов семейств росянковых и пузырчатковых. Семейство росянковых объединяет многолетние плавающие водные растения (альдрованда) и растения торфяных болот (росянки), распро-

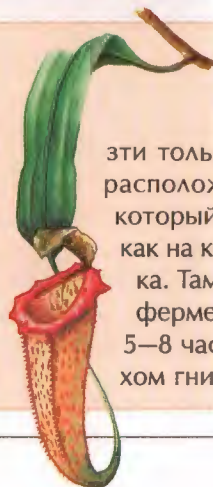


странённые в Евразии. Листья альдрованды пузырчатковой собраны в мутовки и имеют форму двух полукруглых створок, захлопывающихся по средней жилке. Их плоский клиновидный черешок оканчивается наверху чувствительными щетинками, способными, как и у других росянковых, отличать насекомых от песчинок, кусочков коры и других мелких частиц, которые могут заноситься ветром. Ещё более приспособлены листья венериной мухоловки (семейство росянковые) — эндемика прибрежной части штата Северная Каролина (США). По краям её листья усажены длинными прочными зубцами, а кроме того, они имеют по три чувствительных волоска. Когда насекомое попадает на лист, он внезапно складывается посередине, зазубренные концы замыкают вход, и жертва оказывается прижатой к железкам, переваривающим добычу.



ЛОВЧИЕ КУВШИНЧИКИ

Сложным ловчим аппаратом — кувшинчиками обладают азиатские тропические лианы непентесы (семейство непентесовых). Красивые и изогнутые, они висят на длинных черешках листьев, издавая сильный запах, а железистые нектарники, расположенные у входа в кувшинчик, выделяют нектар, также привлекающий насекомых (муравьёв, мух и др.). Чтобы в кувшинчик не попали другие



мелкие животные, по краю он покрыт острыми длинными волосками или шипами, через которые могут проползти только насекомые. В верхней части стенок расположены железки, вырабатывающие воск, который прилипает к лапкам насекомых, и они, как на коньках, соскальзывают на дно кувшинчика. Там выделяется жидкость со специальными ферментами, и добыча разлагается в течение 5—8 часов. Этот процесс сопровождается запахом гнили, привлекающим мух.



У росянок круглолистной, продолговатолистной и других листья собраны в прикорневую розетку и сверху покрыты чувствительными волосками-щупальцами. На концах волосков находятся особые желёзки, выделяющие блестящие капельки тягучей жидкости. Они заманивают насекомых, и тут же реагируют волоски — изгибаются и обволакивают жертвы клейкой слизью, а край листа медленно загибается, удерживая добычу. Выделяющиеся пищеварительные ферменты растворяют тело насекомого, а образующаяся жидкость поглощается листом с помощью всасывающих клеток и включается в обменные реакции. Затем в течение нескольких дней лист разворачивается, и на желёзках опять выступают капельки слизи.

Жириanky (около 40 видов из семейства пузырчатковых) растут по болотам, на влажных участках с торфяными почвами в Европе, Северной Азии и Северной Америке. Листья жирианок собраны в розетку и прижаты к почве, чтобы на них было удобнее заползать насекомым (мухам, муравьям). Они покрыты желёзками на ножках, выделяющими сахаристую слизь для привлечения добычи. Когда насекомое попадает на лист, его пластинка закручивается, а слизь удерживает жертву. Пытаясь освободиться, насекомое дотрагивается до желёзок, которые выделяют секрет, содержащий ферменты для растворения и переваривания пищи.

Ловчие пузырьки на листьях или стеблях развиваются у пузырчаток из семейства пузырчатковых, включающего более 200 видов. Большинство видов обитает в тропиках, где они представлены наземными формами с цельнокрайними листьями. В районах с умеренным климатом это плавающие водные растения, имеющие перистые листья и лишённые корней. Из них на территории Евразии часто встречаются пузырчатки



Саррацения Друмонди и её кувшинчики-ловушки.

малая, средняя, обыкновенная и незамеченная, обитающие в стоячей и медленнотекучей воде (в прудах, ямах, канавах, озерах и обводнённых торфяных болотах). На их листьях расположены многочисленные пузырьки с отверстием. Вход в него прикрывает клапан с чувствительными волосками, выделяющими клейкое вещество, а в качестве приманки — сладкий нектар. Мелкие водные животные (рачки, инфузории, насекомые и их личинки) касаются желёзок, и вход внутрь открывается так, чтобы им было удобнее попасть в пузырёк, из которого выбраться уже нельзя, поскольку клапан тут же закрывается. С помощью ферментов жертва быстро растворяется и всасывается растением — и ловушка опять готова принять очередное животное.

Своеобразные ловушки имеются у самых крупных насекомоядных растений, относящихся к семейству саррацениевых. Оно содержит всего 17 видов, распространённых

Пузырчатка обыкновенная и её пузырёк-ловушка.





РОЛЬ САПРОФИТОВ, ПАРАЗИТОВ И ХИЩНИКОВ В РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ

В природе каждый вид растений или животных уникален. Сапрофиты играют важную роль в круговороте веществ в биогеоценозе, разлагая отмершее органическое вещество и участвуя в образовании новых стойких соединений — гумуса почвы. Значение цветковых растений-паразитов и полупаразитов в растительных сообществах также велико. Они связаны с автотрофными растениями, на которых паразитируют, трофически (питанием) и топически (местоположением), ослабляют или вызывают гибель одних растений и этим способствуют усилению роли в сообществе других. Таким образом, они выступают регуляторами видового состава, а также состояниями отдельных популяций видов и всего биогеоценоза. Автотрофные и паразитные растения в

процессе совместной эволюции приспособились друг к другу, и обычно в сообществах обилие последних невелико. Сильное влияние они могут оказать на растения, завезённые из других регионов и поэтому не приспособленные к ним. Например, подсолнечник, попавший из Северной Америки в Европу, вскоре стал поражаться заразой подсолнечниковой, ранее паразитировавшей на полынях.

При массовом разрастании паразиты приносят значительный ущерб сельскому хозяйству: ослабляют культурные растения, ухудшают их кормовые качества и понижают урожай. Паразитные растения не используются в пищу животными, а сено, содержащее их, может вызвать заболевания скота. С другой стороны, эгинетия индийская (семейство заразиховых), паразитирующая на сахарном тростнике, введена в культуру как декоративное растение, так как образует крупные, яркие, удивительные по красоте цветки.



Жириanka
обыкновенная.

на болотах Северной и Южной Америки. Эти растения имеют два типа листьев. Нижние листья чешуйчатые, а верхние, крупные с короткими черешками, собраны в розетку, напоминающую расширяющийся кверху кувшин, пёстро окрашенный в пурпурные, жёлтые и зелёные цвета. У саррацении жёлтой высота такого кувшина достигает 80 см. Верхняя часть листьев напоминает крышечку, которая усеяна железками, выделяющими сладкий нектар, и длинными жёсткими волосками, направленными

ми в глубь кувшина. Нектара очень много, и он стекает по наружным стенкам, привлекая насекомых (муравьёв, совок и др.). Внутри кувшина верхняя часть покрыта воском и очень скользкая, а ниже находится зона, усеянная оттопыривающимися чешуйками, по которым жертвы легко соскальзывают вниз, но не могут выбраться наверх из ловушки. На дне скапливается дождевая вода, в ней поселяются бактерии, разлагающие пойманных насекомых, а также содержатся ферменты, помогающие переваривать и усваивать образующиеся вещества. В таких ловчих ямах саррацений слой из накапливающегося хитина насекомых может достигать 10—15 см.



