

Е.А.КРИКСУНОВ, В.В.ПАСЕЧНИК

ЭКОЛОГИЯ

10(11)

К л а с с

Учебник
для общеобразовательных
учебных заведений



Рекомендовано
Министерством образования
Российской Федерации



6-е издание, стереотипное



ДРОФА
Москва · 2002

С 1360891

УДК 373.167.1:574


ББК 20.1я72



К82

КАК РАБОТАТЬ С УЧЕБНИКОМ

Дорогие школьники!

Вы начинаете изучать новый предмет — экологию. Оглавление поможет вам найти нужные разделы учебника. В начале каждой главы указано, что вы будете знать и уметь, изучив ее.

В конце каждого раздела (под знаком ) перечислены экологические понятия (запомните и умейте объяснять их); даны

вопросы (знак ) для самопроверки. Листик (знак ) обозначает задание для самостоятельной работы. В отдельных разделах *курсивом* выделен текст, необязательный для изучения: он рассчитан на особо интересующихся учеников. В конце учебника приведен указатель основных терминов.

Криксунов Е. А.

К82 Экология. 10 (11) класс: Учеб. для общеобразоват. учеб. заведений / Е. А. Криксунов, В. В. Пасечник. — 6-е изд., стереотип. — М.: Дрофа, 2002. — 256 с.: ил.

ISBN 5—7107—5964—3

Учебник издается с 1995 года. Он был первым российским учебником по экологии.

В нем отражены главные проблемы экологии, в том числе экология популяций и сообществ, взаимоотношения человека с окружающей средой, современное состояние биосферы, значение охраны природы. Каждый раздел содержит схемы и рисунки, вопросы и задания для самопроверки и самостоятельных работ.

УДК 373.167.1:574

ББК 20.1я72

ISBN 5—7107—5964—3

© ООО «Дрофа», 1995

© ООО «Дрофа», 2001, с изменениями

Введение



Содержание введения поможет вам:

- узнать, что изучает экология и как происходило ее становление;*
- понять, почему экология играет важную роль в современном мире и зачем необходимо знать ее основы каждому человеку.*

1. Что изучает экология

Вы открыли учебник экологии и приступаете к изучению основ этой науки. В последнее время слово «экология» стало очень популярным; наиболее часто его употребляют, говоря о неблагоприятном состоянии окружающей нас природы. Иногда этот термин употребляют в сочетании с такими словами, как общество, семья, культура, здоровье. Неужели экология столь обширная наука, что способна охватить большинство проблем, стоящих перед человечеством? Можно ли дать конкретный ответ на вопрос: что изучает эта наука?

Термин *экология* образован от двух греческих слов (от греч. *ойкос* — дом, жилище, родина и *логос* — наука), означающих дословно «наука о доме». В более общем смысле экология — это наука, изучающая взаимоотношения организмов и сообществ с окружающей средой обитания (в том числе многообразие их взаимосвязей с другими организмами и сообществами).

В качестве самостоятельной науки экология оформилась лишь в XX в., хотя факты, составляющие ее содержание, с давних времен привлекали внимание человека. Большое значение экологии как науки по-настоящему стали понимать лишь недавно. Этому есть объяснение, которое связано с тем, что рост численности населения Земли и усиливаю-

щееся воздействие на природную среду поставили человека перед необходимостью решать ряд новых жизненно важных задач. Для удовлетворения своих потребностей в воде, пище, чистом воздухе человеку надо знать, как устроена и как функционирует окружающая его природа. Экология как раз и изучает эти проблемы.

Очевидно, что экология тесно связана с другими биологическими дисциплинами, например с зоологией и ботаникой. Это действительно так. На заре развития этих наук внимание исследователей было сосредоточено на систематике и строении организмов. Но уже в первых сочинениях по флоре описание каждого вида растения стало сопровождаться указанием мест его произрастания. В изучении фауны также пришли к тому, что образ жизни животного взаимосвязан с условиями его обитания. Большинство этих сведений относятся, по существу, и к экологии.

Но в чем же тогда отличие предмета экологии от других биологических дисциплин, например от зоологии, ботаники, зоогеографии или этологии (науки о поведении животных)? Для ответа на этот вопрос рассмотрим основные объекты экологического изучения или основные подразделения экологии, следуя от простого к сложному.

Представим себе какой-нибудь один вид растений или животных и в нем одну особь, мысленно изолировав ее от остального мира живой природы. Эта особь, находясь под воздействием *факторов окружающей среды*, будет испытывать их влияние. Главными из них окажутся факторы, определяемые климатом. Всем хорошо известно, например, что представители того или иного вида растений и животных встречаются не повсеместно. Одни растения живут только по берегам водоемов, другие — под пологом леса. В Арктике нельзя встретить льва, в пустыне Гоби — белого медведя. Мы сознаем, что климатические факторы (температура, влажность, освещенность и др.) имеют наибольшее значение в распространении видов. Для наземных животных, особенно обитателей почвы, и растений важную роль играют физические и химические свойства почвы. Для водных организмов особое значение приобретают свойства воды как единственной среды обитания. Изучение действия различных природных факторов на отдельные организмы пред-

ставляет собой первое и наиболее простое подразделение экологии.

Теперь перейдем к следующему подразделению экологии и будем рассматривать особь не изолированно, а в составе группы таких же особей, занимающих определенную территорию и относящихся к одному виду. Такие группы называются *популяциями* (от лат. *популюс* — народ, или население). Наша особь начинает испытывать влияние соседей, а главное — начинает размножаться. И здесь возникают новые проблемы, относящиеся к изучению влияния внешних факторов уже не на отдельную особь, а на группу особей, на изменение их численности и состава.

Жизнь и функционирование популяций достаточно сложный процесс. Дело в том, что популяция — не просто сумма отдельных особей. Взаимодействия организмов в популяции приводят к тому, что у нее появляются собственные свойства, отличные от свойств отдельных особей. Природная популяция всегда представляет собой некое единство.

Под влиянием различных факторов численность (число особей) популяции, ее возрастной состав и область распространения могут значительно изменяться во времени. Часто эти изменения способны приводить к неблагоприятным последствиям. Например, вспышки численности насекомых-вредителей могут наносить большой урон сельскому хозяйству. И наоборот, ущерб может возникать вследствие снижения численности организмов, используемых человеком для своих нужд (промысловых рыб, охотничьих и других видов животных и растений).

Изучение жизни отдельных популяций, определение причин их изменений представляют собой большой раздел экологии — *популяционную экологию*.

Совершенно ясно, что особи не могут существовать вне популяции; рано или поздно они погибнут и на этом их история прекратится. Но и популяция изолированно существовать не может, так как она сама нуждается в энергии, веществе, пространстве и других жизненных ресурсах. Поэтому популяция обязательно вступает во взаимоотношения с другими популяциями: популяция хищного животного черпает энергию от популяции травоядного; популяции могут бороться за пространство, пищу и т. д. Однако они и помога-

ют друг другу: почвенные животные, перерабатывая мертвое растительное вещество, увеличивают плодородие почвы, насекомые участвуют в опылении растений; некоторые растительноядные животные обеспечивают перенос семян растений, способствуя успешному их размножению. Просту говоря, популяции не могут существовать друг без друга.

В природе совместно обитающие популяции различных организмов всегда образуют определенное единство, называемое *сообществом*, или *биоценозом* (от греч. *биос* — жизнь и *ценоз* — общее). Сообщество — довольно устойчивое биологическое образование, так как обладает способностью к самоподдержанию своих природных свойств и видового состава при внешних воздействиях, вызываемых обычными изменениями климатических и других факторов. Устойчивость сообщества определяется не только устойчивостью входящих в него популяций, но и особенностями взаимодействия между ними.

Изучение сообществ позволяет более точно определять причины изменений численности отдельных групп организмов, правильно организовывать ведение сельского, охотничьего или лесного хозяйств, разрабатывать способы борьбы с инфекциями, планировать размещение населенных пунктов и т. д. Здесь мы сталкиваемся со следующим, еще более сложным разделом экологии — *экологией сообществ*.

Но и сообщество не может существовать изолированно от окружающей среды, поскольку взаимоотношения популяций часто осуществляются через элементы неживой природы или очень сильно зависят от нее. Сообщество пребывает в некотором пространстве со свойственным ему набором условий — географических, климатических, физических, химических, биологических. Многие из этих условий определяются деятельностью самих живых организмов: микроклимат леса во многом зависит от состава растительности, свойства почвы — от деятельности микроорганизмов, прозрачность воды — от плотности (количества) микроскопических водорослей и т. д.

Природное жизненное пространство, занимаемое сообществом, называется *биотопом* (от греч. *биос* — жизнь и *топос* — место).

Биотоп вместе с сообществом образуют *экологическую систему*, проще — *экосистему*, в которой длительное время поддерживаются устойчивые взаимодействия между элементами живой и неживой природы.

Экосистемы, по сути, являются тем, что мы обычно называем окружающей нас природой. Разные экосистемы могут быть отделены друг от друга четкими границами, например экосистема леса и экосистема озера. Однако чаще такие границы являются размытыми. В отличие от популяции или сообщества экологическую систему можно считать самостоятельным объектом — в ней самой имеется все, что необходимо для ее существования. Поэтому изучение экосистем — центральный раздел экологии, а сами они — ее главный предмет.

Совокупность всех экосистем Земли образует самую крупную экологическую систему, называемую *биосферой* (от греч. *биос* — жизнь и *сфера* — шар).

В биосфере протекают очень сложные процессы. Все живые организмы тесно взаимосвязаны между собой и со своим окружением, состоящим из элементов неживой природы. Это вода, воздух, почва, свет, температура (рис. 1).

Организмы не только зависят от внешних условий, но и сами оказывают огромное влияние на окружающий их мир. Иными словами, живые организмы и неживая природа тесно связаны и находятся в постоянном взаимодействии. Изучение биосферы — наивысший по сложности раздел экологии, именуемый *глобальной экологией*.

В экологии имеются и другие подразделения. Одно из них ставит в центр внимания изучение человека. Эту отрасль экологии, использующую экологический подход применительно к человеческому обществу, называют сейчас *наукой об окружающей среде*, или *экологией человека*.

Экология — жизненно важная для человека наука, изучающая его непосредственное природное окружение. Человек, наблюдая природу и присущую ей гармонию, невольно стремился внести эту гармонию в свою жизнь. Это желание стало особенно острым лишь сравнительно недавно, после того, как сделались очень заметными последствия неразумной хозяйственной деятельности, приводящие к разрушению природной среды. А это в конечном итоге оказало не-

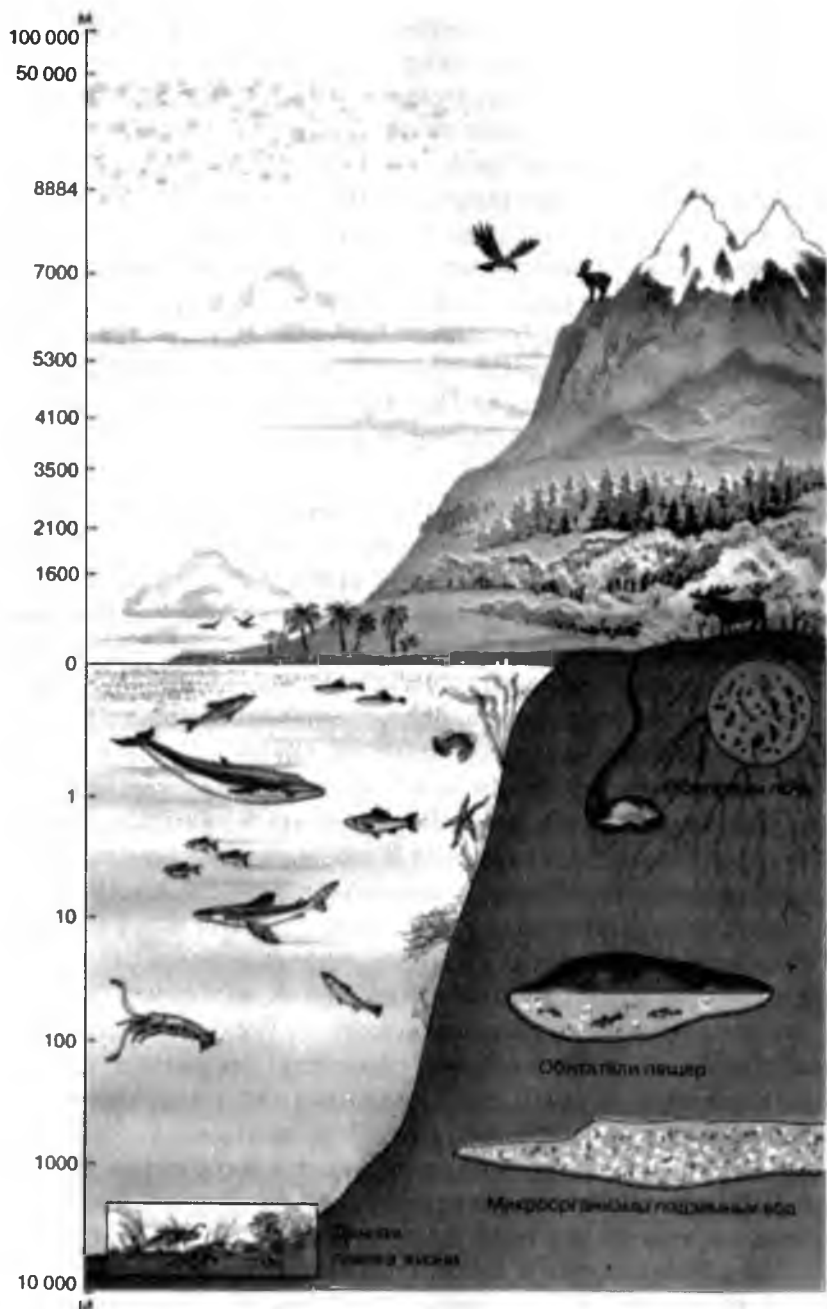


Рис. 1. Распространение жизни в биосфере

благоприятное влияние на самого человека. Вот почему термин «экология» получил такое широкое распространение.

К сожалению, как часто бывает, употребление к месту и не к месту некоторых, ставших модными слов приводит к тому, что они начинают приобретать очень неопределенное значение, как бы теряя свой истинный смысл. Следует помнить, что экология — фундаментальная научная дисциплина, идеи которой имеют очень важное значение. И если мы признаем важность этой науки, нам надо научиться правильно пользоваться ее законами, понятиями, терминами. Ведь они помогают людям определять свое место в окружающей их среде, правильно и рационально использовать природные богатства. Доказано, что использование человеком природных богатств при полном незнании законов природы часто приводит к тяжелым, непоправимым последствиям. И международный опыт, и опыт нашей страны дают немало печальных примеров. Все знают о серьезной опасности, которая нависла над обитателями и качеством вод таких крупных водоемов, как Байкал, Ладожское озеро, Волга.

Ученые констатируют, что угрозе загрязнения подвергается большинство водоемов страны. Загрязнена атмосфера и нарушены условия жизни в большинстве крупных городов и вокруг них. Огромные территории стали опасны для проживания людей в результате Чернобыльской катастрофы.

Из-за экологической безграмотности или в погоне за сиюминутной выгодой многие не хотят задумываться о будущем, главное для них — получить побольше сегодня. Людей не тревожит, что рано или поздно природа предъявит им свой счет. И расплата может быть очень тяжелой. Уже сейчас в некоторых районах нашей страны жители обеспокоены даже не столько охраной природы, сколько восстановлением нормальных условий жизни. Но чтобы восстановить природную среду, необходимо знать законы, по которым она живет и развивается. Поэтому основы экологии как науки о нашем общем доме — Земле, должен знать каждый человек планеты. Знания основ экологии помогут разумно строить свою жизнь и обществу, и отдельному человеку; они помогут каждому ощутить себя частью великой Природы, достичь гармонии и комфорта там, где ранее шла неразумная борьба с природными силами.

Этот учебник позволит вам получить новые знания о жизни отдельных организмов, подробнее о том, что вам уже известно из предшествующих курсов биологии. Вы ознакомитесь с новыми понятиями, объясняющими условия жизни и ресурсы организмов, их тепловой баланс и энергетический бюджет; получите представление об экологической нише и о том, как достигается соответствие между организмами и средой их обитания. Вы узнаете о составе и свойствах отдельных популяций, об их значении и действиях, познакомитесь с важнейшими типами взаимоотношений между популяциями — хищничеством, конкуренцией, паразитизмом. Кроме того, вы узнаете о том, как устроены и как функционируют экологические системы, каким законам подчиняется их развитие.

Отдельный раздел учебника даст вам представление о тех проблемах, которые связаны с влиянием человека на окружающую его природу. Вы получите начальные сведения о современном состоянии окружающей среды, об основных источниках загрязнения и способах охраны ее от этой беды. Кроме того, вы ознакомитесь с влиянием загрязнения биосферы на здоровье людей, узнаете, каковы адаптационные (приспособительные) возможности человека к изменениям, происходящим в окружающей среде.



Экология. Биосфера. Среда обитания. Экология сообществ. Экосистема. Популяция. Биоценоз. Биотоп.



1. Что изучает экология?
2. Экология. Почему это слово, еще совсем недавно известное лишь специалистам-биологам, в настоящее время приобрело всеобщую известность?
3. Какова роль экологии в настоящее время?
4. Почему необходимо изучать экологию?



Приведите примеры положительного и отрицательного воздействий деятельности человека на природную среду в вашем регионе.

Материал для обсуждения

Создан Международный комитет по спасению огромного соленого озера — Аральского моря, погибающего по вине человека. Из рек Амударья и Сырдарья люди забирали слишком много воды на орошение. А воды этих рек в основном и питали Аральское море. В результате нехватки воды оно стало усыхать, площадь его водного зеркала сократилась более чем

в два раза. На высохшем дне моря появились безжизненные равнины, покрытые толстым слоем соли. С них ежегодно ветром стали уноситься миллионы тонн соли, которая засолила почву в десятках и сотнях километров от моря, осела на ледниках Тянь-Шаня и Памира, ускоряя их таяние. Изменился климат, погибли сотни видов животных и растений. Весь уклад жизни местных жителей так или иначе был связан с морем. Теперь они остались без средств существования. Весь регион объявлен зоной экологического бедствия.

Обсудите, почему произошла эта экологическая катастрофа. Можно ли было ее избежать? Что нужно сделать, чтобы не допустить экологических катастроф в других регионах?

2. История развития экологии как науки

С первых шагов своего развития человек неразрывно связан с природой. Он всегда находился в тесной зависимости от растительного и животного мира, от их ресурсов и был вынужден повседневно считаться с особенностями распределения и образа жизни зверей, рыб, птиц и др. Конечно, представления древнего человека об окружающей среде не носили научного характера и были не всегда осознанными, но с течением времени именно они послужили источником накопления экологических знаний.

Уже в самых древних, из известных нам, письменных источниках не только упоминаются различные названия животных и растений, но и сообщаются некоторые сведения об их образе жизни. Видимо, авторы этих рукописей обращали внимание на представителей живой природы не только из любознательности, но и под впечатлением их значения в жизни людей: охоты на диких зверей и птиц, рыболовства, защиты посевов от животных и т. д. Соприкасаясь с первичным познанием природы, люди вынуждены были учитывать значение среды обитания в жизни организмов.

Большое влияние на мировоззрение ученых современной эпохи оказали древнегреческие ученые. Так, например, Аристотель (384—322 до н. э.) в своей «Истории животных» различал водных и сухопутных животных, плавающих, летающих, ползающих. Его внимание привлекли такие вопросы, как приуроченность организмов к местообитаниям, одиночная или стайная жизнь, различия в питании

и т. д. Вопросы строения и жизни организмов рассматривались в трудах таких античных мыслителей и философов, как Теофраст (371—280 до н. э.), Плиний Старший (23—79 н. э.) с его знаменитой «Естественной историей».

Удивительные открытия, которые принесли с собой путешествия в отдаленные страны, и великие географические открытия эпохи Возрождения послужили толчком для развития биологии. Ученые и путешественники не только описывали внешнее и внутреннее строение растений, но и сообщали сведения о зависимости растений от условий произрастания или возделывания. Описание животных сопровождалось сведениями о их поведении, повадках, местах обитания.