Эгинетия
индийская.



В одной завязи эгинетии индийской (*Aeginetia indica*) из семейства заразиховых образуется 70 тыс. семян, а во всём соцветии заразики (*Orobanchae*) — 500 тыс. и более семян.



ФИТОЦЕНОЛОГИЯ

РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА

В окружающем нас мире редко встречаются единичные экземпляры растений, гораздо чаще мы видим различные их сочетания, занимающие более или менее однородные участки земной поверхности. Это может быть сосновый лес на песчаной террасе реки, разнотравный луг в пойме, кустарниковые заросли на склоне оврага. Учёные давно обратили внимание на такие гармоничные группы совместно произрастающих растений и назвали их фитоценозами.

Фитоценоз (от *греч.* *phytón* — «растение» и *koinós* — «общий»), или растительное сообщество, — это совокупность популяций растений, занимающих определённый, относительно однородный участок территории и связанных многочисленными взаимоотношениями между собой и со средой обитания. Фитоценозы — самые малые ячейки, кир-

пичики строительного материала, из которого создан зелёный покров Земли. Однако сами по себе растительные сообщества — достаточно сложные и разнообразные системы. Они обладают различным видовым составом (набором растений), строением и потому внешне сильно отличаются друг от друга. Закономерностями строения фитоценозов, их

Луг и участок смешанного леса на берегу лесного озера представляют собой совокупность нескольких фитоценозов как часть растительного покрова территории.





►
Лесной биоценоз

всесторонним изучением занимается наука фитоценология. А науку о растительном покрове как совокупности растительных сообществ, об их составе, структуре, динамике в пространстве и времени на той или иной территории называют геоботаникой.

Биоценоз и биогеоценоз

Фитоценоз связан с окружающей средой и является частью биоценоза — природного сообщества, в котором взаимодействуют растения, животные и микроорганизмы. Биоценозы отличаются друг от друга видовым составом, численностью видов, особенностями структуры и динамики. Практически в любом из них можно выделить фитоценоз, зооценоз (сообщество животных), сообщества грибов и микроорганизмов. Все они являются объектами самостоятельных исследований. В то же время биоценоз живёт в рамках природной среды и тесно связан с климатическими, почвенными и иными условиями, которые именуются абиотическими условиями среды. Совокупность факторов окружающей среды, влияющих



на состав и структуру биоценозов, называют экотопом.

Биоценоз и занимаемый им биотоп (местообитание) образуют сложную природную систему, известную как биогеоценоз. Основатель учения о биогеоценозе академик В. Н. Сукачёв рассматривал его как биокосную систему, состоящую из совокупности абиотических условий среды и сообщества живых организмов (биоценоза), населяющего эту среду. Биотопом называют природный комплекс в рамках одного местообитания, изменённый в ходе воздействия на него компонентов биоценоза, поскольку все живые орга-

Пень с растущими на нём растениями и грибами, с обитающими в нём беспозвоночными и микроорганизмами — пример экосистемы.



Австрийский ботаник А. Кернер (1831—1897) впервые описал ярусное расположение растений в фитоценозах. А связь растительных сообществ с условиями обитания первым показал датский ботаник Й. Э. Варминг.





низмы в той или иной степени изменяют окружающую их среду.

Биокосная система — это природный комплекс, образованный живыми организмами (биоценоз) и средой их обитания, которая складывается из косных (неживых) элементов — воздуха, влаги, геологических пород, почвы и др.

Довольно часто в литературе используется термин «экосистема», близкий к понятию «биогеоценоз». Сущность экосистемы, как любой системы, составляют связи между её компонентами, в данном случае — процессы создания органического вещества, обмена веществом и энергией. Экосистемы существуют на различных уровнях организации биосферы. Примерами экосистем могут служить: пенёк в лесу с обитающими на нём беспозвоночными, грибами, мхами и сосудистыми растениями; отдельное дерево в лесу со своим растительным окружением и населением птиц и зверей; крупный лесной массив с разнообразными фитоценозами и населением животных, характерный для определённого ландшафта, и т. д. Таким образом, экосистема — более широкое понятие, чем биогеоценоз. А биогеоценоз — это элементарная «ячейка» живого покрова Земли.

По происхождению биоценозы и, соответственно, фитоценозы принято разделять на коренные, производные (или вторичные) и искусственные. К коренным биоценозам относятся сообщества, развивающиеся в естественных условиях в течение продолжительного времени без внешних нарушений. Из-за интенсивной деятельности людей. С каждым годом естественный растительный покров Земли сокращается и коренных биоценозов становится всё меньше. Коренные биоценозы охраняются в государственных заповедниках.

Вторичные, или производные, биоценозы возникают на месте коренных после их серьёзного нарушения или

ИСКУССТВЕННЫЕ БИОЦЕНОЗЫ

На Земле существуют и искусственные биоценозы, созданные по воле человека для определённых целей. Примером могут служить обширные сельскохозяйственные угодья: посевы культурных растений, сады, виноградники, а также лесные плантации, парки и т. д. Здесь человек следит за тем, чтобы условия среды были наиболее благоприятны для выращиваемых растений, — вносит в почву удобрения, не допускает её иссушения, борется с сорняками. Поэтому искусственные биоценозы в значительной степени отличаются от естественных.



Регулярный французский парк — пример искусственного биоценоза, созданного с особым вкусом, умением и любовью.

даже уничтожения. Например, после вырубki коренного елового леса через некоторое время появится мелколиственный берёзовый или берёзово-осиновый лес со своим животным населением и миром микроорганизмов.

Кроме того, иногда в редких местообитаниях одной зоны встречаются своеобразные островки зональных биоценозов соседней. Такие биоценозы, выходящие за пределы своей зоны, называются экстразональными. Например, в лесной зоне могут встретиться участки степных сообществ, которые, возможно, сохранились здесь как свидетели прошлых эпох и более благоприятного климата благодаря особым геологическим и геоморфологическим условиям.



Наиболее богатыми по видовому составу в нашей стране являются луговые степи — здесь встречается более 50 видов на площади 1 кв. м! Виды рода ковыль являются доминантами сообществ ковыльных степей.

На хорошо увлажнённом берегу реки произрастают влаголюбивые виды растений, например различные виды осок.



Характеристики растительных сообществ

Главными характеристиками фитоценоза являются его видовой состав, структура и динамика (развитие растительного сообщества во времени). Видовой состав — это популяции всех видов сосудистых растений, произрастающих в данном фитоценозе. Общее число видов фитоценоза называют его видовым богатством. Обычно подсчитывают количество видов на пробной площади (10 × 10 м в травяных фитоценозах и 20 × 20 — в лесных). Главное значение в фитоценозе имеют виды

растений, преобладающие по числу особей или по степени покрытия ими поверхности почвы. Такие виды называют доминантами сообществ. Они создают внешний облик фитоценоза, обычно по ним даются и названия сообществ. В частности, из названия «ельник брусничный зеленомошный», мы узнаём, что в этом фитоценозе в древостое доминирует ель, а в наземном покрове — кустарничек брусника и зелёные мхи.