Известный английский химик Роберт Бойль (1627—1691) оказался первым, кто осуществил экологический эксперимент; он опубликовал результаты сравнительного изучения влияния низкого атмосферного давления на различных животных.

Большой вклад в формирование экологических знаний внесли такие выдающиеся ученые, как шведский естествоиспытатель Карл Линней (1707—1778) и французский исследователь природы Жорж Бюффон (1707—1788), в трудах которых подчеркивалось ведущее значение климатических факторов. Особенно большой интерес представляют сочинения Линнея «Экономия природы» и «Общественное устройство природы». Под экономией Линней понимал взаимные отношения всех естественных тел, он сравнивал природу с человеческой общиной, живущей по определенным законам.

Важные наблюдения, оказавшие влияние на развитие экологии, были выполнены учеными Российской академии наук в ходе экспедиционных исследований, проводимых со второй половины XVIII в. Среди организаторов и участников этих экспедиций надо отметить Степана Петровича Крашенинникова (1713—1755) с его «Описанием земли Камчатки», Ивана Ивановича Лепехина (1740—1802) — автора четырехтомных «Дневных записок путешествия доктора и Академии наук адъюнкта Ивана Лепехина по разным провинциям Российского государства», академика Петра Симона Палласа (1741—1811), подготовившего капитальный труд «Описание животных российско-азиатских».

Большое влияние на развитие экологической науки оказал французский автор первого эволюционного учения Жан Батист Ламарк (1744—1829), считавший, что важнейшей причиной приспособительных изменений организмов, эволюции растений и животных является влияние внешних условий среды. Профессор Московского университета Карл Францевич Рулье (1814—1858) в своих трудах и публичных лекциях настоятельно подчеркивал необходимость изучения эволюции живых организмов и объяснения жизни, развития и строения животных в зависимости от изменений их среды. Большое значение для развития экологии имели труды известного русского зоолога Николая Алексеевича Северцова (1827—1885).



Э. Геккель

Особую роль в развитии экологических идей сыграли труды великого английского ученого-естествоиспытателя Чарлза Дарвина (1809—1882) — основателя учения об эволюции органического мира. Вывод Ч. Дарвина о существующей в природе постоянной борьбе за существование принадлежит к числу центральных проблем экологии.

Немецкий биолог Эрнст Геккель (1834—1919), который в 1866 г. предложил термин «экология», дав следующее определение этой науки: «Это познание экономики природы, одновременное исследование всех взаимоотношений живого с органическими и неорганическими компонентами среды, включая непременно неантагонистические и антагонистические взаимоотношения животных и растений, контактирующих друг с другом. Одним словом, экология — это наука, изучающая все сложные взаимосвязи и взаимоотношения в природе, рассматриваемые Дарвином как условия борьбы за существование».

Э. Геккель относил экологию к биологическим наукам и наукам о природе, которых, прежде всего, интересуют все стороны жизни биологических организмов.

Как самостоятельная наука экология сформировалась к началу двадцатого столетия. Большой вклад в ее развитие в XX в.



В. И. Вернадский

внесли такие всемирно известные ученые, как Климент Аркадьевич Тимирязев (1843—1920), Василий Васильевич Докучаев (1846—1903), Фредерик Клементс (1874—1945), Владимир Николаевич Сукачев (1880—1967) и ряд других.

Крупнейший русский ученый XX в. Владимир Иванович Вернадский (1863—1945) создает учение о биосфере. Он показывает, какую огромную роль играют живые организмы в геохимических процессах на нашей планете.

В конце жизни В. И. Вернадский приходит к выводу, что биосфера тесно связана с деятельностью человека. От этой деятельности зависит сохранность равновесия состава биосферы. Он вводит новое понятие — *ноосфера*, что означает мыслящая оболочка, то есть сфера разума.

В. И. Вернадский писал: «Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. Перед ним, перед его мыслью и трудом становится вопрос о перестройке биосферы в интересах свободного мыслящего человечества как единого целого. Это новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть ноосфера».

Во второй половине двадцатого столетия происходит своего рода «экологизация» современной науки. Это связано с осознанием огромной роли экологических знаний, с пониманием того, что деятельность человека зачастую не просто наносит вред окружающей среде, но и, воздействуя на нее негативно, изменяя условия жизни людей, угрожает существованию человечества.

Поэтому необходимо понять, каким образом происходит воздействие человека на окружающую среду, и найти те пределы изменения условий, которые позволяют не допустить экологического кризиса. Таким образом, экология становится теоретической основой для рационального использования природных ресурсов.

В изучении многообразных процессов, которые происходят в живой природе, большую помощь оказывают экспери-

ментальные методы. В лабораторных опытах исследуется влияние разных условий на организмы, выясняется их реакция на заданные воздействия. Изучая отношения организмов со средой обитания в искусственных условиях, можно глубже разобраться в происходящих явлениях природы.

Однако экология отнюдь не является лабораторной наукой. Совершенно очевидно, что взаимосвязи живых организмов с окружающей их средой могут быть изучены наиболее полно лишь в природе. Но это дело нелегкое, особенно если учесть, до какой степени сложна даже самая простая среда. Поэтому в экологии натурные наблюдения и эксперименты занимают самое важное место. В то же время невозможность экспериментальной проверки нередко заставляет экологов переводить наблюдаемые факты на язык математики. Математический анализ (моделирование) позволяет выделять отдельные из всей совокупности отношения организма и среды, чтобы глубже понять природу этих явлений. Конечно, при этом не надо забывать, что математические модели представляют собой лишь приблизительное отображение природных явлений.

Если в период своего возникновения экология изучала взаимоотношения организмов с окружающей средой и была составной частью биологии, то современная экология охватывает чрезвычайно широкий круг вопросов и тесно переплетается с целым рядом смежных наук, прежде всего таких, как биология (ботаника и зоология), география, геология, физика, химия, генетика, математика, медицина, агрономия, архитектура.

В настоящее время в экологии выделяют ряд научных отраслей и дисциплин: популяционная экология, географическая экология, химическая экология, промышленная экология, экология растений, животных, человека (см. форзац).

Несмотря на все многообразие, в основе всех направлений современной экологии лежат фундаментальные биологические идеи об отношении живых организмов с окружающей их средой.

Природа не только более сложна, чем мы о ней думаем, она гораздо сложнее, чем мы можем себе это представить. Первый закон экологии гласит: «Что бы мы ни делали в

природе, все вызывает в ней те или иные последствия, часто непредсказуемые».

Следовательно, результаты нашей деятельности можно предвидеть, только всесторонне проанализировав влияние, которое они оказывают на природу. Для такого экологического анализа необходимо привлечь знания различных наук.

Таким образом, современная экология — универсальная, бурно развивающаяся, комплексная наука, имеющая большое практическое значение для всех жителей нашей планеты. Экология — наука будущего, и, возможно, само существование человека будет зависеть от прогресса этой науки.



Ноосфера. Географическая экология. Популяционная экология. Промышленная экология. Химическая экология. Экология растений, животных, человека.



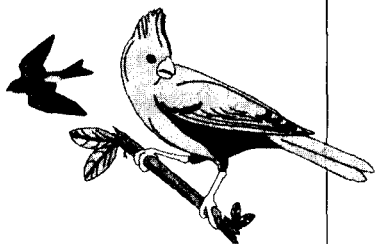
1. Как взаимосвязаны человек и окружающая его природа?
2. Как изменялись отношения человека и природы по мере развития человеческой цивилизации?
3. Когда возникла экология как наука? С чем это было связано?
4. Почему в настоящее время экология приобрела такое важное значение?
5. Кто ввел термин «ноосфера»? Что он означает?
6. Какие научные направления в экологии вам известны?
7. Какая взаимосвязь существует между экологией и охраной природы?



На основе материалов из курсов истории и биологии подготовьте рассказ о том, какие отношения складывались между первобытным человеком и природой.

Материал для обсуждения

В настоящее время повсюду говорят и пишут об ухудшении экологической обстановки, об экологических катастрофах и необходимости охраны природы. Эти проблемы обсуждаются в Государственной Думе, в Правительстве и в других высших инстанциях. Как вы думаете, почему ситуация практически не изменяется к лучшему, а в некоторых регионах даже ухудшается?



Организмы и среды их обитания

Среды жизни

Средообразующая деятельность организмов

Экологические факторы. Условия среды

Общие закономерности влияния
экологических факторов среды на организмы

Экологические ресурсы





Живущие на Земле организмы очень разнообразны; среди растений мы можем встретить микроскопические водоросли, жизнь которых очень коротка, мелкие однолетние цветковые, более крупные многолетние цветковые растения, гигантские древние секвойи. Мельчайшие ракообразные рачки, населяющие толщу воды, медузы, морские звезды, двустворчатые моллюски, жуки, ящерицы, лягушки, воробьи, ястребы, волки, олени, буйволы, киты — вот далеко не полный перечень разнообразных представителей животного мира.

В этой главе речь пойдет о том, что вам уже известно из предшествующих курсов о растениях и животных. Наряду с этим вы ознакомитесь с новыми понятиями и узнаете:

- что такое «основные среды жизни» и каковы их характерные особенности, как проявляется средообразующая деятельность организмов;**
- какую роль играют в жизни организмов внешние факторы и как они подразделяются в экологии;**
- об общих закономерностях влияния экологических факторов на живые организмы;**
- как достигается соответствие между организмами и средой их обитания;**
- об энергетическом бюджете и тепловом балансе различных организмов, о понятии «экологическая ниша».**

1.1. Среды жизни

Поверхность Земли — ее суша, воды и окружающее все это воздушное пространство, населенные живыми организмами, называется *биосферой*, то есть *областью жизни*. Биосфера включает в себя организмы (их около 3 млн видов), их остатки, зоны атмосферы, гидросферы, литосферы, населенные и видоизмененные этими организмами (рис. 1).

Сама биосфера — закономерный продукт эволюции Земли. Живое вещество играет огромную роль в преобразованиях нашей планеты. К такому выводу пришел В. И. Вернадский, исследовав химический состав и химическую эволюцию земной коры. Он доказал, что они не могут быть объяснены лишь геологическими причинами, без учета роли живого вещества в геохимической миграции атомов.

Биосферу можно сравнить с огромной машиной, состоящей из миллионов составных частей (углерод, азот, минералы, растворы, воды, растения, животные и многие другие). Работа биосферы зависит от одного решающего фактора — энергии, не будь которой, все немедленно остановилось бы. В биосфере роль основного источника энергии играет солнечное излучение. Этот постоянный источник энергии обеспечивает не только климатические особенности, но и состав и распределение живых организмов.

Живые организмы не просто зависят от лучистой энергии Солнца, они выступают как гигантский аккумулятор (накопитель) и уникальный трансформатор (преобразователь) этой энергии. О том, как происходит это накопление и преобразование энергии, вы узнаете из последующих глав.

Биосфера характеризуется высоким разнообразием природных условий, зависящих от широты и рельефа местности, от сезонных изменений климата. Но основной источник разнообразия биосферы — это деятельность самих живых организмов.

Между организмами и окружающей их неживой природой происходит непрерывный обмен веществ. Поэтому в каждый данный момент различные участки суши и моря отличаются друг от друга по физическим и химическим показателям.

Ученые считают, что в биосфере представлено более двух миллионов видов живых организмов, каждый из которых включает в себя миллионы и миллиарды особей, определен-

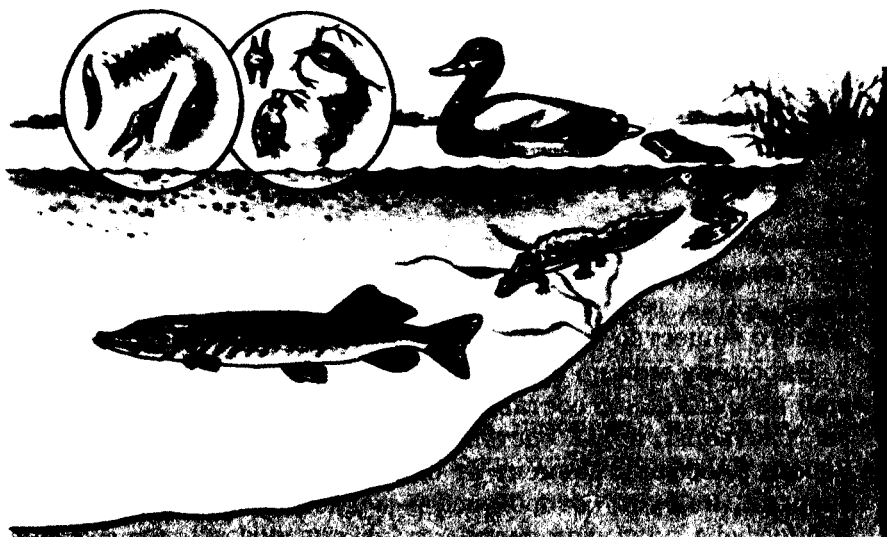


Рис. 2. Организмы, обитающие в водной среде

ным образом распределенных в пространстве. Каждый вид по-своему взаимодействует с окружающей средой. Деятельность живых организмов создает удивительное разнообразие окружающей нас природы. Это разнообразие служит гарантией сохранения жизни на Земле.

В пределах биосферы можно выделить четыре основные среды обитания. Это — водная среда, наземно-воздушная среда, почва и среда, образуемая самими живыми организмами.

Вода служит средой обитания многих организмов (рис. 2). Из воды же они получают все необходимые для жизни вещества: пищу, воду, газы. Поэтому как бы ни было высоко разнообразие водных организмов, все они должны быть приспособлены к главным особенностям жизни в водной среде. Эти особенности определяются физическими и химическими свойствами воды.

В толще воды постоянно находится большое число мелких представителей растений и животных, ведущих жизнь



во взвешенном состоянии. Способность их к парению обеспечивается не только физическими свойствами воды, обладающей выталкивающей силой, но и специальными приспособлениями самих организмов. Например, многочисленными выростами и придатками, значительно увеличивающими поверхность тела относительно массы и, следовательно, повышающими трение об окружающую жидкость.

Другой пример — медузы. Их способность удерживаться в толще воды определяется не только характерной формой тела, напоминающей парашют, но и его сильной обводненностью. Плотность тела медуз очень близка к плотности воды.

К передвижению в водной среде животные приспособлены по-разному. Активные пловцы (рыбы, дельфины и др.) имеют характерную обтекаемую форму тела и конечности в виде плавников. Их быстрое плавание облегчается также особенностями строения внешних покровов и наличием специальной смазки — слизи, снижающей трение о воду.

У некоторых водных жуков выпущенный из дыхалец отработанный воздух задерживается между телом и надкрыльями благодаря не смачиваемым водой волоскам. С помощью такого приспособления водное насекомое быстро поднимается на поверхность воды, где выпускает воздух в атмосферу. Многие простейшие передвигаются при помощи колеблющихся ресничек (инфузории) или жгутиков (эвглена).

Вода обладает очень высокой теплоемкостью, то есть свойством накапливать и удерживать тепло. По этой причине в воде не бывает резких колебаний температуры, которые часто случаются на суше. Воды полярных морей могут быть очень холодными — близкими к замерзанию. Однако постоянство температуры позволило развиваться ряду приспособлений, обеспечивающих жизнь даже в этих условиях.

В то время как животные приспособились жить на огромных океанских глубинах, растения выживают только в верхнем слое воды, куда попадает свет — лучистая энергия, необходимая для фотосинтеза. Этот слой называют *фотической зоной*. Так как поверхность воды отражает большую часть света, даже наиболее прозрачные океанские воды имеют фотическую зону, толщина которой не превышает 100 м. Большинство животных, обитающих ниже фотической зоны, питаются либо живыми организмами, либо останками животных и растений, постоянно опускающимися из верхнего слоя.

Одним из наиболее важных свойств воды является способность растворять в себе другие вещества, которые могут использоваться водными организмами для дыхания и питания.

Для дыхания необходим кислород. Поэтому насыщенность им воды имеет очень большое значение.

Количество растворенного в воде кислорода уменьшается с увеличением температуры. Причем в морской воде кислород растворяется хуже, чем в пресной. По этой причине воды открытого моря тропического пояса бедны живыми организмами. И наоборот, в полярных водах, где больше кислорода, наблюдается обилие планктона — мелких рачков, которыми кормятся представители богатой фауны, включая рыб и крупных китообразных.

Дыхание водных организмов может совершаться всей поверхностью тела или специальными органами — жабрами. Для успешности дыхания необходимо, чтобы вблизи тела происходило постоянное обновление воды. Это достигается различного рода движениями.

Взвешенное состояние мелких частичек и их перенос движущейся водой определяют способы питания многих животных, органы принятия пищи которых устроены по принципу сита. Для того чтобы отцедить достаточное количество пищевых частиц, приходится пропускать через это сито большое количество воды. Для многих организмов необходимо поддержание постоянного тока воды. Это может обеспечиваться движением самого животного или особыми приспособлениями, например колеблющимися ресничками или щупальцами, которые производят возле рта водоворот, загоняющий в него пищевые частицы.

Очень важным для жизни является солевой состав воды, особенное значение для организмов имеют ионы Ca^{2+} . Моллюскам и ракообразным кальций совершенно необходим для построения раковины или панциря. Концентрация солей в воде может сильно изменяться. Вода считается пресной, если в ней содержится менее 0,5 г на литр растворенных солей. Морская вода отличается постоянством солености и содержит в среднем 35 г солей в одном литре.

Наземно-воздушная среда, освоенная в ходе эволюции позже водной, более сложна и разнообразна. Ей свойствен более высокий уровень организации живого.

Наиболее важным фактором жизни пребывающих здесь организмов являются свойства и состав окружающих их воздушных масс. Плотность воздуха гораздо ниже плотности воды, поэтому у наземных организмов сильно развиты опорные ткани — внутренний и наружный скелет. Формы движения крайне разнообразны: бегание, прыгание, ползание, полет и др. По воздуху передвигаются птицы и многие насекомые. Потоки воздуха разносят семена растений, споры, микроорганизмы.

Воздушные массы характеризуются огромным объемом и постоянно находятся в движении. Температура воздуха может меняться очень быстро и на больших пространствах. Поэтому живущие на суше организмы имеют многочисленные приспособления, позволяющие выдерживать резкие из-

менения температуры или избегать их. Наиболее замечательным приспособлением является развитие теплокровности, возникшее именно в наземно-воздушной среде.

В целом воздушно-наземная среда более разнообразна, чем водная; условия жизни здесь сильно меняются во времени и в пространстве. Эти изменения заметны даже на расстоянии в несколько десятков метров, например на границе леса и поля, на разной высоте в горах, даже на разных склонах небольших холмов. Вместе с тем здесь слабее выражены перепады давления, но часто возникает недостаток влаги. Поэтому у наземных обитателей развиты приспособления, связанные с обеспечением организма водой, особенно в засушливых условиях. У растений это мощная корневая система, водонепроницаемый слой на поверхности листьев и стеблей, способность к регуляции испарения воды через устьица. У животных, помимо особенностей строения внешних покровов, это и особенности поведения, способствующие поддержанию водного баланса, например миграции к водопоям или избегание иссушающих условий.

Большое значение для жизни наземных организмов имеет состав воздуха (79% азота, 21% кислорода и 0,03% углекислого газа), который обеспечивает химическую основу жизни. Так, снижение удельного количества кислорода в воздухе в зависимости от повышения высоты местности определяет верхнюю границу жизни животных. Люди, например, никогда не образовывали постоянных поселений на высоте свыше 6000 м над уровнем моря.

Углекислый газ (диоксид углерода) является важнейшим сырьевым источником для фотосинтеза. Азот воздуха необходим для синтеза белков и нуклеиновых кислот.

Почва как среда обитания — верхний слой суши, образованный минеральными частицами, переработанными деятельностью почвенных обитателей. Это важный и очень сложный компонент биосферы, тесно связанный с другими ее частями. Жизнь почвы необычайно богата. Некоторые организмы проводят в почве всю жизнь, другие — часть жизни. Между частицами почвы имеются многочисленные полости, которые могут быть заполнены водой или воздухом. Поэтому почву населяют как водные, так и воздуходышащие организмы (рис. 3). Огромную роль играет почва в жизни растений.