Виды, создающие особые условия существования живых организмов, или фитосреду, называют эдификаторами (от *лат.* aedificator — «строитель»). Например, в еловом лесу эдификатором является ель. Ассектаторы — другие виды, составляющие фитоценоз, меньше влияющие на создание фитосреды.

Фитоценоз, как система, состоящая из множества компонентов, характеризуется сложным внутренним строением и находится в неразрывной связи с окружающей средой. Изучение структуры и динамики растительных сообществ входит в число основных задач фитоценологии и необходимо для понимания процессов становления и развития растительного покрова планеты в целом.





ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Зелёный мир растений очень уязвим. Каждый биологический вид — это неповторимый эксперимент природы, содержащий информацию о многих поколениях его предков. В наше время незаметно с лица земли исчезают многие виды растений, на формирование которых природа затратила миллионы лет. Сотни главным образом древних, реликтовых видов вымирают или резко сократили ареал и численность. Под угрозой исчезновения находятся более 20 тыс. видов растений (около 10 % мировой флоры).

В 1948 г. был организован Международный союз охраны природы (МСОП), который объединил и возглавил работу по сохранению видов и их местообитаний. Была создана Красная книга — мировой список (кадастр) видов, которым по тем или иным причинам грозит исчезновение. Каждому «краснокнижному» виду даны определённые характеристики: например, указаны его ареал, статус, который показывает, насколько реальна угроза исчезновения, и т. д. В рубрике «Меры охраны» содержатся сведения об уже принятых и дальнейших необходимых действиях для спасения конкретного вида растения, животного или их отдельных популяций.

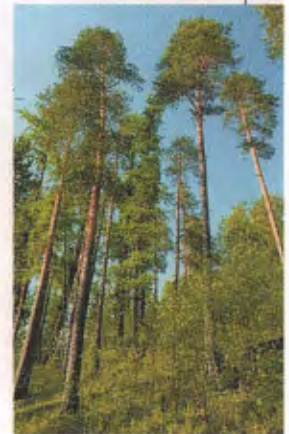
Последний перечень объектов растительного мира, занесённых в Красную книгу Российской Федерации, был опубликован в 2005 г. Он включает 676 видов (из них 515 — сосудистые растения, 60 — мохообразные, 42 — лишайники, 35 — водоросли, 24 — грибы).

В настоящее время под интенсивным хозяйственным воздействием находится около 55 % её площади планеты, и цифра эта постоянно увеличивается в связи с ростом насе-

ления, сведением лесов, освоением земель под сельскохозяйственные угодья, добычей полезных ископаемых, промышленной застройкой. В результате большие участки коренных сообществ исчезают и замещаются производными, более простыми по структуре и однообразными по составу, менее долговечными и продуктивными.

Сохранение вида возможно только в среде его обитания, и потому необходима охрана лесных, степных, тундровых, водно-болотных и других экосистем, в которых живут популяции растений. Для изучения динамики экосистем, защиты местообитаний редких и хозяйственно ценных видов растений и животных, развития экологического просвещения, туризма и рекреации создаются охраняемые природные территории. Там полностью или частично запрещается хозяйственная деятельность и поддерживается естественный ход природных процессов.

В России насчитывается почти 14 тыс. особо охраняемых территорий различного статуса и ранга, они



Корабельные сосны в национальном парке «Водлозерский». Карелия.

Осенняя тундра. Командорский заповедник. Дальний Восток. Россия.





Гипсовый берег
реки Сотки.
Пинежский
заповедник.
Архангельская
область.

Подберёзовик
и карлико-
вая берёза.
Национальный
парк «Югыд-Ва».
Северный Урал.



занимают в общей сложности более 130 млн га, или 8 % площади страны. Особо охраняемые территории России составляют несколько категорий с различным режимом охраны: заповедники, национальные парки, заказники, природные парки, памятники природы. Государственный природный заповедник — территория, в пределах которой природные экосистемы полностью изъяты из хозяйственного использования и находятся под охраной государства. В настоящее время в России насчитывается 102 заповедника. Они занимают разные площади — от сотни гектаров (например, Галичья Гора в Воронежской области) до тысяч гектаров (Алтайский, Баргузинский, Сихотэ-Алинский и другие заповедники Сибири и Дальнего Востока).

Другой вид охраняемых природных территорий — заказники. Это участки, в пределах которых в целях сохранения и восстановления одного либо нескольких компонентов природного комплекса, представляющих научную, культурную или хозяйственную ценность, ограничиваются использование природных ресурсов и другие виды хозяйственной деятельности. В заказниках

обычно охраняются отдельные виды растений и животных, лесные, водные и другие природные объекты или объекты культурного наследия. В настоящее время в России 69 заказников федерального значения, есть также заказники окружного и краевого подчинения.

Национальный парк — это охраняемая территория, на которой существуют природные комплексы и объекты, мало изменённые деятельностью человека, а виды растений и животных и среда их обитания обладают особой научной и учебно-познавательной ценностью. Как правило, национальные парки имеют большую площадь, располагаются в живописной местности, в них проводят работы по восстановлению ландшафтов, сохранению редких и исчезающих видов растений и животных. В отличие от заповедников часть площади национальных парков открыта для посещения. Всего в мире сейчас насчитывается около 2 тыс. национальных парков, занимающих в совокупности 2 % суши. История национальных парков в нашей стране сравнительно недолгая и насчитывает не более двух десятилетий. В России 36 национальных парков. Некоторые национальные парки и заповедники входят в мировую систему биосферных резерватов. Создание такой системы было предложено ЮНЕСКО в 1973 г. в рамках программы «Человек и биосфера» (МАВ). Идея создания биосферных резерватов связана с необходимостью сохранить природу и разнообразие основных биомов Земли. Для этого выбираются территории, наиболее полно представляющие многообразие природных сообществ, и там проводятся постоянные наблюдения по единой международной программе. В России 31 заповедник и пять национальных парков в настоящее время имеют статус биосферных резерватов.