Рис. 3. Обитатели почвы

Условия жизни в почве во многом определяются климатическими факторами, важнейшим из которых является температура. Однако по мере погружения в почву колебания температуры становятся все менее заметными; быстро затухают суточные колебания, а по мере увеличения глубины сглаживаются и сезонные различия температур.

Другая особенность почвы состоит в том, что даже на небольшой глубине в ней царит полная темнота. Кроме того, по мере погружения в почву содержание в ней кислорода уменьшается, а углекислого газа увеличивается. Поэтому на значительной глубине могут обитать лишь анаэробные бактерии, в то время как в верхних слоях почвы помимо бактерий в обилии встречаются грибы, простейшие, черви, членистоногие и даже крупные животные, прокладывающие ходы и строящие убежища.

Тела многих организмов могут служить жизненной средой для других организмов. Это относится не только к паразитизму, но и к некоторым другим формам взаимоотношений между организмами, о чем более подробно будет сказано в следующих разделах учебника. Очевидно, что жизнь внутри другого орга-

низма характеризуется большим постоянством по сравнению с жизнью в открытой среде. Поэтому организмы, находящие себе место в теле растений или животных, часто полностью утрачивают органы и даже системы, необходимые свободноживущим видам. У поселившихся внутри других организмов не развиты органы чувств или органы движения, взамен которых возникают приспособления (часто весьма изощренные) для удержания себя в теле хозяина и эффективного размножения.



Биосфера. Водная среда. Наземно-воздушная среда. Почва как среда обитания. Организмы как среда обитания.



1. Назовите основные особенности жизни организмов в водной среде, в наземно-воздушной среде и в почве. 2. Какие приспособления выработались у организмов к обитанию в водной среде? 3. Как организмы избегают отрицательного влияния низких температур? 4. В чем состоят основные особенности организмов, использующих тела других организмов как среду обитания?



На основе знаний из курса биологии расскажите о жизни растений и животных в наземно-воздушной и водной средах обитания.

1.2. Средообразующая деятельность организмов

Живые организмы не только испытывают влияние со стороны окружающей их среды, но сами активно влияют на среду своего обитания. В результате их жизнедеятельности физические и химические свойства среды (газовый состав воздуха и воды, структура и свойства почвы, даже климат местности) могут заметно меняться.

Наиболее простым влиянием жизни на среду является механическое воздействие. Строя норы, прокладывая ходы, животные сильно изменяют свойства грунта. Почва изменяется и под действием корней растений: она укрепляется, становясь менее подверженной разрушению потоками воды или ветром. Всем хорошо известна строительная деятельность бобров, вызывающая серьезные изменения водного режима тех рек, на которых эти звери строят свои плотины, и связанные с этим изменения фауны и флоры. Способность растительных

рыб (таких как толстолобики или амуры) очищать водотоки от зарослей водной растительности, которой они активно питаются, используется человеком в борьбе с зарастаниями ирригационных каналов и других водных сооружений.

Живущие в толще воды мелкие рачки, личинки насекомых, моллюски, многие рыбы имеют своеобразный тип питания, который называется *фильтрацией*. Постоянно пропуская воду через ротовой аппарат, эти животные непрерывно оттежживают из нее пищевые частицы, содержащиеся в твердых взвешях. Такая деятельность значительно влияет на качество природных вод: животные осуществляют их постоянную очистку, как гигантские фильтры.

Однако механическое воздействие организмов на среду гораздо слабее, чем *физико-химическое*. Наибольшая роль здесь принадлежит зеленым растениям, благодаря которым формируется химический состав атмосферы. Фотосинтез является главным поставщиком кислорода в атмосферу, обеспечивая, тем самым, жизнь огромному количеству земных обитателей, включая и самого человека.

Поглощая и испаряя воду, растения оказывают влияние и на *водный режим* их местообитаний. Наличие растительности способствует постоянному увлажнению воздуха. Кроме того, растительный покров смягчает суточные колебания температуры вблизи поверхности земли (под пологом леса или в траве), а также колебания влажности и ветра, оказывает воздействие на структуру и химический состав почв. Все это создает определенный *микроклимат*, оказывающий благотворное воздействие на другие организмы.

Деятельностью обитателей нашей планеты во многом контролируется образование таких газов, как азот, диоксид углерода, аммиак. Живое вещество изменяет и *физические свойства* среды: ее термические, электрические и механические показатели.

Живые организмы способны перемещать огромные массы различных веществ. По законам физики неживое вещество перемещается на Земле только сверху вниз. Это определяется силой земного притяжения. Сверху вниз движутся реки, ледники, лавины, осыпи. Живые организмы могут осуществлять и обратные перемещения — снизу вверх. Стаи морских рыб мигрируют на нерест вверх по рекам, перемещая большие количества живого органического веще-

ства. Птицы, питающиеся морскими животными, возвращают на сушу то количество химических элементов, которое реки в водном растворе уносят с суши в море.

Растения перемещают огромные массы воды и растворенные в ней вещества снизу вверх: из почвенного раствора в корни, стебли, листья. Живые организмы оказываются важнейшим звеном в глобальном переносе химических элементов — постоянно происходящем в биосфере *круговороте* веществ. Более подробно об этом вы узнаете из последующих разделов учебника.

Организмы оказывают решающее влияние на состав и плодородие почв. Благодаря их деятельности, в частности переработке организмами мертвых корней, опавших листьев, иных омертвевших тканей, в почве образуется особое вещество — *гумус*.

Гумус напоминает появляющееся в сердцевине гниющего бревна легкое пористое вещество бурого или коричневого цвета. В его образовании участвует огромное число организмов: бактерий, грибов, простейших, клещей, многоножек, дождевых червей, насекомых и их личинок, пауков, моллюсков, кротов и других землероев. Питаясь, они не только преобразуют мертвое органическое вещество в гумус, но и перемешивают его, соединяют его с минеральными частицами, формируя, тем самым, почвенную структуру.



Механическое воздействие. Физико-химическое воздействие. Круговорот (перемещение) веществ. Состав почв. Гумус.



1. В чем проявляется воздействие живых организмов на среду обитания? 2. Какие виды воздействия живых организмов вам известны? 3. Какова роль растений в жизни нашей планеты?



На основе знаний из курса биологии приведите примеры, показывающие влияние организмов на различные среды жизни.

Материал для обсуждения

Дождевые черви, питаясь листовым опадом, заглатывают и минеральные частицы почвы. На одном гектаре пашни через их пищеварительный тракт может проходить до 40 т почвы в год. Проходя через организм дождевого червя, минеральные частицы склеиваются с гумусом. Гумус же обладает не

только запасом питательных веществ для растений, но и рядом других свойств, полезных для плодородия почвы. Он прекрасно удерживает почвенную влагу, улучшает воздухопроницаемость и обрабатываемость почвы.

Обсудите значение воздействия почвенных организмов на свою среду обитания.

1.3. Экологические факторы.

Условия среды

Разнообразие экологических факторов. Экологическими факторами называют любые внешние факторы, оказывающие прямое или опосредованное влияние на численность (обилие) и географическое распространение организмов.

Экологические факторы очень многообразны как по своей природе, так и по воздействию на живые организмы. Условно все факторы среды принято подразделять на три большие группы — *абиотические, биотические и антропогенные.*

Абиотические факторы — это факторы неживой природы, прежде всего климатические (солнечный свет, температура, влажность воздуха) и местные (рельеф, свойства почвы, соленость, течения, ветер, радиация и т. п.). Эти факторы могут влиять на организм *прямо* (непосредственно), как свет и тепло, либо *косвенно*, как, например, рельеф местности, который обуславливает действие прямых факторов (освещенности, увлажнения, ветра и др.).

Биотические факторы — это всевозможные формы влияния живых организмов друг на друга (например, опыление насекомыми растений, поедание одних организмов другими, конкуренция между ними за те или иные виды ресурсов — пищу, пространство, свет и т. д., паразитизм и многое другое). Биотические взаимоотношения имеют чрезвычайно сложный и своеобразный характер и также могут быть прямыми и косвенными. Эти группы факторов будут рассмотрены подробно в главе 3.

Антропогенные факторы — это те формы деятельности человека, которые, воздействуя на окружающую среду, изменяют условия обитания живых организмов или непосредственно влияют на отдельные виды растений и животных. Одним из наиболее важных антропогенных факторов является загрязнение.

Условия среды. Условиями среды, или экологическими условиями, называют изменяющиеся во времени и пространстве абиотические факторы среды, на которые организмы реагируют по-разному в зависимости от их силы. Условия среды налагают определенные ограничения на организмы. Количеством света, проникающим через толщу воды, ограничивается жизнь зеленых растений в водоемах. Обилием кислорода ограничивается число воздуходышащих животных. Температурой определяется активность и контролируется размножение многих организмов.

К наиболее важным факторам, определяющим условия существования организмов, практически во всех средах жизни относятся температура, влажность и свет. Рассмотрим действие этих факторов подробнее.

Температура. Любой организм способен жить только в пределах определенного интервала температур: особи вида погибают при слишком высоких либо слишком низких температурах. Где-то внутри этого интервала температурные условия наиболее благоприятны для существования данного организма, его жизненные функции осуществляются наиболее активно. По мере того как температура приближается к границам интервала, скорость жизненных процессов замедляется и, наконец, они вовсе прекращаются — организм погибает.

Пределы температурной выносливости у разных организмов различны. Существуют виды, способные выносить колебания температуры в широких пределах. Например, лишайники и многие бактерии способны жить при самой различной температуре. Среди животных наибольшим диапазоном температурной выносливости характеризуются теплокровные. Тигр, например, одинаково хорошо переносит как сибирский холод, так и жару тропических областей Индии или Малайского архипелага. Но есть и такие виды, которые могут жить только в более или менее узких температурных пределах. Сюда относятся многие тропические растения, как, например, орхидеи. В умеренном поясе они могут произрастать только в теплицах и требуют тщательного ухода. Некоторые кораллы, образующие рифы, могут жить только в морях, где температура воды не ниже 21 °С. Однако кораллы отмирают и когда вода сильно перегревается.

В наземно-воздушной среде и даже во многих участках водной среды температура не остается постоянной и может

сильно варьировать в зависимости от сезона года или от времени суток. В тропических областях годовые колебания температуры могут быть даже менее заметны, чем суточные. И наоборот, в умеренных областях температура значительно различается в разные времена года. Животные и растения вынуждены приспосабливаться к неблагоприятному зимнему сезону, в течение которого активная жизнь затруднена или просто невозможна. В тропических областях такие приспособления выражены слабее. В холодном периоде с неблагоприятными температурными условиями в жизни многих организмов как бы наступает пауза: спячка у млекопитающих, сбрасывание листвы у растений и т. д. Некоторые животные совершают длительные миграции в места с более подходящим климатом.

Влажность. На протяжении большей части своей истории живая природа была представлена исключительно водными формами организмов. Завоевав сушу, они, тем не менее, не утратили зависимости от воды. Вода является составной частью значительного большинства живых существ: она необходима для их нормального функционирования. Нормально развивающийся организм постоянно теряет воду и поэтому не может жить в абсолютно сухом воздухе. Рано или поздно такие потери могут привести к гибели организма.

В физике влажность измеряется количеством водяных паров в воздухе. Однако наиболее простым и удобным показателем, характеризующим влажность той или иной местности, является количество осадков, выпадающих здесь за год или иной период времени.

Растения извлекают воду из почвы при помощи корней. Лишайники могут улавливать водяной пар из воздуха. Растения обладают рядом приспособлений, обеспечивающих минимальную потерю воды. Все сухопутные животные для компенсации неизбежной потери воды за счет испарения или выделения нуждаются в ее периодическом поступлении. Многие животные пьют воду; другие, например амфибии, некоторые насекомые и клещи, через покровы тела всасывают ее в жидком или парообразном состоянии. Большая часть животных пустынь никогда не пьет. Они удовлетворяют свои потребности за счет воды, поступающей с пищей. Наконец, есть животные, получающие воду еще более сложным путем — в процессе окисления жиров. Примерами могут служить верблюды и некоторые виды насекомых, например

рисовый и амбарный долгоносики, платяная моль, питающиеся жиром. У животных, как и у растений, существует множество приспособлений для экономии расходов воды.

Свет. Для животных свет как экологический фактор имеет несравненно меньшее значение, чем температура и влажность. Но свет совершенно необходим живой природе, поскольку служит для нее практически единственным источником энергии. Энергетическое значение света для всех живых организмов более подробно будет рассмотрено в следующих разделах учебника. Поэтому пока мы уделим внимание свету только как условию жизни организмов.

С давних пор отличают светлюбивые растения, которые способны развиваться только под солнечными лучами, и растения теневыносливые, которые способны хорошо расти под пологом леса. Большую часть подлеска в буковом лесу, отличающемся особой тенистостью, образуют теневыносливые растения. Это имеет большое практическое значение для естественного возобновления древостоя: молодая поросль многих древесных пород способна развиваться под прикрытием больших деревьев.

У многих животных нормальные условия освещенности проявляются в положительной или отрицательной реакции на свет. Все знают, как ночные насекомые слетаются на свет или как разбегаются тараканы в поисках укрытия, если только в темной комнате зажигают свет.

Однако наибольшее экологическое значение свет имеет в смене дня и ночи. Многие животные ведут исключительно дневной образ жизни (большинство воробьиных), другие — исключительно ночной (многие мелкие грызуны, летучие мыши). Мелкие рачки, парящие в толще воды, держатся ночью в поверхностных водах, а днем опускаются на глубину, избегая слишком яркого света.

По сравнению с температурой или влажностью свет почти не оказывает непосредственного влияния на животных. Он служит лишь сигналом к перестройке протекающих в организме процессов, что позволяет им наилучшим образом отвечать на происходящие изменения внешних условий.

Перечисленными выше факторами вовсе не исчерпывается набор экологических условий, определяющих жизнь и распространение организмов. Важное значение имеют так называемые вторичные климатические факторы, напри-

мер ветер, атмосферное давление, высота над уровнем моря. Ветер обладает косвенным действием: усиливая испарение, увеличивает сухость. Сильный ветер способствует охлаждению. Это действие оказывается важным в холодных местах, на высокогорьях или в полярных областях.

Антропогенные факторы. Загрязняющие вещества. Антропогенные факторы весьма разнообразны по своему составу. Человек воздействует на живую природу, прокладывая дороги, строя города, ведя сельское хозяйство, перегораживая реки и т. д. Современная деятельность человека все чаще проявляется и в загрязнении окружающей среды побочными, часто ядовитыми продуктами. Двуокись серы, летящая из труб заводов и теплоэлектростанций, соединения металлов (меди, цинка, свинца), сбрасываемые возле рудников или образующиеся в выхлопных газах автомашин, остатки нефтепродуктов, сбрасываемые в водоемы при промывании нефтеналивных судов, — вот лишь некоторые из загрязняющих веществ, ограничивающих распространение организмов (особенно растений).

В промышленных районах концентрации загрязняющих веществ достигают подчас пороговых, то есть смертельных для многих организмов, значений. Однако, несмотря ни на что, почти всегда найдется хотя бы несколько особей нескольких видов, способных выжить в таких условиях. Причина состоит в том, что даже в природных популяциях изредка попадаются устойчивые особи. С повышением уровня загрязнений устойчивые особи могут оказаться единственными выжившими. Более того, они могут стать основателями устойчивой популяции, унаследовавшей невосприимчивость к данному виду загрязнения. По этой причине загрязнение дает нам возможность как бы наблюдать эволюцию в действии. Разумеется, свойством противостоять загрязнению, пусть даже в лице единичных особей, наделена далеко не каждая популяция.

Таким образом, действие любого загрязняющего вещества двояко. Если это вещество появилось недавно или содержится в очень высоких концентрациях, то каждый вид, ранее встречавшийся на загрязненном участке, бывает обычно представлен лишь несколькими экземплярами — именно теми, что в силу естественной изменчивости обладали изначальной устойчивостью, или их ближайшими потомками.

Впоследствии загрязненный участок оказывается заселенным намного плотнее, но, как правило, куда меньшим числом видов, чем если бы загрязнения не было. Такие вновь возникшие сообщества с обедненным видовым составом стали уже неотъемлемой частью среды обитания человека.



Абиотические, биотические, антропогенные факторы. Условия среды: температура, влажность, свет, вторичные климатические факторы, загрязняющие вещества.



1. Что такое условия среды? 2. Какое влияние оказывает температура на различные виды организмов? 3. Каким способом животные и растения получают необходимую им воду? 4. Какое влияние оказывает на организмы освещенность? 5. Как проявляется воздействие на организмы загрязняющих веществ?



Опишите сезонные изменения условий, оказывающих наиболее заметное влияние на жизнь растений в вашей местности.

Материал для обсуждения

Представители многих видов приобрели своеобразные внутренние часы, которые постоянно сигнализируют организму о смене дня и ночи, даже при постоянном его содержании в темноте либо на свету.

Смена дня и ночи имеет большое биологическое значение. На экваторе продолжительность дня и ночи в течение всего года не изменяется. В умеренном поясе наблюдаются зима и лето, и различия между ними сводятся не только к изменению температур. Разница состоит и в том, что летом день длиннее ночи, а зимой — наоборот. Продолжительность дня называется фотопериодом и используется организмами в качестве сигнала для изменения жизни в преддверии того или иного сезона. У растений это выражается в том, что их цветение приурочено к периоду наиболее активного фотосинтеза, у животных — в совпадении времени размножения с периодом обилия пищи, а также — в диапаузе (период покоя в развитии) перед началом зимы, например у насекомых. Обсудите экологическое значение этих явлений.

1.4. Общие закономерности влияния экологических факторов среды на организмы

На примере температуры (см. ранее) видно, что этот фактор переносится организмом лишь в определенных пределах. Организм погибает, если температура среды слишком низка или слишком высока. В среде, где температура близка к этим крайним значениям, живые обитатели встречаются редко. Однако их число увеличивается, по мере того как температура приближается к среднему значению, которое является наилучшим (оптимальным) для данного вида.

Данная закономерность может быть перенесена на любой другой фактор, которым определяется скорость тех или иных жизненных процессов (влажность, сила ветра, скорость течения и т. д.).

Если нарисовать на графике кривую, характеризующую интенсивность того или иного процесса (дыхания, движения, питания и др.) в зависимости от одного из факторов внешней среды (конечно, при условии, что этот фактор оказывает влияние на основные жизненные процессы), то эта кривая почти всегда будет иметь форму колокола.

На рисунке 4 изображена такая кривая, передающая изменения активности вида (выраженной в скорости плавания)



Рис. 4. Действие температурного фактора на живые организмы

золотой рыбки в зависимости от изменения температуры воды. Кривые, подобные изображенной на этом рисунке, называют кривыми *толерантности* (от греч. *толеранция* — терпение, устойчивость). Положение вершины кривой указывает на такие условия, которые являются оптимальными для данного процесса.

Для некоторых особей и видов характерны кривые с очень острыми пиками. Это означает, что диапазон условий, при которых активность организма достигает максимума, очень узок. Пологие кривые соответствуют широкому диапазону толерантности.

Организмы с широкими границами устойчивости, конечно, имеют шансы на более широкое распространение. Однако широкие границы выносливости по одному фактору вовсе не означают широких границ по всем факторам. Растение может быть выносливым к большим колебаниям температуры, но обладать узкими диапазонами стойкости по отношению к воде. Животное, подобное форели, может быть очень требовательным к температуре, но питаться разнообразной пищей.

Иногда в течение жизни особи ее толерантность может измениться (соответственно изменится и положение кривой), если особь попадет в иные внешние условия. Попадая в такие условия, организм через некоторое время как бы привыкает, адаптируется к ним. Следствием этого является изменение физиологического оптимума, или сдвиг купола кривой толерантности. Такое явление называют *адаптацией* или *акклиматизацией*.

У видов с широким географическим распространением обитатели географических или климатических зон часто оказываются приспособленными наилучшим образом именно к тем условиям, которые характерны для данной местности. Это связано со способностями некоторых организмов образовывать местные (локальные) формы, или экотипы, характеризующиеся различными границами стойкости к температуре, свету или другим факторам.

Рассмотрим в качестве примера экотипы одного из видов медуз (рис. 5). Как вы знаете, медузы передвигаются в воде при помощи ритмических сокращений мышц, выталкивающих воду из центральной полости тела, подобно движению ракеты. Оптимальная частота такой пульсации — 15—20 сокращений в минуту. Особи, живущие в морях северных широт, передвигаются с такой же скоростью, как и медузы этого

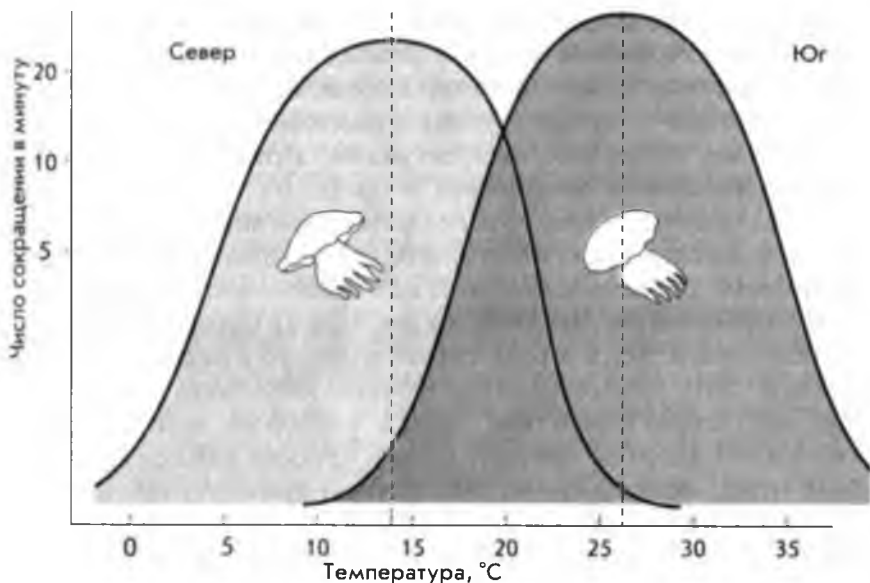


Рис. 5. Приспособление к температуре среды разных экотипов медуз: вертикальные линии показывают среднюю температуру воды летом

же вида в морях южных широт, хотя температура воды на севере может быть на 20 °C ниже. Следовательно, и та и другая формы организмов одного вида смогли наилучшим образом приспособиться к местным условиям.

Закон минимума. Интенсивность тех или иных биологических процессов часто оказывается чувствительной к двум или большему числу факторов окружающей среды. В этом случае решающее значение будет принадлежать такому фактору, который имеется в минимальном, с точки зрения потребностей организма, количестве. Это правило было сформулировано основоположником науки о минеральных удобрениях Юстусом Либихом (1803—1873) и получило название *закона минимума*. Ю. Либих обнаружил, что урожай растений может ограничиваться любым из основных элементов питания, если только этот элемент находится в недостатке.

Известно, что разные факторы среды могут взаимодействовать, то есть недостаток одного вещества может приводить к дефициту других веществ. Поэтому в целом закон минимума можно сформулировать следующим образом: успешное выживание живых организмов зависит от комплекса усло-

вий; ограничивающим, или лимитирующим, фактором является любое состояние среды, приближающееся или выходящее за границу устойчивости для организмов данного вида.

Положение о лимитирующих факторах существенно облегчает изучение сложных ситуаций. При всей сложности взаимоотношений организмов и среды их обитания не все факторы имеют одинаковое экологическое значение. Так, например, кислород является фактором физиологической необходимости для всех животных, но с экологической точки зрения он становится лимитирующим лишь в определенных местообитаниях. Если в реке гибнет рыба, то в первую очередь должна быть измерена концентрация кислорода в воде, так как она сильно изменчива, запасы кислорода легко истощаются и его часто не хватает. Если в природе наблюдается гибель птиц, необходимо искать другую причину, так как содержание кислорода в воздухе относительно постоянно и достаточно с точки зрения требований наземных организмов.



Толерантность. Акклиматизация. Адаптация. Экотип. Лимитирующие факторы. Закон минимума.



1. В чем состоит общая закономерность влияния экологических факторов на живые организмы? 2. Как проявляется акклиматизация и какое значение она имеет в расселении организмов? 3. Какие факторы называют лимитирующими?



По отношению к каким из известных вам растений температура может рассматриваться как лимитирующий фактор?

1.5. Экологические ресурсы

Ресурсы — это вещества в природе, из которых организмы получают все необходимое для своей жизнедеятельности. За этим понятием стоят количества: ресурс может расходоваться и исчерпываться (в отличие от условий). Ресурс живых существ — это в основном вещества, идущие на построение их тел, и энергия, необходимая для их жизнедеятельности. Иногда к ресурсам относят и пространство, если обладание этим пространством — необходимое условие жизни организмов.

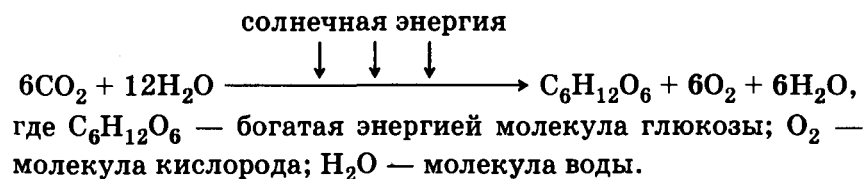
Тело зеленого растения создается из молекул неорганических веществ и ионов. Эти вещества представляют собой пи-

щевой ресурс зеленого растения. Для построения своего тела растению требуется энергия, которая черпается от солнечного излучения при фотосинтезе. Солнечное излучение — это ресурс энергетический. Сами зеленые растения являются пищевыми ресурсами для травоядных животных, которые, в свою очередь, являются пищевыми ресурсами для хищников, паразитов, а после смерти — для микроорганизмов, использующих запасенную в трупах энергию и вещество.

Из сказанного видно, что один и тот же фактор, например солнечное излучение, может рассматриваться и как условие, и как ресурс. Другой пример — кислород. Это вещество является энергетическим ресурсом большинства сухопутных животных, но применительно к водным животным, например рыбам, содержание кислорода в воде можно рассматривать и как экологическое условие.

Солнечное излучение как ресурс. В природе для зеленых растений единственным источником энергии, которую они могут использовать в процессах жизнедеятельности, служит солнечное излучение. Лучистая энергия достигает растения в виде потока лучистой энергии Солнца. Этот поток может быть прямой, либо отраженный от других предметов, либо сквозь них прошедший.

Когда на пути потока лучистой энергии оказывается лист растения, поток лучей может быть им частично отражен, пропущен или поглощен. Часть поглощенной энергии может достичь хлоропластов (скоплений зеленого пигмента — хлорофилла) и участвовать в процессе фотосинтеза, который выражается суммарным химическим уравнением:



Концентрация углекислого газа в атмосфере держится примерно на постоянном уровне — 0,03% и существенно не влияет на скорость фотосинтеза. Два других необходимых для фотосинтеза фактора — количество воды и солнечной энергии — могут значительно изменяться в зависимости от географического положения.

Если лучистая энергия при попадании на лист в тот же миг не улавливается, она безвозвратно утрачивается. Энер-

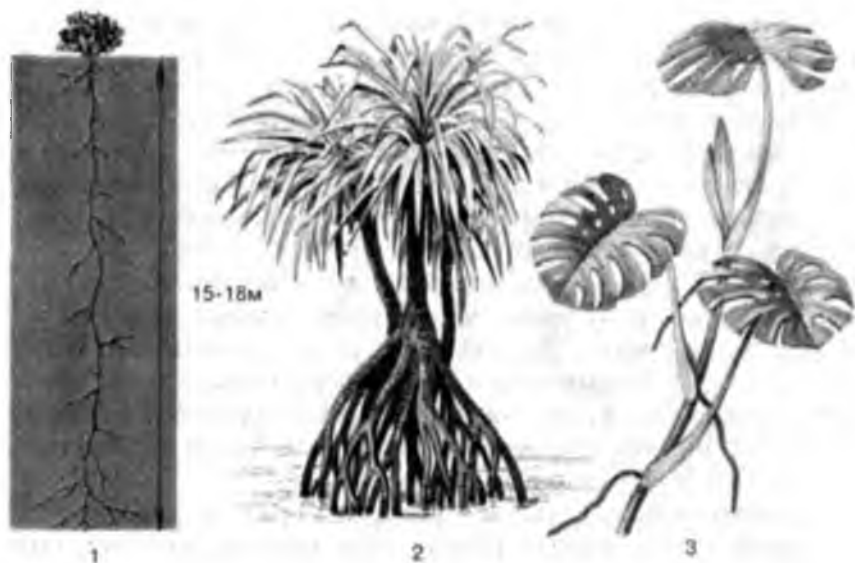


Рис. 6. Типы корневых систем как приспособление к использованию ресурсов

гия излучения, связанная при фотосинтезе в виде химической энергии соединений углерода (глюкозы), проделывает свой земной путь лишь однажды. Этим она разительно отличается от атомов углерода или от молекул воды, которые неоднократно проходят через бесчисленные поколения живых существ. Более подробно о потоках энергии и круговороте веществ речь пойдет в последующих разделах этого учебника.

Далеко не вся энергия солнечного излучения может улавливаться и использоваться растениями. Солнечная радиация содержит в себе целый спектр излучений, различающихся по физическим характеристикам. Лишь около 44% всей падающей на земную поверхность лучистой энергии Солнца может служить источником энергии для зеленого растения.

Другие виды ресурсов. Помимо лучистой энергии в процесс фотосинтеза, как видно из приведенного уравнения, вовлекаются углекислый газ (диоксид углерода) и вода, вступающие между собой в сложные взаимодействия.

Практически весь углекислый газ, необходимый для фотосинтеза, поступает из атмосферы, где его концентрация остается практически постоянной. Большая часть исполь-

зуемой наземными растениями воды находится в почве, где ее всасывают корни растений. Разнообразие корневых систем взаимосвязано с тем, что они приспосабливаются к тому, чтобы использовать данный вид ресурса наиболее эффективно (рис. 6). Кроме того, растения сухого климата обладают рядом приспособлений, снижающих потери воды из организма. Это — погружение устьиц в глубь листа, сочность стебля, замещение листовой пластины иглами или шипами, способность листьев сворачиваться и многое другое.

Важным видом ресурсов для растений являются элементы минерального питания, которые в растворенном виде также извлекаются из почвы (если растение наземное) или из воды — если водное. К таким элементам относятся: азот, фосфор, сера, кальций, магний, железо и другие. Они необходимы и животным, которые чаще всего получают их в составе органической пищи.

Наконец, пищевым ресурсом организмов, за исключением зеленых растений и некоторых видов бактерий (способных использовать неорганические соединения, превращая их в молекулы белков, жиров и углеводов), являются сами же организмы.



Ресурсы: энергетические, пищевые.



1. Чем различаются понятия «условия» и «ресурсы»?
2. Назовите известные вам виды ресурсов животных и растений.
3. Может ли какой-либо ресурс являться лимитирующим фактором? Приведите пример.
4. Перечислите животных со сходными видами пищевых ресурсов.

1.6. Соответствие между организмами и средой их обитания

Законы эволюции и разнообразие форм жизни. Изменения физических условий в пространстве и во времени, воздействуя на организмы, способствуют возникновению разнообразных форм жизни.

Не следует думать, однако, что изменения облика и жизненных функций организма непосредственно следуют за изменениями внешних обстоятельств. Подлинная природа со-

ответствия между организмом и средой сложнее: ее объяснение можно дать лишь на основе законов эволюции, которые были сформулированы Ч. Дарвином в 1859 г. Наиболее важными положениями теории Дарвина являются следующие.

1. Организмы изменчивы. Невозможно найти двух полностью тождественных кроликов, волков, ящериц или иных, принадлежащих к одному виду, животных либо растений.

2. Различия между организмами, хотя бы частично, передаются по наследству.

3. Теоретически при благоприятных условиях любые организмы могут размножиться настолько, что в состоянии заполнить Землю, однако такого не случается, так как многие особи погибают, не успев произвести потомство.

4. Те организмы, которые располагают полезными свойствами, имеют большую вероятность выжить по сравнению с другими. Выжившие передают эти свойства своему потомству. Следовательно, эти свойства закрепляются в череде последующих поколений.

Условия среды могут оказаться более благоприятными для одного организма, располагающего «подходящим» набором наследуемых свойств, и менее благоприятными для другого, имеющего иные свойства. В первом случае индивидуум выживает и оставляет больше потомков, во втором не выживает или оставляет меньшее число потомков. Поскольку одни индивидуумы оставляют больше потомков, чем другие, наследственные свойства всей совокупности особей меняются в ряду поколений. В этом случае говорят, что имеет место эволюция путем *естественного отбора*.

В некотором смысле организмы являют собой живые следствия собственного прошлого. Разнообразие организмов отражает различия условий, в которых проходили жизнь и развитие каждого вида животных и растений.

Некоторые организмы являются широко распространенными и встречаются в различных местообитаниях, другие же характеризуются узким географическим распространением. Можно с уверенностью сказать, что первые менее требовательны к условиям окружающей среды и могут существовать в более широких границах изменения внешних факторов (температуры, влажности, освещенности). Они менее

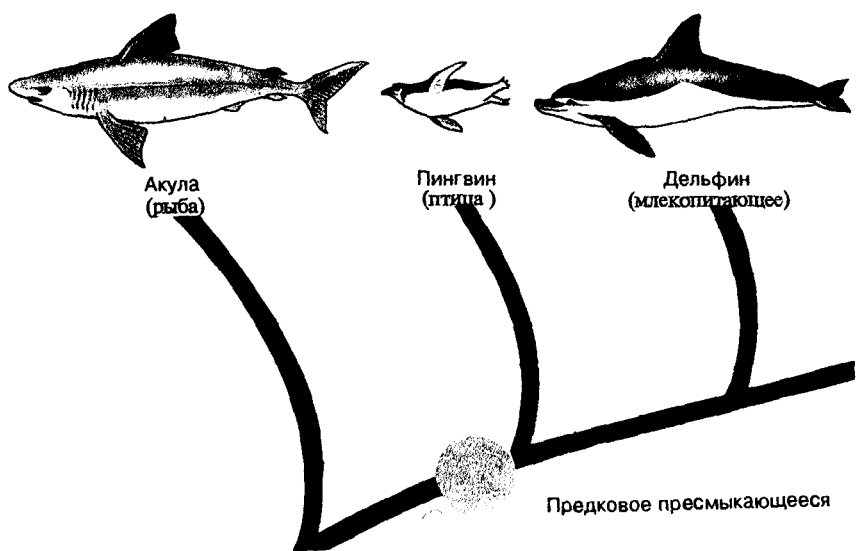


Рис. 7. Пример конвергентной эволюции: сходство внешнего строения организмов в связи с обитанием в водной среде

специализированы в отношении потребляемой пищи и прочих ресурсов и обладают большей толерантностью.

Зависимость строения и образа жизни организмов от среды обитания. Разные организмы распределены по различным местообитаниям отнюдь не беспорядочно: между организмами и средой имеется соответствие. Это соответствие проявляется в сходстве строения и образа жизни организмов, которые обитают в сходных условиях, но принадлежат к различным ветвям эволюционного дерева (то есть между ними отсутствует родственная связь, которая могла бы служить источником возникновения общих признаков или свойств). Экологическое положение организмов как бы запечатлевается в них самих.

Крупные водные хищники, показанные на рисунке 7, возникли в четырех совершенно различных группах животных: среди рыб, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих. Их внешнее сходство образовалось под влиянием образа жизни и факторов внешней среды при совершенно разных исходных положениях организмов в процессе эволюционного развития. Это сходство скрывает глубокие различия

Хищник
собачьего типа



Волк



Сумчатый волк

Древесный летун



Летяга



Сумчатая летяга

Мирмекофаги,
раскапывающие
муравейники



Муравьед



Сумчатый полосатый муравьед

Животные, ведущие
подземный образ
жизни и
питающиеся
растениями



Обыкновенный крот



Сумчатый крот

Рис. 8. Пример параллельной эволюции сумчатых и плацентарных млекопитающих. Животные сопоставляемых линий напоминают друг друга как по особенностям образа жизни, так и по облику

внутреннего строения и обмена веществ, которые свидетельствуют о столь же глубоких различиях эволюционной истории изображенных животных. Пути эволюционных преобразований их внешнего строения можно изобразить в виде сходящихся в общей точке векторов, начальное положение которых было совершенно различным. Преобразования подобного типа называют *конвергентной эволюцией*.

Изображения на рисунке 8, наоборот, показывают, как внутри различных систематических групп (среди сумчатых и плацентарных животных) происходят параллельные изменения, приводящие к возникновению определенных экологических форм. Этот пример демонстрирует явление, называемое *параллельной эволюцией*.

Жизненные формы организмов. Среди приспособлений организмов к условиям среды, возникших в результате эво-

люции, наиболее наглядными можно считать приспособления (адаптации), проявляющиеся в особенностях внешнего строения растений и животных. Их называют *морфологическими* (от греч. *морфе* — форма). *Определенные типы внешнего строения, возникшие как приспособления к экологическим условиям местообитаний, называют жизненными формами организмов.*

Жизненные формы у растений и животных очень разнообразны. Они выделяются по совокупности признаков строения и образа жизни. Так, наиболее широко распространенные жизненные формы растений — деревья, кустарники, травы. Последние делятся на водные и наземные, среди которых, в свою очередь, также выделяются разнообразные формы (рис. 9). Яркие примеры приспособлений к суровым условиям среды дают такие жизненные формы растений, как суккуленты (в засушливом климате), лианы (при недостатке света), стланики и растения-подушки (в тундрах, высокогорьях с низкой температурой и сухостью при сильных ветрах).

Жизненные формы животных выделяются по разным признакам для разных систематических групп. Так, для

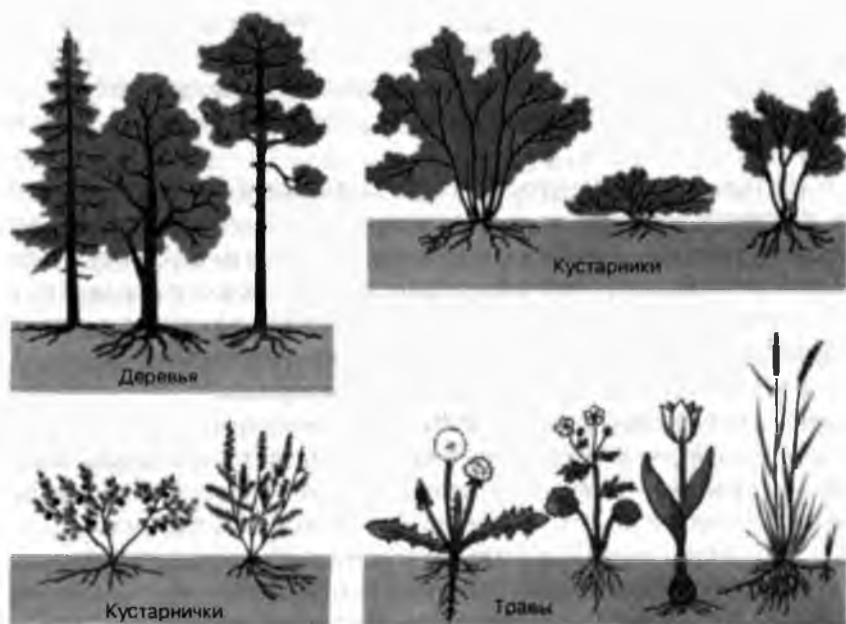


Рис. 9. Жизненные формы растений

зверей одними из основных признаков для выделения жизненных форм, помимо среды обитания, считаются способы передвижения (ходьба, бег, прыжки, плавание, ползание). Характерными чертами внешнего строения наземных прыгунов, например, являются длинные задние конечности с сильно развитой мускулатурой бедер, длинный хвост, короткая шея. К ним относятся обычно обитатели открытых пространств: азиатские тушканчики, австралийские кенгуру, африканские прыгунчики и другие прыгающие млекопитающие, живущие на разных континентах.

Жизненные формы птиц различают по типу их местообитания и способу добывания пищи, а у рыб — в основном по форме тела. Жизненные формы обитателей водоемов также выделяют по типу их местообитаний. Так, в водной толще мелкие организмы образуют *планктон* (от греч. *планктос* — блуждающий), то есть совокупность организмов, живущих во взвешенном состоянии и неспособных противостоять течениям. Обитатели грунта образуют *бентос* (от греч. *бентос* — глубина). К отдельным жизненным формам относятся организмы, живущие у поверхностной пленки воды или на различных твердых субстратах.