УКАЗАТЕЛЬ

А

Австралийское флористическое царство 389
 автогамия 164, 244
 автотрофы 30, 40, 200, 410
 автохория 179
 аденин 70
 АДФ 72
 азот 56, 64
 азотфикация 201
 аминокислоты 68
 анатомия растений 145
 анафаза 84
 анаэробный фотосинтез 89
 андроцей 154, 159, 165
 анемофильные растения 164
 анемохория 180, 363
 анизогамия 216
 антеридий 263, 277
 антоцеротовые 247, 248
 антоцианы 156,
 антропохория 181
 апекс 132, 133, 148
 аппарат Гольджи 74, 78
 араукариевые 297, 299
 ареал 394
 арктический ареал 395
 архебактерии см. археи
 архегоний 193, 263, 277, 290, 293
 археи 196, 203
 аск 217
 аскогон 217
 аскомицеты 213
 аскоспора 217
 ассектаторы 422
 астровые см. сложноцветные
 атмосфера 49, 53, 58, 62, 92
 АТФ 72, 91, 92
 ауксин 72, 162
 Африканское флористическое подцарство 385
 аэробный фотосинтез 89

Б

багрянки см. красные водоросли
 базидиомицеты 214
 базидия 218
 бактерии 60, 66, 79, 198
 бактериология 198
 бактериофаги 207
 белки 67, 68, 206
 беннеттитовые 294
 бентос 231
 бесполое размножение 191, 243
 биогенные элементы 62, 63
 биогеоценоз 420
 биологическая продуктивность 93

биологическое разнообразие 29
 биосфера 7, 45, 47, 49
 биотоп 398
 биохимия растений 26
 биоценоз 420
 бобовые 348
 боковые корни 122, 127
 Бореальное флористическое подцарство 381
 бореальный ареал 395
 ботаника 18, 31
 ботаническая география 29
 брожение 202
 бурые водоросли 239

В

вайи 272, 273
 вакуоль 74, 76, 78
 вегетативное размножение 189, 243
 венчик 155
 вид 24
 видоизменение листьев 153
 вироид 207
 вирусы 48, 79, 206
 вода 55, 90, 96
 водоросли 42, 43, 79, 191, 226, 230
 воздушные корни 131
 воск 124
 выделительные ткани 117
 высшие растения 259

Г

газообмен 89
 галофиты 145, 404
 гаммелисовые 325
 гаметангии 216, 217, 243, 245
 гаметофит 191, 216, 245, 259, 262, 268, 277, 290, 318
 гаметы 192, 216, 243, 245, 290
 гаусторий 221, 411
 гвоздичные 330
 гелиофиты 399, 400
 гелофиты 402
 гемикриптофиты 408
 ген 82
 генетика растений 28
 геном 82, 206
 генотип 194
 геоботаника 29
 географическая оболочка 49
 география растений 29, 379
 геотропизм 120
 гетерогамия 192
 гетеротрофы 39, 200, 232
 гигрофиты 121, 402
 гидатоды 108
 гидросфера 49

гидрофильные растения 164, 180
 гидрофиты 121, 402
 гидрохория 180
 гименофор 218
 гинецей 154, 158, 165
 гинкговые 295
 гипокотиль (подсемядольное колено) 186, 188
 гистология 25
 гифы 212, 227, 411
 гликогалофиты 404
 глицерол 66, 67
 глюкоза 65, 92, 93
 гнетовые 313
 годичные кольца 135
 Голантарктическое флористическое царство 390
 Голарктическое флористическое царство 381
 голосеменные 45, 193, 289
 грибница 219
 грибы 79, 191, 289
 гуанин 70
 губоцветные 361
 гуттация 99

Д

двойное оплодотворение 25, 318
 двудольные 320
 двудомность 157
 деление клетки 82
 дерево 35, 363, 406
 дернина 139
 диаграмма цветка 161
 диатомовые водоросли 238
 дикарионы 217, 218
 диктиосома 78, 79
 диллениевые 333
 дисахариды 65
 диффузия 97, 98
 диализ 326
 дихотомическое ветвление побега 137, 262
 ДНК 70, 82, 200, 207, 266
 досковидные корни 131
 доядерные организмы см. прокариоты
 древесина 125, 134, 137, 313
 Древнесредиземноморское флористическое подцарство 383
 дрожжи 214
 дыхание растений 90, 92
 дыхательные корни 130, 131

Е Ж З

естественный отбор 38
 жгутики бактерий 199



железки 119
жёлтозелёные водоросли 237
женский гаметофит 197
жизненные формы растений 405
жизнь 48
жилки 148
жилкование листьев 148
заболонь 316
завязь 155, 158, 159, 318
зародыш 104, 173, 175, 186, 262, 289, 318
зародышевый мешок 158, 164, 193, 318
зелёные водоросли 240
земная кора 62
зигомиты 213
зигоспора 217
зигота 82, 164, 173, 183, 192, 216, 243, 268, 277, 291, 318
золотистые водоросли 237
зооспора 233, 244
зоохория 181

И

изменчивость 37, 194
изогамия 192, 216
Индо-Малезийское флористическое подцарство 386
индузий 274
интегументы 158, 174, 318
интерфаза 84, 86
интина 160

К

каллусная ткань 106
камбий 105
Капское флористическое царство 389
карботрофы 220
каулифлория 163
кипарисовые 297
кислород 54, 64, 92
кладодии 143
клейстогамия 164
клетка 24, 30, 73, 80, 81, 233
клеточная мембрана см. мембраны
клеточная стенка 74, 75, 211
клеточное ядро см. ядро клетки
клубнелуковица 143
клубень 129, 142
колленхима 112
колючки 143
комплекс Гольджи см. аппарат Гольджи
конидии 215
конкретная флора 393
консументы 34
конъюгация 244
копротрофы 220
корень 120

корка 106, 110
корневая система 126
корневище 141
корневой чехлик 122
корневые волоски 123
корнеплод 129
космополитные растения 363, 364
красные водоросли 241
крахмал 50, 65, 111
крахмальные зёрна 111
криогалофиты 404
криптофиты 408
кристы 77
кроссинговер 87, 194
круговорот вещества и энергии 50
ксерофиты 145, 147, 274, 314, 402
ксилема 114, 134, 148
ксилотрофы 220
культура тканей 119
культурные растения 15, 16
кустарник 363, 406
кустарничек 406
кустистые лишайники 229
кутикула 43, 67, 107, 146, 186, 258
кутин 67

Л

лейкопласты 77
лепесток 154
лианы 275
лилейные 367
липиды 66, 75
лист 144, 145, 278
листовая пластинка 144, 149, 150, 273
листовое влагалище 144
листовой черешок 144, 149
лиственные лишайники 229
листопад 152
листорасположение 151
литосфера 47, 49
литотрофы 198
литофиты 403
лихеноиндикация 228
лишайники 215, 226
луб 113, 125, 134
луковица 142
лютиковые 323

М

магнолиевые 321
Мадагаскарское флористическое подцарство 385
Мадреанское флористическое подцарство 384
макроэлементы 63
мангры 130
матрикс 75
мегаспора 292, 318
мегаспорангии см. семязачатки

мегаспорофиллы см. плодолистники
мегастробил 291
мезофилл 146
мезофиты 402
мейоз 85, 87, 194
мембрана 75, 199
меристемы 103, 132, 184
метаболизм 97, 200
метафаза 84, 86
механические ткани 112, 147
микология 211
микориза 128, 223
микропиле 174, 292
микроскоп 80, 81, 206
микроспоры см. пыльца
микроспрофиллы см. тычинки
микростробилы 291
микроэлементы 63
миксотрофы 232
мирмекохория 181
митоз 82, 83, 87
митохондрии 74, 76, 77, 93
мицелий 212, 219
млечники 119
монокарпик 162
моноподальное ветвление побега 137
моносахариды 65
морфология растений 25
мохообразные 43, 191, 245
мочковатая корневая система 127
мутации 37
мхи 247, 252