Сходные жизненные формы возникли в результате эволюции, происходящей в сходных экологических условиях у систематически разных организмов: например, кенгуру и тушканчики, дельфины и рыбы, птицы и летучие мыши, черви и змеи и т. д.

Нельзя считать, что, претерпев ряд глубоких изменений в процессе эволюции и достигнув большого разнообразия, живая природа застыла в неизменном облике. Она продолжает меняться. И эта способность организмов к изменению является важнейшим фактором, обеспечивающим соответствие между организмами и средой их обитания.

Ритмы жизни. Важная роль в поддержании соответствия между организмами и средой принадлежит не только морфологическим, но и физиологическим изменениям, а также поведенческим реакциям. Со временем любые экологические условия изменяются. Эти изменения могут иметь различный характер: быть *циклическими*, то есть повторяющимися через более или менее равные промежутки времени; *направленными*, то есть изменяющимися лишь в определенную сторону; *хаотическими*, то есть неопределенными, плохо предсказуе-

мыми. Ни строение организма, ни его поведение не могут соответствовать внешним условиям, не изменяясь вместе с ними.

Смена времен года является периодически повторяющимся, или циклическим, изменением, так же, как и попереданое наступление темного и светлого времени суток, прилива и отлива.

Многократное воздействие циклических изменений привело к возникновению характерных физиологических ритмов, которые также стали циклическими. Таковы, например, диапауза (состояние физиологического покоя) насекомых, ежегодное сбрасывание листвы листопадными деревьями, приливно-отливный ритм перемещения животных, обитающих в зоне прилива (например, крабов), сезонный цикл изменения густоты меха у млекопитающих.

Способность организмов к циклическим изменениям (образа жизни, скорости физиологических процессов, некоторых свойств внешнего и внутреннего строения) также представляет собой эволюционный, возникший в процессе естественного отбора признак. Живые существа, конечно, не способны к предвидению будущих изменений. Их образ жизни представляет собой лишь отражение истории жизни многих предшествующих поколений, в ходе которой произошло закрепление таких свойств организмов, которые наилучшим образом отвечают условиям их существования.

Способ переживания организмом циклических изменений в окружающей среде зависит от продолжительности его жизни. Жизнь одноклеточных водорослей, подобных хлорелле, может продолжаться всего лишь одни сутки. Жизнь дуба, слона, кита или человека вмещает многократную смену времен года, а с ними — голодовок или, наоборот, изобилия пищи, суровых испытаний или полного благополучия. Короткая продолжительность жизни способствует высокой *специализации* организмов, то есть их приспособленности к строго определенным условиям. Так, некоторые насекомые вылетают из куколок лишь после появления на растениях, являющихся их кормильцами, листьев или цветков (например, всем известный майский жук).

Птицы, млекопитающие и рыбы многих видов сохраняют активность в течение всего года. Они менее специализированы и обладают рядом свойств, позволяющих им справляться с трудностями, возникающими при сезонных или



Рис. 10. Пример сезонных изменений окраски меха у зайца-беляка

иных изменениях условий жизни.

Разные организмы, конечно, по-разному реагируют на сезонные изменения климата. Мелкие млекопитающие, например полевки и лесные мыши, зимуют, впадая в спячку или прячась в укромных местах. Другие поступают иначе: на изменение условий существования они отвечают изменением степени теплоизоляции тела. У животных, обитающих в условиях суровой зимы, к наступлению холодов мех густеет, увеличивается его длина. В ряде случаев меняется и окраска, например у зайца-беляка. Такие приспособления помогают животным не только уберечься

от холода, но и маскироваться от врагов (рис. 10).

Из всех сезонных изменений образа жизни наиболее замечательные те, что связаны с перемещениями, или *миграциями*. Это могут быть перемещения в убежища или массовые переселения в иные климатические области (наподобие ежегодных перелетов птиц или миграций северных оленей).

Растения и прикрепленные животные перемещаться не могут, зато именно у этих организмов сезонные изменения строения проявляются наиболее ярко. Некоторые растения, живущие в засушливых районах, образуют в течение одного года три поколения листьев, причем листья каждого из поколений обладают своим характерным строением. Например, у некоторых из них во время влажного сезона образуются сравнительно крупные листья; во время более засушливого сезона они опадают, а на смену им приходят совсем мелкие листья, или чешуйки. Иногда исчезает и такая листва, тогда растение проводит наиболее засушливый период лишь с зелеными стеблями да колючками.

В различных участках обитания на фоне сезонных изменений внешних условий могут происходить их разнонаправленные, случайные колебания, влияющие на жизнедеятельность организмов. Как правило, таким изменениям наиболее подвержены климатические условия. Большинст-

во организмов могут сравнительно легко переносить колебания условий жизни, не выходящие за рамки привычных и случающиеся в районах, которые давно освоены данным видом. Чрезвычайно суровые условия (очень холодные зимы, длительные засухи и т. п.) могут приводить к гибели части особей. В этих случаях в преимущественном положении оказываются те группы организмов, которые обладают более широкими границами распространения и более высокой скоростью самовоспроизводства.



Естественный отбор. Конвергентная эволюция. Параллельная эволюция. Циклические изменения условий жизни. Специализация. Миграции. Жизненные формы. Ритмы жизни.



1. Какие из имеющихся фактов позволяют говорить о соответствии между организмами и средой их обитания?
2. В чем состоят отличия в способах переживания циклических изменений внешней среды жизни у организмов с разной продолжительностью жизни?
3. Какое значение в природе имеют жизненные формы растений и животных?



Приведите из курса биологии примеры адаптаций (приспособлений) у животных и растений, живущих в сходных условиях. По своим личным наблюдениям в природе расскажите об адаптации животных и растений к сезонным изменениям условий жизни.

1.7. Энергетический бюджет и тепловой баланс организма

Поддержание жизни любого организма требует затрат энергии и нуждается в потреблении тепла, необходимого для осуществления основных физиологических и биохимических реакций.

Энергетический бюджет. Потребления энергии требует любая происходящая в организме работа. В процессе нашего дыхания, например, энергия расходуется на закачивание атмосферного воздуха в легкие, на реакции поглощения кислорода гемоглобином, на доставку кислорода с током крови в различные органы. Кроме того, энергия расходуется на движение, рост, размножение, поддержание иных видов

жизнедеятельности организма. Всю необходимую энергию организмы получают извне и в ограниченных количествах.

Ограниченность энергетических ресурсов делает очень важным процесс их подразделения, то есть использования на различные нужды. То, каким образом организм распределяет энергию и другие ресурсы для своих потребностей, представляет чрезвычайный интерес с точки зрения понимания взаимоотношений организма с окружающей средой.

Соотношение между получаемой организмом за тот или иной отрезок времени энергией и ее расходом на поддержание различных процессов жизнедеятельности — это *энергетический бюджет*. Он тесно связан с размерами тела и образом жизни растения или животного. *Общее количество энергии, затрачиваемое организмом в единицу времени для поддержания жизнедеятельности, возрастает с увеличением массы тела.* Так, крупным животным для поддержания своего существования требуется больше энергии, чем мелким. Чтобы получить необходимое количество пищи, крупное животное должно перемещаться по более обширным пространствам, то есть проделывать большую работу, чем потребляющее сходную пищу животное небольших размеров.

Затраты энергии на передвижение зависят не только от массы тела и образа жизни организма, но также от характера его питания. Пища травоядных животных, поедающих зеленые части растений (тех, которые пасутся, объедая траву и ощиptyвая листья с деревьев), обычно имеется в избытке. Поэтому такие животные, как правило, не занимают больших территорий. Хищники и те травоядные, которые вынуждены искать свою пищу (например, питающиеся семенами и плодами), часто тратят много времени и энергии на поиск, перемещаясь по большим пространствам.

Первую группу животных принято называть «*жнецами*», а вторую — «*охотниками*». «Жнецы» обычно используют пищу, имеющуюся в изобилии, а «охотники» специализированы на добывании более редкой пищи. «Охотники», как правило, активно охраняют занятый ими участок территории. Такое свойство животных называют *территориальностью* (более подробно об этом понятии см. в главе 3). «Жнецы» редко защищают свою территорию.

В природе почти нет резких границ, отсутствуют они и между «жнецами» и «охотниками». Животных, ощиptyвающих листья с какого-либо редкого дерева, логичнее отнести к «охотникам», чем тех, которые питаются семенами

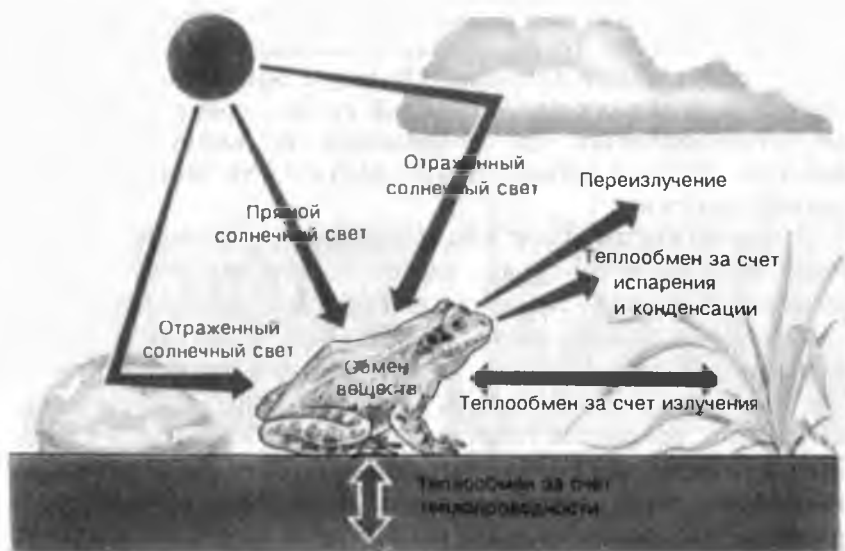


Рис. 11. Схема теплообмена у животных

какого-нибудь обычного растения. Однако подобные промежуточные типы встречаются довольно редко.

В районах, бедных пищей, например в пустынях, животные для добычи своего пропитания вынуждены передвигаться по большим пространствам, чем в районах, где пища в изобилии. Обширные индивидуальные участки животных, обитающих в условиях недостатка кормов, способствуют поддержанию низкой плотности обитателей этих мест. Это, в свою очередь, препятствует развитию общественного образа жизни. Поэтому сложное общественное поведение животных обычно возникает в процессе эволюции у «жнецов» или у очень подвижных «охотников» (примером могут служить дельфины).

Энергетическая стоимость движения зависит как от величины тела животного, так и от характера самого движения. Передвижение по суше требует наибольших затрат, полет характеризуется некоторой средней величиной энергетических затрат, а плавание при хорошей обтекаемости тела и нейтральной плавучести наиболее экономично.

Тепловой баланс организма. Тепловым балансом организма называют соотношение между количеством получаемого и отдаваемого во внешнюю среду тепла за тот или иной период времени. В целом, эти величины должны быть точно уравновешены; в противном случае, организм

будет либо перегреваться, либо переохлаждаться (рис. 11). Тепловой баланс тесно связан с энергетическим бюджетом. Поддержание теплового баланса организма, находящегося в условиях непостоянной среды, требует выработки разнообразных приспособлений и, конечно, затрат энергии. Живые существа используют для этого разнообразную тактику.

В разное время суток или в разные сезоны года температура окружающей среды может меняться, становясь то слишком высокой, то слишком низкой по сравнению с оптимальными для данного вида. Животные, обитающие в условиях жаркого климата, должны избегать перегрева и, следовательно, должны быть способны эффективно рассеивать тепло, сокращая тепловые нагрузки. Животные холодного климата, напротив, вынуждены избегать переохлаждения — в ходе эволюции у них появились эффективные средства удержания тепла, например мех, перья, жировая прослойка.

Для поддержания теплового баланса организм может просто «позволять» его температуре следовать за изменениями температуры окружающей среды. Ведь среднегодовая температура в любой точке земли остается постоянной. Очевидно, что все необходимое тепло такой организм может получать только извне. Организмы, получающие свое тепло из окружающей среды, называют *эктотермными*.

Другой крайний случай — поддержание постоянной температуры тела при помощи физиологических механизмов, которые способствуют рассеиванию лишнего тепла в теплые периоды и удержанию его — в холодные. Животные, производящие большую часть собственного тепла за счет биохимических окислительных реакций, относятся к *эндотермным* организмам.

Все растения и большинство животных относятся к *эктотермным* организмам, получающим тепло извне. Настоящие эндотермные организмы — только птицы и млекопитающие, но даже среди них есть исключения.

Эндотермные животные могут активно регулировать температуру тела. Однако для поддержания постоянной температуры тела такому животному требуется гораздо больше энергии. Поэтому даже при оптимальных температурах среды эндотермные ее обитатели потребляют энергию во много раз быстрее, чем эктотермные. В холодное время года по-

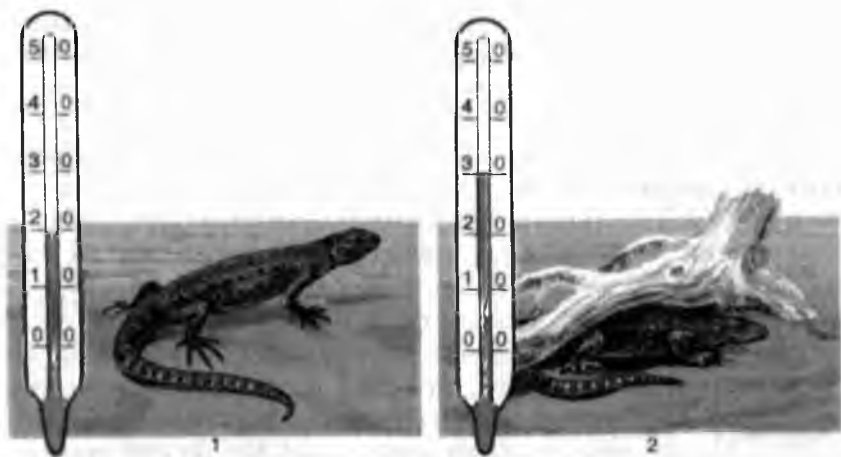


Рис. 12. Пустынная ящерица: 1 — утром, 2 — в полдень

требление энергии у эндотермных организмов еще более возрастает.

Регулировать температуру могут не только эндотермные, но и эктотермные организмы, перемещаясь в зоны с подходящим температурным режимом. В определенных условиях подобный тип регулирования дает организмам даже некоторые преимущества. Хорошей иллюстрацией является поведение пустынной ящерицы (рис. 12), ведущей дневной образ жизни. Рано утром, когда температура воздуха низкая, ящерица выбирает участок с наиболее теплым микроклиматом (небольшие углубления на открытой местности или стволы деревьев), стараясь расположиться таким образом, чтобы солнечные лучи падали на нее под прямым углом. По мере повышения температуры в течение дня ящерица начинает искать более прохладный затененный участок. Таким образом она может сохранять активность в течение более продолжительного времени, чем при температуре, которая пассивно следовала бы за изменением окружающей среды.

Сохранение активности позволяет пустынным ящерицам успешно использовать случайные источники пищи и экономить энергию, которую вынуждены тратить на охлаждение в жаркое время суток большинство эндотермных птиц и млекопитающих. Не случайно численность ящериц в засушливых районах больше, чем численность птиц и

млекопитающих. Леса и степи представляют собой слишком прохладные и затененные местообитания для эктотермных ящериц, которые не могут здесь достаточно прогреться на солнце, чтобы стать активными.

Конечно, эктотермные животные более уязвимы к случайным изменениям внешней температуры. Даже при относительно небольших колебаниях температуры (при ее отклонении от самой благоприятной — оптимума) активность таких животных падает, и они уже не могут проявить должной расторопности в освоении ресурсов или бегстве от хищника. С другой стороны, их энергетические потребности минимальны, что дает в ряде случаев им немалые преимущества. Эндотермные животные более устойчивы к температурным колебаниям, но расплачиваются за это большим расходом энергии и соответственно повышенной потребностью в источнике энергии — пище.



Общее количество потребляемой энергии.

Энергетический бюджет. «Охотники». «Жнецы».

Тепловой баланс. Территориальность. Эктотермные и эндотермные организмы.



1. Какая связь существует между потреблением энергии и размерами организмов? 2. В какой среде энергетическая стоимость движения минимальна? 3. В каких условиях различные способы поддержания теплового баланса организмов дают преимущества?

1.8. Экологическая ниша

Можно ли свести воедино все те сведения о взаимоотношениях организма и среды, которые были получены вами в данной главе? Ответ на этот вопрос дает содержание этого небольшого, но важного материала.

Экологическая ниша — одно из центральных понятий экологии. Это понятие сводит к общему показателю все, в чем нуждаются организмы, то есть все необходимые условия и ресурсы, а также роль, которую выполняет данный вид в биотическом сообществе. Термин «экологическая ниша» используется во множестве значений. Поясним это простыми примерами.

Организмы любого вида могут выживать, расти, размножаться, то есть поддерживать свою численность лишь

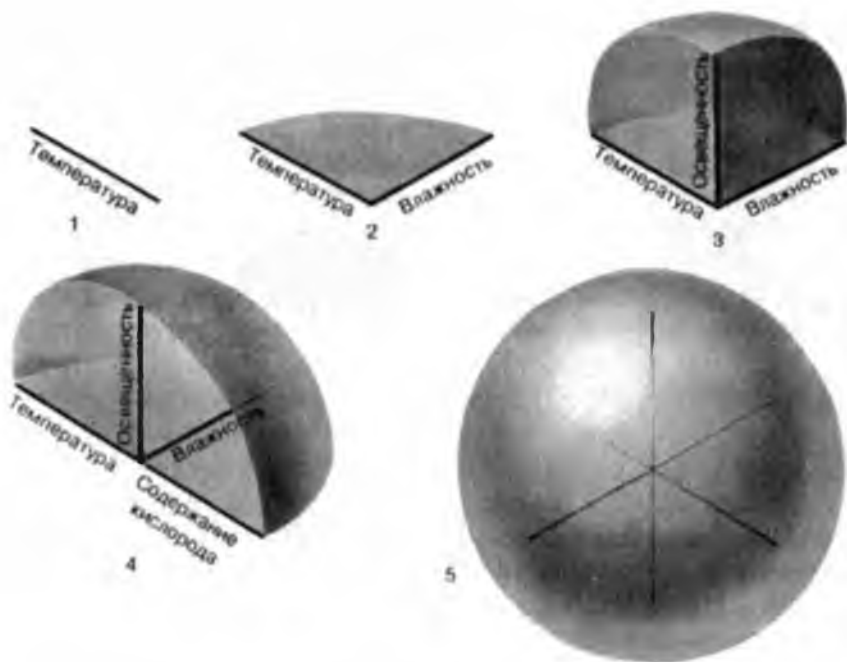


Рис. 13. Экологические ниши: 1 — одномерная проекция (на температурную ось); 2 — двухмерная проекция (на плоскость: температура — влажность); 3 — трехмерная проекция (ниша в пространстве факторов: температура — влажность — освещенность); 4, 5 — многомерные

в определенных температурных границах. Определяемый этими границами интервал и есть экологическая ниша по температурному фактору. Такую нишу можно представить графически в виде проекции кривой толерантности (изображенной на рисунке 4) на ось абсцисс (рис. 13.1).

Совершенно ясно, что температура (как и любой другой внешний фактор) воздействует на организм в зависимости от прочих условий. Представим, что организмы рассматриваемого вида способны выжить и оставить потомство лишь при вполне определенной влажности воздуха — не более и не менее определенных значений. При одновременном рассмотрении влияния температуры и влажности графический образ экологической ниши становится двухмерным. Его можно изобразить уже в виде плоской фигуры (рис. 13.2).