Н

накипные лишайники 229
наследственность 37
настоящие водоросли 236
нектар 118, 166, 417, 418
нектарники 118, 119, 166
Неотропическое флористическое царство 387
неоэндемики 380
несовершенные грибы 214
Новокаледонское флористическое подцарство 386
нуклеиновые кислоты 69
нуклеоплазма 79
нуклеотид 69, 72
нуцеллус 174, 293

О

образовательные ткани 104
объёмный поток воды 97
однодольные 320, 365
однодомность 157
озоновый слой 42
околоцветник 155
олиготрофные растения 403



онтогенез 183, 189
оогамия 192, 216, 244
оплодотворение 164, 193, 263, 318
опыление 164
органеллы клетки 76, 79
органические вещества 90
органотрофы 198
орех 329
орнитофильные растения 164
орхидные 7, 371
осмос 97, 136
основные ткани 110

П

палеоботаника 43
Палеотропическое флористическое царство 384
палеоэндемики 380
пальмовые 377
пантропический ареал 395
папиллы 257
папоротникообразные 45, 191, 258, 271
паразитные растения 414
паренхима 103, 112, 124, 146
перидерма 106, 108
перистом 253
перицикл 122, 124
пестик 154, 155
петрофиты см. литофиты
печёночники 43, 247, 248
пирофитовые водоросли 236
плазмолемма 233
плазмолис 99
планктон 231
пластиды 76, 89, 147
плаунообразные 45
плод 173, 176, 318, 345
плодолистик 154, 158, 318
плодоношение 183
пневматофоры см. дыхательные корни
побег 132
подокарповые 297, 298
подсемязольное колено см. гипокотиль
пойкилотермные организмы 401
покровные ткани 106
покрытосеменные 45, 164, 193, 316
поликарпик 162
Полинезийское флористическое подцарство 386
полиплоиды 119
полисахариды 65
половое размножение 192, 243
полукустарник 407
почва 57, 89
почечные чешуи 140
почки 139
поясок Каспари 124

придаточные корни 126, 129
прилистники 149
присемянник 175
пробка 108, 109, 136
проводящие пучки 134, 148, 273
проводящие ткани 114
продуценты 94
прозенхима 103
прокамбий 105
прокариоты (доядерные организмы) 31, 39, 79, 196
проросток 185, 186, 188
протеины 111
протисты см. водоросли
протодерма 105
протопласт 74, 75
протостела 125
профаза 84, 86
псаммофиты 403
псилотообразные 260
птеридология 271
пыльник 154, 155, 159, 160, 363
пыльца 154, 161, 164, 193, 291

Р

размножение растений 193
растения 30, 42
раса 408
редупликация 84
редуценты 94
реликты 295, 308, 396
рибосома 71, 74, 77
ризины 227
ризоиды 236, 250
ризомонды 260
ризоморфы 212
риниофиты 43, 259
РНК 71, 206
розоцветные 344
рубцы листовые 140
рыльце 155, 158

С

саговниковые (цикадовые) 294
сапротрофы 210, 220, 232, 412
сапрофиты 200, 410
саргассовые водоросли 239
сахароза 65, 66
секреторные ткани (выделительные) 117
сельскохозяйственные культуры 15, 16
семенные папоротники 294
семенные растения 45, 173, 183, 259, 289
семя 164, 173, 185, 187, 194, 289, 290, 318
семядоли 174, 186, 188
семяпочки (мегаспорангии) 158, 159, 289

сера 60, 64
симбиоз 223, 248
симподиальное ветвление побега 138
синезелёные (цианобактерии, цианеи) 41, 79, 204, 248
систематика растений 19
ситовидные трубки 115
склерейды 112, 113
склеренхима 112, 113
склерофиты 402
сложноцветные (астровые) 362
смолы 119
соматогамия 218
соредии 227
сорняки 395
сорусы 191, 274, 276
сосновые 297, 300
сосудистые растения 43, 191, 258
сосуды (трахеи) 115
соцветия 167, 363
сочные плоды 177
сперматоиды 243, 244, 262, 277, 290, 293
спермии 193
сплавина 286
спорангий 45, 191, 245, 267, 274, 276, 278
спорангиофор 267
спорофит 45, 189, 191, 192, 245, 251, 259, 262, 268, 272, 290, 318
спороцисты 216, 218
споры 191, 212, 259, 277, 291
стебель 132, 133
стела 117
стержневая корневая система 127
стигма 233
столбик 158
столон 139
стробил 264, 266, 291
строматолиты 41
суберин 67, 124, 135
суккуленты 143, 402
сумчатые грибы см. аскомицеты
сухие плоды 177
сциофиты 399, 400

Т

таксон 22
таллом (слоевище) 226, 233, 248
телофаза 85
теневиносливые растения 400
термопериодизм 401
терофиты 408
тилакоиды хлоропластов 90, 91
тимин 70
типы соцветий 167
тисовые 297, 298
ткани растений 25, 80, 102



травянистые растения 406
транспирация 56, 99, 108
трахеиды 115, 136
триба 374
трихомы 107, 145, 147
тургор 98, 146
тычинка 154, 155, 160, 363
тычиночная нить 154, 160

У Ф

углеводы 65, 95
углекислый газ 89
углерод 65, 95
устьица 43, 108, 146, 297
фанерофиты 407
феллоген 105, 108, 135
феллодерма 108, 109
ферменты 69, 189
физиология растений 27, 88
филогения 21
фитоморфология 26
фитопланктон 231
фитосфера 32, 50
фитоценоз 29, 419
фитоценология 29, 419
флора 11
флористическое районирование
суши 391
флоэма 115, 134, 148
фосфор 58, 64
фотолиз 54, 91
фотоны 89
фотопериодизм 400
фотосинтез 27, 45, 52, 63, 88, 95,
110, 200
фототрофы 198, 232

Х

хамефиты 407
харовые водоросли 241

хвойные 296
хвощеобразные 266
хвоя 293, 296, 302
хемотрофы 200, 203
хитридиомикеты 213
хищные растения 416
хлоренхима 111
хлоропласты 74, 76, 90, 237
хлорофилл 30, 63, 76, 89, 91, 93,
232
ходульные корни 129
хроматиды 84, 86
хромoplastы 76
хромосомы 28, 82, 84, 86, 194,
200, 233, 259

Ц

царства растений 380
цветение 161–163
цветок 9, 154, 318
цветоложе 155, 320, 345
целлюлоза 65, 66, 75
центральный цилиндр корня 123
центромера 82
цианобактерии см. синезелёные
цикл Кальвина 92
цикл Кребса 92
циркумполярный ареал 395
цистолиты 145
цитозин 70
цитокинез 83, 85, 87
цитология 24
цитоплазма 63, 74

Ч Ш

частуховые 365
чашелистик 155, 156, 345
чашечка 156, 354, 363
чечевички 140
шишка 291, 297

Э

эвгленовые водоросли 237
эволюция растений 36, 44
эврифаги 94
эвтрофные растения 403
эдификатор 422
экзина 160
экзодерма 123
экзоцитоз 98
экологическая ниша 409
экология 398
экология растений 29, 398
экотоп 398
эктозоохория 182
эмбриология 25
эндемик 284, 295, 380
эндодерма 123, 124
эндоплазматический ретикулум
74, 75, 78
эндосперм 164, 173, 289, 318
эндоцитоз 98
энтмофильные растения 164, 320
эпиблема 112
эпидерма (кожица) 106, 121, 124,
145
эпикотиль 174
эпифит 130, 145, 254, 275
эубактерии 199
эуглофиты 404
эукариоты (ядерные организмы)
31, 41, 79, 196
эфедровые 314
эфемероид 408

Я

ядерные организмы см. эукариоты
ядро древесины 136
ядро клетки 74, 79
ядрышко ядра 74, 79
яйцеклетка 193, 293, 318

СОВЕТУЕМ ПРОЧИТАТЬ

- Вент Ф. В мире растений. М.: Мир, 1972.
Жизнь растений. В 6 т. М.: Просвещение, 1974.
Рейвн П., Эверт Р., Айкхорн С. Современная ботаника. В 2 т. М.: Мир, 1990.
Маккалистер Рой. Всё о растениях в легендах и мифах. СПб.: ООО «СЗКЭО Кристалл», 2007.
Страсбургер Э. и др. Ботаника. Учебник для вузов. В 4 т. Пер. с нем. М.: Издательский центр «Академия», 2007.
Т. 1. Клеточная биология. Анатомия. Морфология. 2007.
Т. 2. Физиология растений. 2008.
Т. 3. Эволюция и систематика. 2007.
Т. 4. Экология. 2007.
Яковлев Г. П., Аверьянов Л. В. Ботаника для учителя. В 2 ч. М.: Просвещение, АО «Учеб. лит.», 1996.



СОДЕРЖАНИЕ

К читателю (Г. Н. Огуреева, И. М. Микляева) . . . 5

ВВЕДЕНИЕ (Г. Н. Огуреева, И. М. Микляева) . . . 6

1. МИР РАСТЕНИЙ . . . 17

БОТАНИКА И ЕЁ РАЗДЕЛЫ (Г. Н. Огуреева) . . . 18

Систематика растений . . . 19

Клеточная биология . . . 24

Морфология растений . . . 25

Биохимия растений . . . 26

Физиология растений . . . 27

Генетика растений . . . 28

Биоразнообразие и география растений . . . 29

Экология растений . . . 29

Богатство растительного мира . . . 31

Рекорды в мире растений . . . 32

Самые большие и самые маленькие
растения . . . 34

Продолжительность жизни и скорость роста
растений . . . 34

ЭВОЛЮЦИЯ РАСТЕНИЙ (Г. Н. Огуреева) . . . 36

Развитие учения об эволюции . . . 37

История развития жизни . . . 39

БИОСФЕРА — СРЕДА ЖИЗНИ

(Г. Н. Огуреева) . . . 47

Пределы биосферы . . . 49

Биогенные круговороты веществ . . . 50

Круговорот углерода . . . 51

Круговорот кислорода . . . 54

Круговорот воды . . . 55

Круговорот азота . . . 56

Круговорот фосфора . . . 58

Круговорот серы . . . 60

2. СТРОЕНИЕ И ЖИЗНЬ РАСТЕНИЙ . . . 61

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ОСНОВА ЖИЗНИ

(Г. Н. Огуреева) . . . 62

Молекулярная основа клеток . . . 64

Углеводы . . . 65

Липиды . . . 66

Белки . . . 68

Нуклеиновые кислоты . . . 69

РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА (Г. Н. Огуреева) . . . 73

Клеточная стенка . . . 75

Протопласт и оргanelлы клетки . . . 75

Ядро . . . 79

Основные этапы изучения клетки . . . 80

Деление клеток . . . 82

Митоз . . . 83

Мейоз . . . 86

Отличие митоза и мейоза . . . 87

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ (Г. Н. Огуреева) . . . 88

Фотосинтез . . . 88

Дыхание растений . . . 92

Биологическая продуктивность . . . 93

Поглощение и передвижение веществ
в растениях . . . 96

Вода в жизни растений . . . 96

ТКАНИ РАСТЕНИЙ (Е. Г. Суслова) . . . 102

Образовательные ткани . . . 104

Покровные ткани . . . 106

Основные ткани . . . 110

Механические ткани . . . 112

Проводящие ткани . . . 114

Выделительные ткани и клетки . . . 117

МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

(И. М. Микляева) . . . 120

Корень и его видоизменения . . . 120

Строение корня . . . 121

Первичная структура корня . . . 123

Вторичный рост корня . . . 125

Типы корней и корневых систем . . . 126

Видоизменения корней . . . 128

Мангры . . . 130

Побег и стебель . . . 132

Строение стебля . . . 132

Первичное строение стебля . . . 133

Вторичное строение стебля . . . 134

Типы ветвления побега . . . 137

Форма и типы стеблей . . . 138

Почки на побегах . . . 139

Видоизменения побегов и стеблей . . . 141

Лист и его видоизменения . . . 144

Анатомическое строение листа . . . 145

Развитие листа . . . 148

Формы листовых пластинок . . . 149

Листорасположение . . . 151

Листопад . . . 152

Видоизменения и редукция листьев . . . 153

Цветок . . . 154

Строение цветка . . . 154

Формы околоцветника . . . 155

Типы завязей . . . 158

Андроцей . . . 159



Цветение и опыление	161
Соцветия	167
Семена и плоды покрытосеменных растений ..	173
Строение семени	173
Типы плодов	176
Распространение семян и плодов	179

РАЗВИТИЕ И РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ

(Г. Н. Огурева)	183
Прорастание семян, развитие растений	185
Размножение растений	189
Вегетативное размножение	189
Бесполое размножение	191
Половое размножение	192
Энергия размножения и плодовитость	194

3. РАЗНООБРАЗИЕ РАСТЕНИЙ

ПРОКАРИОТЫ (PROCARYOTA)

(В. В. Корбут)	196
Организация бактерий	198
Эубактерии	199
Археи	203
Цианобактерии	204
Вирусы	206

ГРИБЫ (MYCOTA или FUNGI) И ЛИШАЙНИКИ

(LICHENES) (И. М. Микляева)	209
Грибы	209
Строение грибов	211
Классификация грибов	213
Размножение грибов	215
Продолжительность жизни грибов	219
Сапротрофные грибы	220
Паразитические грибы	221
Шисные грибы	222
Симбиоз грибов с другими	
организмами	223
Несъедобные и ядовитые грибы	224
Лишайники	226
Разнообразие лишайников	229

ВОДОРΟΣЛИ (ALGAE) (И. М. Микляева)

Экологические группы	231
Типы питания водорослей	232
Строение водорослей	233
Строение таллома водорослей	234
Таксономическое разнообразие водорослей ..	236
Подцарство настоящих водорослей	236
Подцарство Багрянки	241
Размножение и развитие водорослей	242
Чередование поколений в жизненном	
цикле водорослей	244

МОХООБРАЗНЫЕ (BRYOPHYTA)