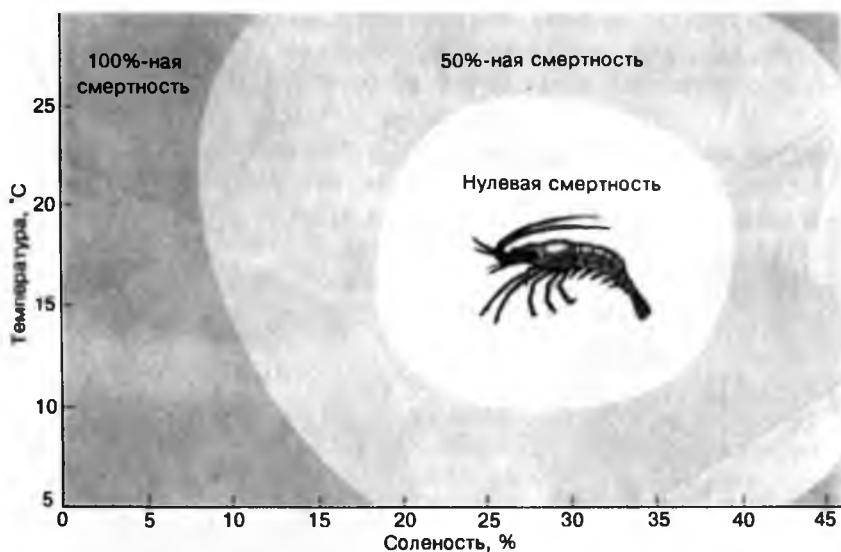


Рис. 14. Экологическая ниша креветки по двум факторам

На рисунке 14 представлена фигура, изображающая экологическую нишу одного из видов креветки по температуре и солености, то есть по двум факторам. Это пример двухмерной ниши, из которого следует, что оптимальные для существования данного вида температура и соленость находятся соответственно в пределах 12—25 °C и 20—38%.

Если же, как и полагается, включить в рассмотрение еще какое-либо условие (например, свет или рельеф), то очередным шагом станет трехмерное изображение ниши в виде объемного тела (рис. 13.3).

Тем не менее процесс включения дополнительных факторов можно продолжать (по аналогии) мысленно. Конечно, в этом случае более полную экологическую нишу уже нельзя себе представить в виде сколько-нибудь определенной фигуры в пространстве. Можно лишь сказать, что это пространство содержит в себе столько измерений, сколько факторов необходимо учесть для описания условий существования того или иного вида организмов.

Понятие экологической ниши может включать в себя не только условия внешней среды, но и ресурсы, необходимые для жизни животного или растения. Можно говорить, например, о пищевой нише того или иного организма. Но даже ес-

ли условия и ресурсы данного участка среды вполне благоприятны для организмов данного вида, его длительному существованию могут препятствовать особи других видов, например хищники, паразиты или конкуренты, поэтому биотические взаимодействия также входят в понятие ниши.

Важно сознавать, что экологическая ниша не есть нечто такое, что можно увидеть глазами. Экологическая ниша — отвлеченное понятие, сводящее к общему показателю все, в чем нуждаются организмы, то есть все необходимые условия и ресурсы в нужных количествах.

Итак, экологическую нишу современные экологи определяют как *совокупность всех факторов (условий) и ресурсов среды, в пределах которой может существовать вид в природе.*

Так, кенгуру, бизон и корова, систематически далекие друг от друга, занимают сходную нишу в экосистеме степей.

Один и тот же вид может занимать различные экологические ниши в разных местообитаниях или географических районах. Хорошим примером является сам человек. В некоторых странах он занимает пищевую нишу плотоядного организма, в других — травоядного. В большинстве же случаев человек является существом всеядным. Роль человека и весь его образ жизни меняется в зависимости от того, на какой источник пищи он рассчитывает.

Одно и то же местообитание может порождать множество ниш. Лесной массив, например, может предоставить экологические ниши мелким птицам, дубам, паукам, огромному множеству других растений и животных. Ниши видов, представленных в одном и том же местообитании, чаще всего различаются, причем иногда весьма заметно.



Местообитание. Экологическая ниша.



1. Что такое мерность экологической ниши? 2. Назовите факторы, которые следует учитывать при описании экологической ниши человека. 3. Как вы понимаете различие между понятиями «экологическая ниша» и «местообитание»?



Попробуйте изобразить образ ниши человека в пространстве факторов — «температура» и «количество пищи», выраженное в калориях, потребляемых человеком за сутки.

Краткое содержание главы 1

Живущие на Земле организмы очень разнообразны. Это разнообразие поддерживается изменчивостью физических условий как в пространстве, так и во времени. Организмы распределены по своим местообитаниям не случайно: между организмами и средой имеется соответствие. Его природа объясняется действием механизмов естественного отбора. В результате эволюции у растений и животных возникли морфологические адаптации, то есть приспособленные к условиям местообитаний жизненные формы.

Факторы среды (абиотические и биотические), определяющие распространение и обилие организмов, можно подразделить на условия и ресурсы. К первым относятся, например, температура, влажность, соленость; ко вторым — вещества, используемые организмами для построения своего тела и как источники энергии. Нехватка ресурсов или неблагоприятные (выходящие за пределы устойчивости, то есть толерантности, организмов) изменения условий жизни ограничивают распространение и снижают численность видов растений и животных.

Каждый организм располагает определенным (ограниченным) количеством энергии, расходуемой на поддержание жизнедеятельности. Энергетические потребности определяются строением и образом жизни организма. С энергетическим бюджетом тесно связан тепловой баланс организма. Живые существа по-разному приспособлены к получению необходимого для жизни тепла и поддержанию теплового баланса.

Все сведения о потребностях организмов в тех или иных условиях и ресурсах объединяются в понятие «экологическая ниша», раскрывающем роль, которую организм играет в экологической системе.

Экология популяций

Популяция и ее основные
характеристики

Популяционное обилие и его показатели

Рождаемость и смертность

Возрастная структура популяции

Динамика популяций





Знакомство с представителями различных организмов в курсах зоологии и ботаники дает представление о разнообразии животного и растительного мира, раскрывает особенности строения этих организмов, показывая их связь с различными условиями жизни.

Знания строения и свойств отдельных организмов являются весьма полезными для понимания процессов, происходящих в окружающей нас природе. Вместе с тем эти знания недостаточны для ответов на вопросы о том, с какой скоростью и как происходят изменения биологических видов, отчего численность некоторых животных или растений снижается, а других возрастает, как влияет хозяйственная деятельность человека

на окружающую его природу и т. п.

Ответы на эти и другие вопросы нуждаются в более широких знаниях, касающихся свойств не только отдельных организмов, но и их групп. Знакомство с содержанием этой главы позволит вам узнать о том:

- что такое популяция;**
- каковы основные свойства популяции;**
- какую роль играют условия внешней среды и внутренние свойства популяционной группы в процессах изменения ее численности во времени.**

2.1. Популяция

и ее основные характеристики

Понятие о популяции. *Популяцией называют группу особей одного вида, обладающих способностью свободно скрещиваться и достаточно долго поддерживать свое существование в данном местообитании.*

Устойчивое существование различных видов животных и растений требует наличия определенных экологических условий и нужных ресурсов. При перемещении из одной местности в другую и условия, и ресурсы могут меняться; причем эти изменения происходят отнюдь не согласованно. Некоторые факторы могут меняться плавно (например, температура при продвижении с юга на север), вовсе не меняться (например, содержание диоксида углерода в воздухе) или меняться скачкообразно (как это, например, происходит с изменениями состава и структуры почв).

Все это приводит к тому, что подходящие для того или иного вида местообитания формируются в пространстве как бы в виде отдельных островков. Виды заселяют эти «островки» своими популяциями. Конечно, биологический вид не похож на сеятеля, засевающего природные участки группами своих особей: просто виды распространены не равномерно, а отдельными группами особей — популяциями. Особи популяции, размножаясь, осваивают подходящие местообитания. В этом состоит своеобразие биологических видов — они существуют в форме популяций.

Популяции одного и того же вида могут быть отделены друг от друга четкими границами. Для водных организмов, например, такие границы, как правило, проходят по береговым линиям водоемов. У некоторых видов, однако, границы между популяциями нечеткие, размытые, например у видов растений и животных, обитающих в наземно-воздушной среде и имеющих широкое географическое распространение. Таковы серая ворона или заяц-русак, встречающиеся в различных местообитаниях.

Основные свойства популяций. Важнейшее свойство популяций — *самовоспроизводство*. Даже несмотря на пространственную разобщенность, популяции способны неограниченно долго поддерживать свое существование в данном местообитании. Они являются устойчивыми во времени и пространстве группировками особей одного вида. К стай-

ке рыб или воробьев не применим термин «популяция». Такие группы могут легко распадаться под влиянием внешних факторов или смешиваться с другими. Иными словами, они не способны устойчиво воспроизводить сами себя. Это под силу лишь крупным группам, обладающим основными свойствами вида и представленным всеми категориями слагающих его особей. Таковы, например, все особи окуня в озере или все сосны в лесном массиве.

Очевидно, что наборы условий в различных местообитаниях могут несколько различаться. Под влиянием разных условий в отдельных популяциях могут возникать и накапливаться свойства, отличающие их друг от друга. Это может проявляться в небольших отклонениях строения организмов, принадлежащих к разным популяциям, их физиологических показателей (вспомните о явлении акклиматизации и об экотипах — см. 1.3), других характеристик. Таким образом, популяции, как и отдельные организмы, обладают *изменчивостью*. Как и среди организмов, среди популяций невозможно найти двух полностью тождественных.

Изменчивость, как вы уже знаете, важнейший фактор эволюции (глава 1). Популяционная изменчивость повышает внутреннее разнообразие вида. Это, в свою очередь, повышает устойчивость вида к локальным (местным) изменениям условий жизни, позволяет ему проникать и закрепляться в новых для себя условиях и районах. Можно сказать, что существование в форме популяций обогащает вид, обеспечивает его целостность и постоянное самоподдержание основных видовых свойств.

Популяции, обитающие в различных участках видового ареала (общей области распространения вида), не живут изолированно. Они *взаимодействуют с популяциями других видов*, образуя вместе с ними биотические сообщества — целостные системы еще более высокого уровня организации (подробнее о сообществах вы узнаете в главе 4). В каждом сообществе популяция данного вида играет отведенную ей роль, занимая определенную экологическую нишу и совместно с популяциями других видов обеспечивая устойчивое функционирование сообщества.

Экологи, изучающие экологические системы, рассматривают популяции в качестве их основных элементов. Именно благодаря *функционированию* популяций создаются условия, способствующие поддержанию жизни.

Не отдельными организмами, а именно популяциями определяется характер и степень использования различных видов ресурсов. От популяций зависит круговорот веществ, энергетический обмен между живой и неживой природой. Совместная деятельность популяций определяет многие важные свойства биотических сообществ и экологических систем.

На основании сказанного можно дать более широкое определение популяции. Популяция — относительно изолированная группировка организмов одного вида, обладающая способностью к самоподдержанию видовых свойств и выполняющая определенную роль в сообществе живых организмов.

Популяция обладает не только биологическими свойствами составляющих ее организмов, но и собственными, которые присущи только этой группе особей в целом. Как и отдельный организм, популяция растет, совершенствуется, поддерживает сама себя. Однако групповые свойства, например обилие, рождаемость, смертность, возрастной состав, могут характеризовать только популяцию в целом и не применимы к отдельным ее особям.

Составляющие популяцию организмы связаны друг с другом различными взаимоотношениями: они совместно участвуют в размножении, они могут конкурировать друг с другом за те или иные виды ресурсов, могут поедать друг друга или вместе обороняться от хищника. Внутренние взаимоотношения в популяциях очень сложны. Поэтому реакции отдельных особей на изменения тех или иных экологических факторов и популяционные реакции часто не совпадают. Гибель отдельных организмов (например, от хищников) может улучшить качественный состав популяции (гибнут слабые, остаются сильные), повысить ее способность к самоподдержанию численности (более подробно об этом будет сказано в главе 3). Здесь мы сталкиваемся с одним очень важным правилом, применимым к экологическим объектам, состоящим из многих элементов, связанных друг с другом различными взаимоотношениями: о состоянии экологического объекта (будь то популяция, сообщество или экосистема) не всегда можно судить по состоянию его отдельных элементов.

Демографические показатели. Такие популяционные характеристики, как обилие, рождаемость, смертность, возрастной состав, называются *демографическими показателями*. Знание их очень важно для понимания законов, управляющих жизнью популяций и предугадывания происходящих в них постоянных изменений.

Изучение демографических показателей имеет большое практическое значение. Так, при заготовках древесины очень важно знать скорость восстановления леса, чтобы правильно планировать интенсивность рубок. Некоторые популяции животных используются для получения ценного пищевого или пушного сырья. Изучение других (например популяций мелких грызунов, среди которых циркулируют возбудители опасных для человека заболеваний) важно с медико-санитарной точки зрения.

Во всех этих случаях нас интересуют, прежде всего изменения популяции в целом, предсказание этих изменений, наконец — их регулирование (например, снижение численности вредителей сельскохозяйственных угодий). Крайне необходимым для этого является знание причин и скорости популяционных изменений, а также умение измерять эти природные объекты.



Популяция. Самовоспроизводство. Демографические показатели.



1. В одном озере живут окунь, ерш, карась, щука, плотва. В соседнем, изолированном от первого, озере — окунь, щука, судак, лещ, плотва. Сколько видов и сколько популяций населяют оба водоема? 2. Что такое демографические характеристики популяций? 3. В чем состоит практическое значение изучения популяций? Приведите примеры.

2.2. Популяционное обилие и его показатели

Обилие и численность популяции. Наилучшим образом популяцию как группу организмов характеризует **обилие**. Мерой обилия может быть *общая численность* организмов в популяции. Однако измерение этих показателей применительно ко многим животным связано с большими трудностями.

Для измерения обилия популяций испытано много различных методов. К наиболее распространенным из них можно отнести следующие:

1. Полный учет обилия популяции, возможный иногда для крупных хорошо заметных животных (например оленей, пасущихся в открытых районах тундры, или тюленей, собирающихся на период размножения в большие группы).

2. Метод пробных площадок, состоящий в подсчете организмов на небольших участках (площадках), разрезах или в малых объемах и последующего перенесения результатов подсчетов на всю область распространения популяции.

3. Методы мечения и повторного отлова (для подвижных животных). Общее количество меченых животных известно (Т). Долю, которую эти животные составляют в популяции, можно определить, взяв произвольную выборку (С) из популяции и определив в нем долю меченых (R) особей, то есть отношение (R/C) . Общая численность популяции (N) в этом случае может быть просчитана на основе простой пропорции: $T/N = R/C$. Методы мечения используют также для определения пространственного размещения особей популяций, путей их миграций, ряда других популяционных показателей.

4. Методы без взятия проб (применимые к неподвижным организмам, например к деревьям). Таков метод случайных точек. От каждой из этих точек, произвольно выбранных в различных местах леса, измеряют расстояние до ближайших к ним деревьев. Это расстояние измеряется по всем четырем направлениям. Плотность деревьев на единицу площади вычисляется по формуле, учитывая среднее расстояние между стволами.

Плотность популяции. Как измерить численность популяций рыб, которые недоступны для прямого наблюдения, или популяции организмов, обитающих в почве, живущих в труднодоступных условиях, а также совершающих значительные и нерегулярные миграции? В этом случае наилучшим показателем, который можно использовать для измерений популяционного обилия, является плотность.

Плотность популяции — это численность или биомасса особей, приходящаяся на единицу площади или объема жизненного пространства. Примерами плотности популяции могут быть: 500 деревьев на 1 га леса, 5 млн экз. хло-

реллы на 1 м^3 воды или 200 кг рыбы на 1 га поверхности водоема. Измерением плотности пользуются и в тех случаях, когда важнее знать не общую численность популяции в тот или иной момент времени, а ее динамику, то есть ход изменений численности во времени.

Индекс численности. Мерой обилия могут также являться и показатели, отнесенные не к единице пространства, а к единице времени, например число птиц, отмеченных в течение часа, или количество рыб, выловленных за сутки. По сути, эти показатели отличаются от плотности лишь размерностью. И те и другие являются относительными показателями и называются *индексами численности*.

Плотности популяций разных представителей млекопитающих могут различаться в десятки тысяч раз. Однако у животных, потребляющих сходный тип пищи (то есть находящихся в сходных звеньях цепочки потребителей биологического вещества, производимого зелеными растениями), различия в плотностях много меньше. В целом, чем более удалена популяция от первичного источника органической пищи, тем ниже ее плотность.



Обилие. Общая численность. Плотность. Индекс численности.



1. Что такое индекс численности? Приведите примеры.
2. Перечислите показатели, которые характеризуют организмы популяции, их группы.
3. Назовите методы измерения обилия популяции.



В начале сезона было помечено 1000 рыб. В ходе последующего лова в общем вылове из 5000 рыб обнаружилось 350 меченых.

Какова была численность популяции перед началом промысла?

2.3. Рождаемость и смертность

Рождаемость — это показатель, характеризующий способность популяции к увеличению численности в результате размножения особей, или просто скорость размножения. Как и любой показатель скорости, рождаемость имеет временную размерность. Так, если среднемесячный приплод популяции полевки составляет 100 особей, то месячная ро-

ждаемость также составит 100 особей/ месяц, а летняя (за 3 летних месяца) — 300 особей/лето.

Таким образом, рождаемость показывает число новых особей (также яиц, семян), родившихся (вылупившихся, отложенных) в популяции за определенный промежуток времени.

Рождаемость можно выразить в относительных показателях, например измерять ее числом народившихся за единицу времени особей, отнесенных к общей численности популяции в начале сезона размножения. Если общая численность популяции полевок к началу лета составляла 1000 особей, то *относительная, или удельная, рождаемость* за 1 месяц составит $100/1000 = 0,1$, то есть 10%, а за сезон — $300/1000 = 0,3$, то есть 30%.

Удельные показатели полезны для сравнения между собой рождаемости в популяциях с разной численностью. Они более точно характеризуют интенсивность процессов размножения организмов.

Когда жизнь популяции протекает в благоприятных условиях и отсутствуют факторы, ограничивающие доступность используемых популяцией ресурсов, рождаемость повышается. Следствием этого может стать быстрое, но кратковременное увеличение численности популяции, как это происходит, например, когда мелкие грызуны заселяют подвалы, чердаки и другие доступные им места в помещениях зернохранилищ, складов и жилых домов. Рождаемость в эти периоды у грызунов достигает максимума. Величина *максимальной рождаемости* определяется лишь числом самок в популяции и их способностью производить определенное количество детенышей в единицу времени (то есть физиологической плодовитостью).

В дальнейшем, по мере роста численности популяции, условия жизни особей начинают ухудшаться. Скученность особей препятствует эффективному использованию ресурсов, накапливаются вредные отходы, зверьки становятся беспокойными, иногда агрессивными. Рост численности популяции замедляется, а в конечном итоге она достигает уровня, соответствующего сложившимся экологическим условиям. Одновременно происходит и снижение рождаемости. Она начинает обеспечивать лишь поддержание числен-

ности популяции. Такая установившаяся рождаемость называется *экологической*.

Экологическая рождаемость дает представление о скорости возрастания численности, то есть активности размножения популяции при фактически сложившихся условиях жизни. В общем, для видов, которые не заботятся о потомстве, характерна высокая потенциальная и низкая экологическая рождаемость. Так, например, взрослая самка трески выметывает миллионы икринок, из которых в среднем до взрослого состояния лишь 2 особи.

Смертность. Если проследить судьбу некоторой группы особей, родившихся в одно и то же время, легко обнаружить, что их численность в течение жизни непрерывно снижается в результате отмирания части особей. Скорость процесса снижения численности популяции характеризуется показателем, называемым *смертностью*. Смертность характеризует процессы сокращения численности в отдельных популяционных подгруппах (например, только среди самцов или только среди самок) или же в популяции в целом.

Смертность организмов проявляется даже тогда, когда условия жизни вполне благоприятны. В этих случаях говорят о *минимальной смертности*. Ее природа связана с дефектами физиологического развития, приводящими к гибели отдельных организмов. В конкретных экологических условиях смертность, как правило, выше минимального уровня, так как влияния внешних факторов (хищничество, отсутствие достаточного количества корма, загрязненность среды и другие) создают дополнительные причины гибели организмов.

В определенной мере показатель смертности противоположен рождаемости. Однако смертность, как и рождаемость, выражают *числом особей, погибших за данный период времени*, но чаще — в виде относительной (или удельной) величины. Удельным показателем смертности является процент особей, погибших в единичный отрезок времени, или их доля от начальной численности группы.

У большинства организмов интенсивность смертности меняется в течение жизни. Как правило, она высока на ранних стадиях своего развития, затем снижается и вновь возрастает к старости.

Кроме того, величина смертности определяется действием многих внешних факторов. В умеренном климате, например, смертность птиц во многом зависит от условий зимовки, в первую очередь — от доступности корма. Выживание растений зависит от наличия достаточного количества влаги и состава почв. Немаловажную роль при этом могут играть различные виды паразитарных заболеваний. К середине лета, в период бурного развития водорослей и связанного с этим «цветения» воды, во многих водоемах возникает дефицит кислорода, что ведет к резкому возрастанию смертности рыб и некоторых других обитателей вод.

Ясно, что смертность, как и рождаемость, оказывает большое влияние на численность популяции и ход ее изменений. *При одной и той же рождаемости чем выше смертность, тем ниже численность популяции, и наоборот.* Кроме того, смертность влияет на продолжительность жизни организмов в популяции и, тем самым, на ее возрастной состав.

Обратимся к простому примеру и проследим за изменением средней продолжительности жизни группы особей, общим числом 1000, появившихся на свет в одно и то же время. Рассмотрим два случая. В первом — смертность составляет 50% в год, во втором — 70%. В первом случае изменения численности нашей группы по мере увеличения возраста особей будут выражаться следующими величинами:

1-й год — 1000; 2-й год — $1000 \cdot (1 - 0,5) = 500$; 3-й год — $500 \cdot (1 - 0,5) = 250$; 4-й год — $250 \cdot (1 - 0,5) = 125$ и т. д. Занесем эти вычисления в таблицу.

Годы Смертность	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1000	500	250	125	62	31	15	7	3	1
70%	1000	300	90	27	8	2	—	—	—	—

Из таблицы видно, что в первом случае группа доживает до десятилетнего возраста, а во втором — только до шестилетнего, то есть чем больше смертность, тем меньше средняя продолжительность жизни группы, и наоборот.

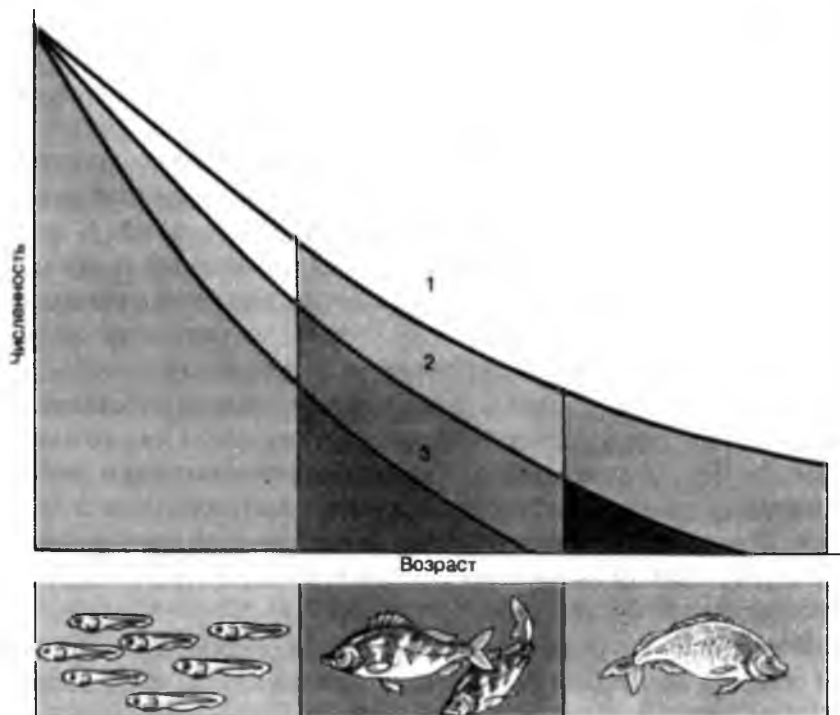


Рис. 15. Зависимость кривых выживания от величины смертности

На рисунке 15 приведены кривые, характеризующие изменения численности и предельный возраст трех групп организмов с одинаковой начальной численностью (1000 экз.) в случаях различной смертности: 1 — смертность 15% в год, 2 — 30% и 3 — 50%.

Кривые выживания. Представленные на рисунке 16 кривые называют *кривыми выживания*. Обычно при построении этих кривых по оси абсцисс откладывают время, или возраст, а по оси ординат — число выживших особей. Кривые выживания подразделяют на три общих типа. Сильно выпуклая кривая (16.1) характерна для видов, у которых смертность резко повышается лишь к концу жизни, а до этого она остается низкой. Этот тип кривой характерен для многих видов крупных животных и, конечно, для человека.

Другой крайний вариант — сильно вогнутая кривая (16.3) — получается, если смертность очень высока на ранних

стадиях жизни. Хорошей иллюстрацией этого типа служат устрицы или другие двустворчатые моллюски, а также дубы. Смертность очень велика у свободно плавающих личинок и прорастающих желудей, но как только особи хорошо приживаются на подходящем субстрате, их смертность резко снижается.

К промежуточному типу (16.2) относятся кривые выживания таких видов, у которых смертность мало изменяется с возрастом и остается более или менее одинаковой в течение всей жизни данной группы. Вероятно, в природе не существует популяций, у которых смертность постоянна на протяжении всего жизненного цикла особей (в этих случаях кривая выживания располагалась бы полностью на диагонали графика), однако слегка вогнутые или сигмоидные (волнообразные) кривые всегда характерны для популяций многих птиц, мышей, кроликов.

Форма кривой выживания связана со степенью заботы о потомстве и другими способами защиты молоди. Так, кривые выживания пчел и дроздов (которые заботятся о потомстве) значительно менее вогнуты, чем у кузнечиков или сардин (которые не заботятся о потомстве). Отсутствие заботы о потомстве у рыб компенсируется значительно большим числом откладываемых яиц.

Форма кривой выживания очень часто изменяется и при изменениях плотности популяции. При возрастании плотности она становится более вогнутой. Это говорит о том, что при увеличении численности организмов их смертность возрастает.

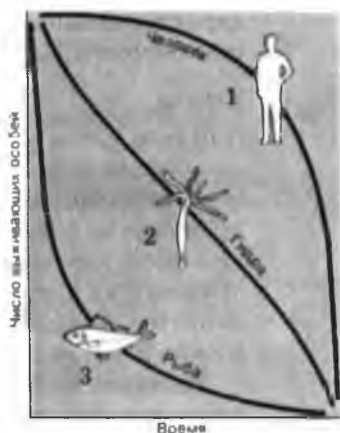


Рис. 16. Различные типы кривых выживания

! *Рождаемость: относительная, или удельная; абсолютная, или максимальная; экологическая. Плодовитость. Смертность: минимальная; относительная, или удельная. Продолжительность жизни. Кривые выживания.*

? 1. Как можно проиллюстрировать различия между абсолютной (максимальной) и удельной (относительной) рождаемостью? Приведите примеры. 2. Для каких видов

характерна высокая потенциальная и низкая удельная рождаемость? 3. Что такое кривая выживания?



Задача

Для того чтобы удобнее было сравнивать между собой популяции разной численности, величину N/T обычно относят к общей численности популяции в начале промежутка времени T . Полученную величину $N/(T N)$ называют удельной рождаемостью. Поскольку в течение промежутка времени T величина рождаемости может меняться, рождаемость стараются рассматривать на как можно более коротких временных интервалах.

Различия между абсолютной и удельной рождаемостью легко проиллюстрировать на простом примере: предположим, что популяция, состоящая из 50 простейших организмов, в некотором объеме воды увеличивается путем деления. Через 1 час ее численность возрастает до 150 особей. Абсолютная (максимальная) рождаемость составила 100 особей в час, а удельная — только 2 особи.

Рассчитайте абсолютную и удельную рождаемость городской популяции человека (за 1 месяц, за 1 год), исходя из того, что в городе с населением 10 000 человек за год появилось 400 новорожденных.

2.4. Возрастная структура популяции

Возрастная структура популяции характеризует общее количество представленных в ней возрастных групп и соотношение их численности или общей массы присутствующих в группе организмов (биомассы). Такое соотношение называют обычно *возрастным распределением* (то есть распределением численности по возрастным группам) или *возрастным спектром популяции*. На рисунке 17 показаны примеры возрастного распределения в популяциях млекопитающих и рыб.

Как это было показано на примере, обсуждавшемся в предыдущем разделе, возрастной спектр связан с интенсивностью смертности организмов. Кроме того, он зависит также и от величины рождаемости, поскольку последней определяется величина приплода.

Возрастная структура популяции может изменяться под действием внешних факторов, так как они контролируют процессы и рождаемости, и смертности. На рисунке 18 приведен пример изменений возрастной структуры популяции

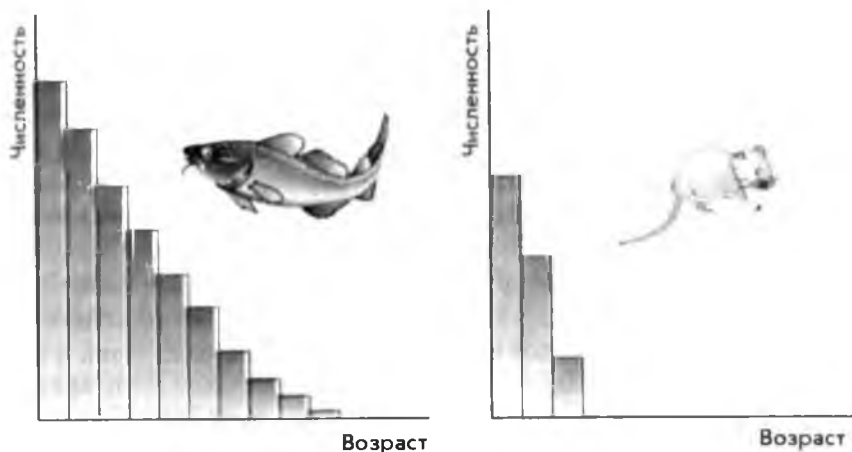


Рис. 17. Примеры возрастного распределения организмов в популяциях рыб и млекопитающих

рыб в результате действия промысла, то есть фактора, вызывающего дополнительную смертность.

Анализ возрастной структуры популяций и выделение возрастных групп у растений и животных производится по-разному. У растения календарный возраст (число лет) и возрастное состояние (этап развития организма) не тождественны.

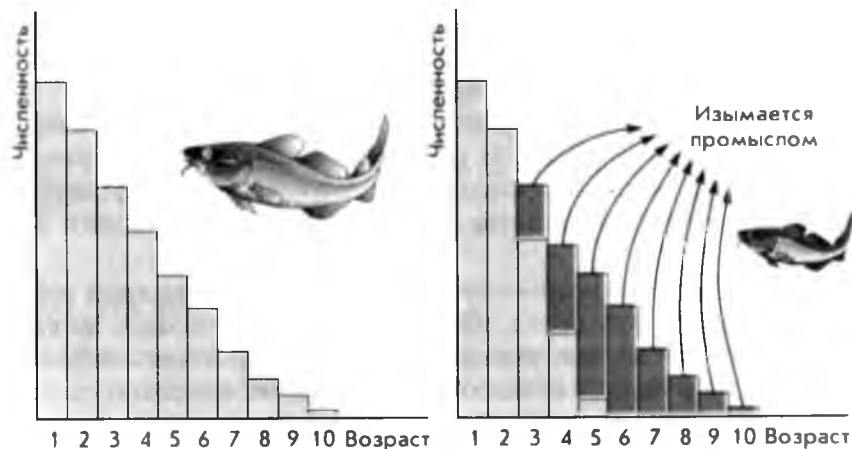


Рис. 18. Изменения возрастного состава популяции рыб под действием промысла (при возрастании смертности)

венны. Также не тождественны они и у некоторых животных, например у насекомых.

В жизненном цикле растений выделяют около десяти возрастных состояний, объединенных в четыре периода: период покоя (семена), вегетативный (молодые неплодоносящие растения), генеративный, или период зрелости (плодоносящие растения) и сенильный, или старческий (отмирающие растения).

В состав возрастных групп может входить различное число *генераций*, то есть отдельных выводков. Генеративная возрастная группа яблони, например, может включать в себя деревья возрастом от трех до двадцати лет, в то время как вегетативная возрастная группа — лишь от одного до трех.

У позвоночных возрастная группа, как правило, означает группу животных одного и того же календарного возраста. Популяция может быть представлена особями одного календарного возраста, двух, трех и более. Так, например, популяция снетка (мелкой озерной рыбки) целиком состоит из особей одной возрастной группы. К концу первого года жизни они начинают размножаться, а после нереста погибают. Новое поколение в конце первого года жизни даст начало следующему и так далее.

Значение исследований возрастной структуры популяций. По возрастному спектру оцениваются способность популяции к самоподдержанию численности и ее устойчивость к внешним воздействиям. Чем сложнее возрастной спектр, тем устойчивее воспроизводство популяции.

Анализ возрастной структуры позволяет прогнозировать численность популяции на ряд ближайших лет, что применяется, к примеру, для оценки возможностей промысла рыбы в охотничьем хозяйстве, в некоторых зоологических исследованиях.

Особенностями возрастной структуры определяются многие свойства популяции как системы. Популяция, включающая в себя множество возрастных групп, в меньшей степени подвержена влиянию факторов, определяющих успешность размножения. Ведь даже крайне неблагоприятные условия размножения, способные приводить к полной гибели приплода того или иного года, не являются катастрофическими для популяции сложной структуры, поскольку

ку одни и те же родительские пары участвуют в воспроизводстве много раз.

Например, одна и та же самка трески нерестится ежегодно в течение 9 лет (с шестилетнего до пятнадцатилетнего возраста). Самка горбуши нерестится в возрасте 2 лет и сразу же после нереста погибает. Очевидно, что возникновение неблагоприятных условий для нереста горбуши (и связанное с этим снижение численности приплода) сразу же вызовет значительное сокращение численности всей популяции. Это произойдет в силу того, что большая ее часть представлена молодыми рыбами, появившимися на свет в текущем году.

Многовозрастные популяции (как у трески) гораздо менее чувствительны по отношению к факторам, оказывающим воздействие на отдельные популяционные подгруппы (например, на молодь). Ведь численность молодежи составляет сравнительно небольшую долю от общей численности популяции. Вместе с тем любое воздействие, приводящее к заметному изменению численности отдельной возрастной группы, остается заметным и влияет на состав многовозрастной популяции в течение гораздо более длительного времени.



Возрастная структура. Возрастной спектр (возрастное распределение). Чувствительность популяций к внешним воздействиям.



1. Какие свойства популяции определяются особенностями ее возрастного состава? 2. Почему многовозрастные популяции оказываются менее чувствительными к внезапным кратковременным изменениям условий жизни? 3. Какое значение имеет изучение возрастной структуры популяций?



Начальная численность приплода популяции составляет 1000 особей. Ежегодная смертность — 30%. Рассчитайте, до какого возраста могут дожить особи одного поколения.

2.5. Динамика популяций

Динамика популяций — это процессы изменений ее основных биологических характеристик во времени. При изучении динамики популяции главное значение придается изменениям численности, общей массы организмов (биомассы) и популяционной структуры. Динамика популяций — одно из наиболее значимых биологических и экологических

явлений. Можно сказать, что жизнь популяции проявляется в ее динамике. Популяция не может существовать без постоянных изменений, за счет которых она как бы приспосабливается к изменениям внешних условий.

В ходе эволюции различные виды живых организмов обретают различные свойства. Некоторые из них приспособлены к существованию в суровых, но стабильных условиях, например в пустынях, полупустынях, тундрах. Примером могут служить такие растения, как обитающие в пустынных зонах саксаул и тамариск или населяющие тундры некоторые виды мхов.

Видовые свойства организмов, обитающих в таких условиях, находят отражение и в свойствах их популяций. Процессы поддержания численности и структуры популяций этих видов (процессы воспроизводства) обретают высокую чувствительность к нарушениям экологических условий. Они становятся легкоуязвимы к возрастающему воздействию человека и трудно поддаются восстановлению.

Другие виды, обитающие в зонах умеренного климата, в особенности популяции однолетних животных (большинство насекомых) и растений (некоторые виды трав), способны выдерживать значительные нарушения условий жизни. Колебания их численности характеризуются широким размахом. В годы минимального и максимального обилия численность таких популяций может различаться в десятки, сотни, а иногда и тысячи раз.

Рост популяций. На первый взгляд ясно, что характер динамики численности различных видов организмов в популяции должен быть связан с демографическими показателями, которые также формируются в процессе эволюции и отражают условия жизни вида в конкретном местообитании. Тем не менее, несмотря на то что и рождаемость, и смертность, и возрастная структура очень важны, ни по одному из этих показателей нельзя судить о свойствах динамики популяции в целом.

В определенной мере эти свойства раскрывает процесс *роста популяции*, который характеризует ее способности к восстановлению численности после перенесенной катастрофы или к наращиванию численности при заселении организмами свободных экологических ниш.

Характер увеличения численности популяции может быть различным. В связи с этим выделяют два типа роста популяций. Различия между ними иллюстрируются кривыми, показанными на рисунке 19.

Первая кривая имеет форму латинской буквы *J*. Эта *J*-образная кривая показывает, что в ходе роста популяции ее численность увеличивается с возрастающей скоростью.

Вторая кривая напоминает по форме латинскую букву *S*. При *S*-образном росте скорость увеличения численности популяции некоторое время нарастает, но вскоре этот процесс начинает замедляться. В конце концов рост численности практически прекращается.

Для понимания механизмов, которые управляют ростом популяции, развивающимся по типу первой кривой, достаточно представить, что число потомков, производимых каждым организмом, выражается постоянной величиной. Так бывает у некоторых видов одноклеточных организмов (например, у водорослей), которые при благоприятных летних условиях начинают размножаться делением. Рост их численности происходит в геометрической прогрессии: одна клетка превращается в две, две в четыре, четыре в восемь и так далее. Таким типом роста обладают популяции некоторых видов животных, особенно мелких ракообразных, живущих в водной толще, у которых очень короткий цикл развития и простая возрастная структура.

Столь стремительный рост, конечно, не может продолжаться долго. Рано или поздно свободные ресурсы будут исчерпаны и рост популяции прекратится. А так как популяции с простой структурой (то есть имеющие склонность к *J*-образному типу роста) довольно чувствительны к изменениям внешних условий, их последующая динамика имеет форму резких скачкообразных изменений: короткие периоды быстрого возрастания численности чередуются с ее рез-

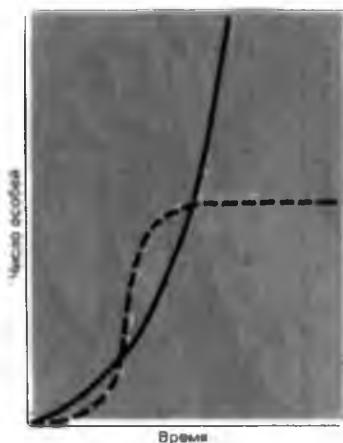


Рис. 19. Типы кривых роста численности популяций

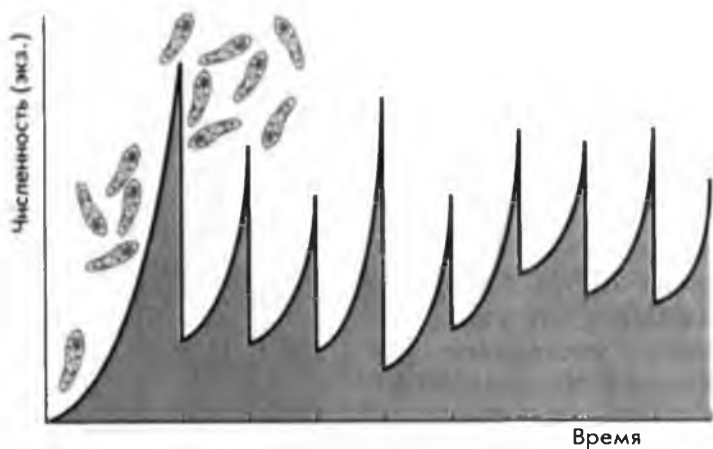


Рис. 20. Колебания численности популяций с J-образным типом роста

кими падениями из-за нарушения условий жизни (рис. 20). Жизнь популяций такого типа характеризует одна важная особенность: они способны почти мгновенно реагировать на улучшение экологических условий и максимально использовать свободные ресурсы.