(М. С. Игнатов)	245
Антоцеротовые (Anthocerotopsida)	248
Печёночники (Hepaticopsida)	248
Мхи (Bryopsida)	252

СОСУДИСТЫЕ СПОРОВЫЕ РАСТЕНИЯ

(А. П. Серёгин)	258
Риниофиты – первые высшие растения	259
Отдел Псилотообразные (Psilotophyta)	260
Строение псилотообразных	260
Чередование поколений	
псилоотообразных	261
Отдел Плаунообразные (Lycopodiophyta)	262
Строение плаунообразных	262
Чередование поколений плаунообразных ..	263
Разнообразие плаунообразных	264
Отдел Хвощеобразные (Equisetophyta)	266
Строение хвощеобразных	266
Чередование поколений хвощеобразных ..	268
Разнообразие хвощеобразных	269
Отдел Папоротникообразные (Pteridophyta) ...	271
Строение и жизненные формы	
папоротникообразных	272
Чередование поколений	
папоротникообразных	276
Разнообразие папоротникообразных	277

ГОЛОСЕМЕННЫЕ РАСТЕНИЯ (PYNOPHYTA

или GYMNOSPERMAE) (Е. Г. Суслова)	289
Происхождение семенных растений	289
Отдел Голосеменные (Pynophyta или	
Gymnospermae)	290
Семенные папоротники (Pteridospermae) ...	294
Саговниковые, или цикадовые	
(Cycadopsida)	294
Гинкговые (Ginkgoopsida)	295
Хвойные (Pinopsida)	296
Порядок подокарповые	298
Порядок тисовые	298
Порядок араукариевые	299
Порядок сосновые	300
Порядок кипарисовые	306
Значение хвойных	313
Гнетовые (Gnetopsida)	313

ПОКРЫТОСЕМЕННЫЕ, ИЛИ ЦВЕТКОВЫЕ, РАСТЕНИЯ (ANGIOSPERMAE, ИЛИ

MAGNOLIOPHYTA) (Е. Г. Суслова)	316
Самые разнообразные и многочисленные	316
Размножение покрытосеменных растений ..	318
Класс двудольные (Dicotyledones)	320
Подкласс магнолиевые	321
Подкласс лютиковые	323



Подкласс гаммелисовые	325	Экологические группы растений	399
Подкласс гвоздичные	330	Отношение растений к свету	399
Подкласс диллиевые	333	Отношение растений к теплу	401
Подкласс розоцветные	344	Отношение растений к воде	402
Подкласс сложноцветные, или астровые	362	Отношение растений к почве	403
Класс однодольные (Monocotyledones)	365	Отношение растений к воздуху	404
Подкласс частуховые	365		
Подкласс лилейные	367	ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ РАСТЕНИЙ	
Подкласс арековые	376	(Н. Б. Афанасьева)	405
ГЕОГРАФИЯ РАСТЕНИЙ И БИОРАЗНООБРАЗИЕ		Классификации жизненных форм растений	407
(Г. Н. Огуреева, Е. Г. Мяло, Т. В. Дикарева)	379	Экологические типы и ниши растений	409
География растений	379		
Царства растений	380	МЕЖВИДОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ	
Голарктическое царство	381	(И. М. Микляева)	410
Палеотропическое царство	384	Питание паразитных растений	411
Неотропическое царство	387	Разнообразие растений-сапротрофов	412
Капское царство	389	Цветковые полупаразитные растения	413
Австралийское царство	389	Цветковые паразитные растения	414
Голантарктическое царство	390	Растения-хищники	416
Флористическое разнообразие мира	391	ФИТОЦЕНОЛОГИЯ (Н. Б. Леонова)	419
Флористическое разнообразие России	393	Растительные сообщества	419
Ареалы растений	394	Биоценоз и биогеоценоз	420
		Характеристики растительных сообществ	422
4. ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ	397	ЗАКЛЮЧЕНИЕ (Н. Б. Леонова)	423
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ		Указатель	425
(Н. Б. Афанасьева)	398	Советуем прочитать	428

Научно-популярное издание
ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ДЛЯ ДЕТЕЙ
Ботаника (т. 43)

Главный редактор

А. Голосовская

Ответственный редактор тома

С. Мирнова

Редактирование и корректура

С. Суставова
М. Абросимова
Е. Тарасова

Артдиректор

Е. Евлахович

Бильдредатор

Е. Кичатова

Изготовление оригинал-макета

А. Дунаев
Е. Гвоздева
А. Филатов
Т. Филатова

Фотографы:

М. Игнатов
М. Кожин
С. Мирнова
Г. Огуреева
Е. Суслова

Художники:

А. Беседина
Т. Доброхотова
Н. Доброхотова-Майкова
Н. Кичатов

Н. Краснова
А. Селиванов
Е. Сурикова
И. Парамыгин

Обложка, супер-обложка, заставки:

Е. Евлахович

Шмуц-титлулы:

М. Новиков

Издательство благодарит за предоставленные иллюстрации:

В. Корбута, Г. Огурееву,
А. Серёгина, Е. Суслову.

УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

**В серии «Энциклопедия для детей»
вышли в свет тома:**

**Планируется
выпуск томов:**

«Всемирная история», «Биология», «География», «Геология», «История России» (части 1, 2 и 3), «Религии мира» (части 1 и 2), «Искусство» (части 1, 2 и 3), «Астрономия», «Русская литература» (части 1 и 2), «Языкознание. Русский язык», «Математика», «Россия: физическая и экономическая география», «Страны. Народы. Цивилизации», «Техника», «Всемирная литература» (части 1 и 2), «Физика» (части 1 и 2), «Химия», «Экология», «Спорт», «Человек» (части 1, 2 и 3), «Информатика», «Универсальный иллюстрированный энциклопедический словарь», «Российские столицы. Москва и Санкт-Петербург», «Личная безопасность», «История XX века. Зарубежные страны», «Птицы и звери», «Человечество. XXI век», «Выбор профессии», «Космонавтика», «Экономика и политика», «Культуры мира», «Домашние питомцы», «Бизнес», «Великие люди мира», «Толковый словарь русского языка» (части 1 и 2), «Московедение», «Древние цивилизации», «История войн», «Русский язык», «История Древнего мира», «История Средних веков», «Россия: православие», «Иллюстрированный атлас мира», «Компьютер», «Толковый словарь школьника», «Великая Отечественная война», «История Нового времени».

«Мифология»,
«История Новейшего времени»,
«Санкт-Петербург».

**В серии «Самые красивые и знаменитые»
вышли в свет книги:**

**Планируется
выпуск книг:**

«Бабочки мира», «Камни мира», «Цветы мира», «Жители моря», «Замки. Дворцы», «Парусные корабли», «Золото мира», «Храмы. Монастыри», «Куклы мира», «Автомобили мира», «Сады. Парки», «Холодное оружие», «Серебро мира», «Карнавалы. Праздники», «Ароматы мира», «Музеи мира», «Русские храмы», «Птицы мира», «Мифы мира», «Самые красивые места России», «Города мира», «Деньги мира», «Заповедники мира», «Знаки и символы», «Шедевры мировой архитектуры», «Шедевры живописи», «Клады. Сокровища», «Ножи мира», «Огнестрельное оружие», «Звери мира», «Боевые искусства», «Самые красивые места Москвы», «100 мест, где надо побывать», «Заповедники России», «Ювелирные изделия», «Музеи России», «Русские усадьбы», «Чудеса природы», «Вина мира», «Шедевры мирового искусства», «Крепкие напитки», «Пирры. Балы. Торжества», «Русские иконы», «Русские художественные промыслы», «Мода и модельеры», «Крепости и кремли России», «Шедевры русской архитектуры», «Рептилии. Амфибии».

«Экстремальный спорт
и отдых», «Самолеты мира».

Товарный знак *Аванта+* гарантирует высокий научный и художественный уровень книг.

Загляните на сайт www.avanta.ru

Приезжайте в **фирменный магазин *Аванта+***

Москва, ул. 1905 года, д. 8. Магазин работает с 10⁰⁰ до 20⁰⁰ без выходных.

Напоминаем, что клубная карта *Аванта+* даст Вам возможность покупать все книги издательства и другие товары в наших фирменных магазинах по льготным ценам.

Книги ООО «Издательство АСТ» и «Мир энциклопедий Аванта+» можно заказать по адресу:

123022, Москва, а/я 71 «Книги – почтой» или на сайте shop.avanta.ru

Курьерская доставка по Москве и ближнему Подмосквью: тел./факс: 2594171.

Энциклопедия для детей. Том 43. Ботаника

Подписано в печать 14.10.2010. Формат 84 × 108/16.

Бумага офсетная. Гарнитура «Опиум». Печать офсетная. Усл. печ. л. 45,36.

ЭДД. Тираж 5 000 экз. Заказ 1161.

БДЭ. Тираж 2 000 экз. Заказ 1158.

ООО «Мир энциклопедий Аванта+». 109004, Москва, Б. Факельный переулок, д. 3, стр. 2.

ООО «Издательство Астрель». 129085, г. Москва, проезд Ольминского, д. 3а.

Отпечатано с электронных носителей издательства.

ОАО «Тверской полиграфический комбинат», 170024, г. Тверь, пр-т Ленина, 5.

Телефон: (4822) 44-52-03, 44-50-34, Телефон/факс: (4822) 44-42-15

Home page - www.tverpk.ru Электронная почта (E-mail) - sales@tverpk.ru









16544 867D33714 27

ISBN 978-5-98986-432-4



9 785989 864324

ДВ 92/04-05-06-07-08-09-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135-136-137-138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155-156-157-158-159-160-161-162-163-164-165-166-167-168-169-170-171-172-173-174-175-176-177-178-179-180-181-182-183-184-185-186-187-188-189-190-191-192-193-194-195-196-197-198-199-200-201-202-203-204-205-206-207-208-209-210-211-212-213-214-215-216-217-218-219-220-221-222-223-224-225-226-227-228-229-230-231-232-233-234-235-236-237-238-239-240-241-242-243-244-245-246-247-248-249-250-251-252-253-254-255-256-257-258-259-260-261-262-263-264-265-266-267-268-269-270-271-272-273-274-275-276-277-278-279-280-281-282-283-284-285-286-287-288-289-290-291-292-293-294-295-296-297-298-299-300-301-302-303-304-305-306-307-308-309-310-311-312-313-314-315-316-317-318-319-320-321-322-323-324-325-326-327-328-329-330-331-332-333-334-335-336-337-338-339-340-341-342-343-344-345-346-347-348-349-350-351-352-353-354-355-356-357-358-359-360-361-362-363-364-365-366-367-368-369-370-371-372-373-374-375-376-377-378-379-380-381-382-383-384-385-386-387-388-389-390-391-392-393-394-395-396-397-398-399-400-401-402-403-404-405-406-407-408-409-410-411-412-413-414-415-416-417-418-419-420-421-422-423-424-425-426-427-428-429-430-431-432-433-434-435-436-437-438-439-440-441-442-443-444-445-446-447-448-449-450-451-452-453-454-455-456-457-458-459-460-461-462-463-464-465-466-467-468-469-470-471-472-473-474-475-476-477-478-479-480-481-482-483-484-485-486-487-488-489-490-491-492-493-494-495-496-497-498-499-500-501-502-503-504-505-506-507-508-509-510-511-512-513-514-515-516-517-518-519-520-521-522-523-524-525-526-527-528-529-530-531-532-533-534-535-536-537-538-539-540-541-542-543-544-545-546-547-548-549-550-551-552-553-554-555-556-557-558-559-560-561-562-563-564-565-566-567-568-569-570-571-572-573-574-575-576-577-578-579-580-581-582-583-584-585-586-587-588-589-590-591-592-593-594-595-596-597-598-599-600-601-602-603-604-605-606-607-608-609-610-611-612-613-614-615-616-617-618-619-620-621-622-623-624-625-626-627-628-629-630-631-632-633-634-635-636-637-638-639-640-641-642-643-644-645-646-647-648-649-650-651-652-653-654-655-656-657-658-659-660-661-662-663-664-665-666-667-668-669-670-671-672-673-674-675-676-677-678-679-680-681-682-683-684-685-686-687-688-689-690-691-692-693-694-695-696-697-698-699-700-701-702-703-704-705-706-707-708-709-710-711-712-713-714-715-716-717-718-719-720-721-722-723-724-725-726-727-728-729-730-731-732-733-734-735-736-737-738-739-740-741-742-743-744-745-746-747-748-749-750-751-752-753-754-755-756-757-758-759-760-761-762-763-764-765-766-767-768-769-770-771-772-773-774-775-776-777-778-779-780-781-782-783-784-785-786-787-788-789-790-791-792-793-794-795-796-797-798-799-800-801-802-803-804-805-806-807-808-809-810-811-812-813-814-815-816-817-818-819-820-821-822-823-824-825-826-827-828-829-830-831-832-833-834-835-836-837-838-839-840-841-842-843-844-845-846-847-848-849-850-851-852-853-854-855-856-857-858-859-860-861-862-863-864-865-866-867-868-869-870-871-872-873-874-875-876-877-878-879-880-881-882-883-884-885-886-887-888-889-890-891-892-893-894-895-896-897-898-899-900-901-902-903-904-905-906-907-908-909-910-911-912-913-914-915-916-917-918-919-920-921-922-923-924-925-926-927-928-929-930-931-932-933-934-935-936-937-938-939-940-941-942-943-944-945-946-947-948-949-950-951-952-953-954-955-956-957-958-959-960-961-962-963-964-965-966-967-968-969-970-971-972-973-974-975-976-977-978-979-980-981-982-983-984-985-986-987-988-989-990-991-992-993-994-995-996-997-998-999-1000-1001-1002-1003-1004-1005-1006-1007-1008-1009-1010-1011-1012-1013-1014-1015-1016-1017-1018-1019-1020-1021-1022-1023-1024-1025-1026-1027-1028-1029-1030-1031-1032-1033-1034-1035-1036-1037-1038-1039-



9 7 8 5 9 8 9 8 6 4 3 2 4

Цена: 1159,00 р./шт