В основе роста популяций второго типа (изображаемого S-образной кривой) лежат иные механизмы. Для их понимания представим себе, что каждая популяция может заполнить собой некий ограниченный объем жизненного пространства. Чем меньше пространства остается незанятым, тем медленнее происходит рост популяции. Поэтому, когда численность популяции мала, ее рост идет с возрастающей скоростью, но одновременно с этим сокращается пространство для жизни особей. И чем меньше его остается, тем заметнее снижается скорость роста, падая постепенно почти до нулевых значений.

Такой тип роста характерен для организмов, имеющих продолжительный цикл развития, популяции которых отличаются сложной возрастной структурой. Как вы знаете, популяции такого типа более устойчивы к внешним воздействиям. Поэтому при завершении роста их динамика происходит в форме медленных колебаний с малой амплитудой, или плавных волн изменений численности (рис. 21).

Популяции второго типа не имеют возможностей быстро реагировать на улучшение условий жизни, зато они более

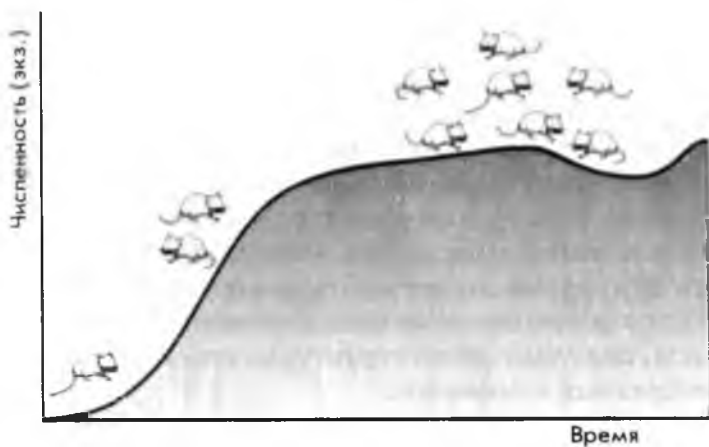


Рис. 21. Колебания численности популяций с S-образным типом роста

устойчивы к неблагоприятным воздействиям внешних факторов.

Характерные типы роста популяций можно наблюдать, когда тех или иных животных вселяют в незанятые области или они сами распространяются в новые районы. Самовселение некоторых представителей морской фауны рыб (например, тюльки) можно наблюдать в водохранилищах Волги, Камы, Днепра, где их численность достигла значительных величин. Рост этих популяций описывается S-образной кривой.

J-образная кривая хорошо описывает рост популяций некоторых микроорганизмов, например грибковых дрожжей, некоторых видов микроскопических водорослей. В целом, чем крупнее организмы, тем ближе к типу S-образной кривой рост популяции.

Колебания численности популяций. Когда рост популяции завершается, ее численность начинает колебаться (по сравнению с более или менее постоянной величиной). Это явление вызывают различные факторы. Сам процесс динамики популяции при этом может также проявляться по-разному.

У многих видов животных и растений колебания численности популяций бывают вызваны сезонными изменениями условий жизни (температуры, влажности, освещенности, пищевой обеспеченности и др.). Примеры сезонных колеба-

ний численности популяций дают всем вам хорошо знакомые картины летней природы. Тучи комаров, полные птиц леса, заросшие васильками поля — все это бывает в теплое время года и практически сходит на нет в зимний период.

Наибольший интерес, однако, представляют те колебания численности популяций, которые происходят из года в год. Их называют межгодовыми в отличие от внутригодовых, или сезонных. Как вы уже знаете, межгодовая динамика численности популяций может иметь различный характер и проявляться в форме плавных волн изменений (численности, биомассы, популяционной структуры) или в форме частых скачкообразных изменений.

И в том и в другом случаях эти изменения могут быть регулярными, то есть *циклическими*, или нерегулярными — *хаотическими*. Первые в отличие от вторых содержат в себе элементы, повторяющиеся через равные промежутки времени (например, через каждые 10 лет численность популяции достигает определенной максимальной величины). Возникновение циклических колебаний связывают с действием механизмов популяционной регуляции, о которых будет сказано далее.

Наблюдаемые из года в год колебания численности некоторых видов птиц (например, городского воробья) или рыб (уклейка, ряпушка, бычки и др.) дают пример нерегулярных изменений величины популяции, связанных, как правило, с изменениями климатических условий или же с изменениями загрязненности среды обитания веществами, оказывающими губительное воздействие на организмы.

К наиболее известным примерам циклических колебаний можно отнести совместные колебания численности некоторых видов северных млекопитающих. Например, циклы трех- и четырехлетней периодичности характерны для многих северных мышевидных грызунов (мышей, полевков, леммингов) и их хищников (полярной совы, песцов), а также зайцев и рысей (рис. 22).

В Европе лемминги порой достигают такой высокой плотности, что начинают мигрировать из своих перенаселенных местообитаний. Известны случаи, когда животные проходили через деревни в таком количестве, что кошки и собаки, которые вначале нападали на них, просто переста-

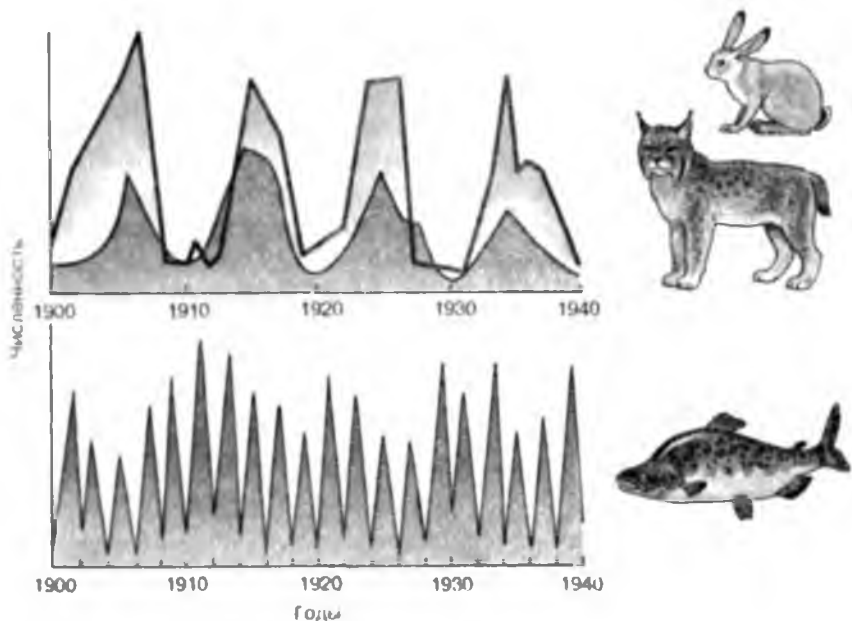


Рис. 22. Циклические колебания численности некоторых видов животных

вали обращать внимание на орды грызунов. Достигнув моря, многие лемминги тонули.

Наиболее известные примеры колебаний численности у насекомых — ее циклы у саранчовых (рис. 23). Сведения о нашествии странствующей саранчи в Евразии восходят к далекой древности. Саранча живет в пустынях и маловодных районах. На протяжении многих лет она не совершает миграций, не пожирает посевов и не привлекает к себе внимания. Однако время от времени плотность популяций саранчи достигает чудовищных размеров. Под влиянием скученности насекомые претерпевают ряд изменений своего облика (например, у них развиваются более длинные крылья) и начинают мигрировать в сельскохозяйственные районы, съедая все на своем пути. Причины таких популяционных взрывов обусловлены, по-видимому, нестабильностью условий среды.



Рис. 23. Саранча



Рис. 24. Сосновая пяденица (1) и лиственничная листовертка (2)

Рост популяций саранчи в годы всплеск численности происходит по J-образному типу. И у леммингов, и у саранчи не каждый случай нарастания численности сопровождается миграцией.

Иногда циклические колебания численности популяций можно объяснить сложными взаимодействиями между популяциями различных видов животных и растений в сообществах. Рассмотрим в качестве примера колебания численности некоторых видов насекомых в европейских лесах, например бабочек сосновой пяденицы и лиственничной листовертки (рис. 24), личинки которых питаются листьями деревьев. Пики численности повторяются у них примерно через 4—10 лет. Колебания численности этих видов определяются и динамикой биомассы деревьев, и колебаниями численности птиц, питающихся насекомыми. По мере возрастания биомассы деревьев в лесу наиболее крупные и старые деревья становятся восприимчивыми к гусеницам листовертки-почкоеда и нередко погибают от повторяющейся дефолиации (исчезновения листьев).

Отмирание и разложение древесины возвращает в лесную почву питательные вещества. Их используют для сво-

его развития молодые деревья, менее чувствительные к нападению насекомых. Росту молодых деревьев способствует также увеличение освещенности из-за гибели старых деревьев с большими кронами. Тем временем птицы уменьшают численность листовертки-почкоеда. Однако в результате роста деревьев она (численность) вновь начинает увеличиваться и процесс повторяется.

Если рассматривать существование хвойных лесов в больших промежутках времени, то становится ясно, что листовертка периодически как бы омолаживает экосистему хвойного леса, представляет собой неотъемлемую ее часть. Поэтому возрастание численности этой бабочки не представляет собой катастрофу, как это может показаться всякому, кто видит мертвые и умирающие деревья на определенной стадии цикла.

Причинами резких колебаний численности некоторых популяций могут быть различные абиотические и биотические факторы. Иногда эти колебания хорошо согласуются с изменениями климатических условий. Однако в ряде случаев влиянием внешних факторов невозможно объяснить изменения численности той или иной популяции. Причины, вызывающие колебания численности популяций, могут заключаться в них самих; тогда говорят о внутренних факторах популяционной динамики.

Регуляция численности популяции. Под *регуляцией численности* понимается способность популяции к самовосстановлению числа ее особей до своей обычной величины, определяемой условиями и ресурсами ее экологической ниши. Эта способность обеспечивается системой механизмов, которые как бы автоматически срабатывают, когда плотность популяции достигает или слишком высоких, или слишком низких значений. Регуляторные механизмы могут иметь характер поведенческих, демографических, физиологических реакций организмов на изменение их плотности.

Известны случаи, когда в условиях перенаселения у ряда млекопитающих происходят резкие изменения физиологического состояния. Такие изменения, прежде всего, затрагивают органы нейроэндокринной системы, сказываясь на поведении животных, изменяя их устойчивость к заболеваниям и другим видам стресса.

Иногда это приводит к повышенной смертности особей, а потом — к снижению плотности популяции. Зайцы-беляки, например, в периоды пика численности часто внезапно погибают от «шоковой болезни». У некоторых видов рыб при высоком обилии особей взрослые переходят на питание своей молодью, в результате чего численность популяции начинает снижаться.

Повышение смертности и снижение рождаемости под влиянием высокой плотности наблюдаются в популяциях многих видов животных и растений. Все эти реакции объединяет то, что сигнал к их действию дает сама популяция, точнее ее плотность.

Вообще, регуляция популяционных изменений — очень сложный процесс, часто в нем участвует не только сама популяция, но ее окружение. Очень важное значение в регуляции численности популяций принадлежит биотическим взаимоотношениям организмов (конкуренции, хищничеству, паразитизму), о которых вы узнаете из последующей главы учебника. Здесь лишь заметим, что взаимодействие популяции с популяциями других видов никогда не бывает односторонним: популяция хищника не только влияет на популяцию жертвы, но и сама испытывает ее влияние. В итоге это приводит к тому, что при влиянии одной популяции на другую первая популяция как бы влияет и на саму себя, регулируя, тем самым, изменение своей численности.

Не следует думать, что наличие регуляторных механизмов должно всегда стабилизировать численность. В некоторых случаях их действие способно приводить к циклическим колебаниям численности даже при постоянных условиях жизни.

Следы проявления различных действий регуляторных факторов довольно часто обнаруживаются в динамике популяций, для которых свойственны циклические колебания численности.

Динамика популяции. Рост популяции. Циклические колебания численности. Регуляция численности популяций.

1. Что такое динамика популяции? 2. В чем состоит явление регуляции численности популяций? Какое значение оно имеет в экосистеме? 3. Какую роль в изменении численности популяции играют абиотические и биотические факторы?



Расскажите об известных вам сезонных изменениях численности популяций животных и растений (вспомните личные наблюдения).

Приведите примеры циклических колебаний численности животных или растений.

Составьте список абиотических, биотических и антропогенных факторов, влияющих на динамику популяций известных вам видов насекомых (например, комара, комнатной мухи, пчелы или шмеля). Пользуясь сведениями из курса биологии и своими наблюдениями, дайте описания местообитаний, в которых плотность популяций этих насекомых наиболее высока.

Перечислите возможные способы снижения численности популяций вредных насекомых, основываясь на известных вам особенностях их размножения и образа жизни.

Материал для обсуждения

Вам известно, что инфузория туфелька размножается делением. Она питается некоторыми бактериями, которые хорошо размножаются в растворах, используемых обычно для выращивания культуры инфузорий (например, в сенном настое). Если в этот раствор добавить некоторые соли (безвредные для инфузорий), то размножение бактерий прекратится.

Обсудите, как будет изменяться численность инфузорий в последовательные моменты времени при выращивании их в обычной среде (сенном настое), начиная с одной особи, делящейся надвое. Какому типу роста популяций соответствует этот процесс? Изменится ли тип роста популяции инфузорий при добавлении в среду солей, подавляющих рост популяции бактерий, и как?

Краткое содержание главы 2

Для ответов на вопросы о причинах изменений численности тех или иных видов растений и животных, о влиянии хозяйственной деятельности человека на окружающую природу необходимы знания свойств не только отдельных организмов, но и их групп, обладающих свойствами самовоспроизводства, — популяций.

Видовые популяции — основные функциональные единицы живой природы. Они являются элементами сообществ, экосистем, участвуя в основных процессах трансформации вещества и переноса энергии.

Популяции обладают характерными показателями, присущими только им. Таковы, например, структура, плотность, численность, рождаемость, смертность. Некоторые характеристики популяций взаимосвязаны: смертность определяет структуру, рождаемость — плотность и т. д.

Процессы изменений популяций во времени называются популяционной динамикой. Эти изменения — результат действия множества факторов окружающей среды, а также внутренних механизмов популяционной регуляции.



Биотические взаимоотношения организмов

Типы экологических взаимодействий

Конкурентные отношения

Хищничество

Паразитизм





В природе каждый живой организм живет не изолированно. Его окружает множество других представителей живой природы. И все они взаимодействуют друг с другом. Взаимодействия между организмами, а также влияния их на условия жизни представляют собой совокупность биотических факторов среды.

Экологические взаимодействия, как правило, имеют чрезвычайно сложный характер, зависят от многих факторов и по-разному протекают в различных условиях. Это делает их труднопредсказуемыми.

Содержание этой главы ознакомит вас с разнообразными взаимоотношениями организмов различных популяций.

Вы узнаете:

- о различных типах биотических взаимоотношений;
- об особенностях конкурентных отношений и факторах, определяющих исход конкурентной борьбы;
- о роли хищничества и взаимоотношениях между хищником и жертвой;
- о взаимоотношениях между паразитом и хозяином; о значении паразитизма в жизни организмов и распространении заболеваний; о популяциях растений и животных.

3.1. Типы экологических взаимодействий

Условные обозначения. Виды любых организмов, живущих на одной территории и контактирующих друг с другом, вступают в различные отношения между собой. Положение вида при разных формах взаимоотношений обозначается условными знаками. Знак «минус» (–) обозначает неблагоприятное влияние (особи вида испытывают угнетение). Знак «плюс» (+) обозначает благоприятное влияние (особи вида извлекают пользу). Знак «ноль» (0) показывает, что отношения безразличны (отсутствует влияние).

Таким образом, все биотические связи можно разделить на 6 групп: популяции не влияют друг на друга (00); имеют взаимовыгодные связи (++); отношения вредны для обоих видов (--); один из видов получает выгоду, другой испытывает угнетение (+–); один вид получает пользу, другой не испытывает вреда (+0); один вид угнетается, другой не извлекает пользы (–0).

Рассмотрим основные типы экологических взаимодействий (рис. 25).

Типы взаимодействий. В природе часто встречается сожительство двух или более видов, которое в ряде случаев становится необходимым для обоих партнеров. Такое сожительство называют симбиотическим взаимоотношением организмов (от сочетания *сим* — вместе, *био* — жизнь) или *симбиозом*. Термин «симбиоз» является общим, им обозначают сожительство, обязательным условием которого является совместная жизнь, определенная степень сожительства организмов.

Классическим примером симбиоза являются лишайники, представляющие собой тесное взаимовыгодное сожительство грибов и водорослей.

Типичный симбиоз представляют отношения термитов и живущих в их кишечниках одноклеточных — жгутиковых. Эти простейшие производят фермент, разлагающий клетчатку на сахара. Термиты не имеют собственных ферментов для переваривания целлюлозы и без симбионтов погибнут бы. А жгутиковые находят в кишечнике благоприятные условия, способствующие их выживанию. Широко известный пример симбиоза — сожительство зеленых растений (прежде всего деревьев) и грибов.

По степени соединения организмов и по их пищевой зависимости друг от друга различают несколько типов симбиоза: мутуализм, паразитизм, комменсализм.

Тесные взаимовыгодные отношения, при которых присутствие каждого из двух видов-партнеров становится обязательным, называется *мутуализмом* (++) (рис. 26). Таковы, например, взаимоотношения узкоспециализированных к опылению растений (инжир, купальница, дурман, орхидные) с опыляющими их видами насекомых.

Симбиотические взаимоотношения, при которых один вид получает какое-либо преимущество, не принося другому ни вреда, ни пользы, называется *комменсализмом* (+0). Проявления комменсализма разнообразны, поэтому в нем выделяют ряд вариантов.

«Нахлебничество» — потребление остатков пищи хозяина. Таковы, например, взаимоотношения львов и гиен, под-

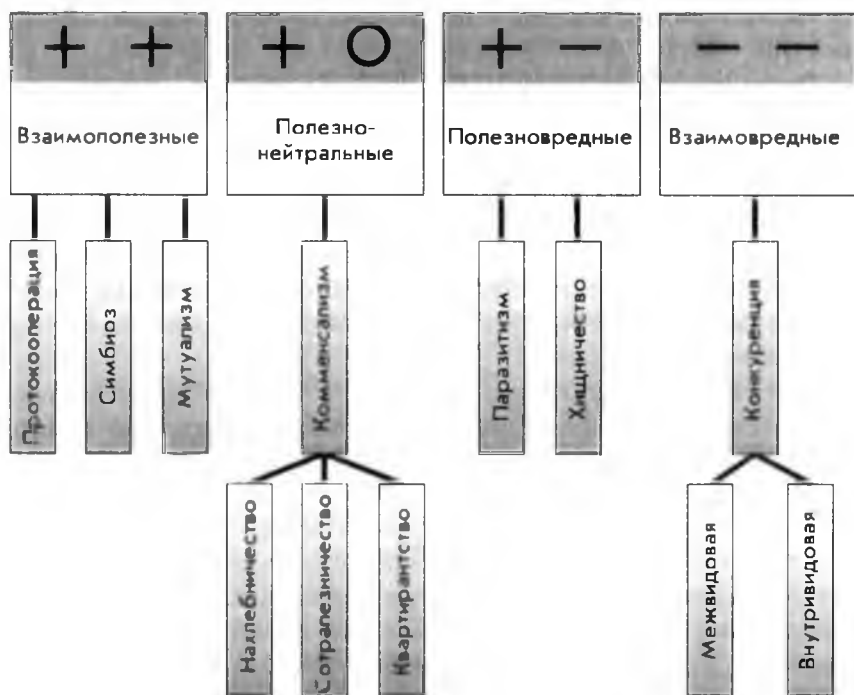


Рис. 25. Основные типы экологических взаимодействий

бирающих остатки недоеденной пищи, или акул с рыбами-прилипалами (рис. 27).

«Сотрапезничество» — потребление разных веществ или частей одной и той же пищи. Пример — взаимоотношения между различными видами почвенных бактерий-сапрофитов, перерабатывающих разные органические вещества из перегнивших растительных остатков, и высшими растениями, которые потребляют образовавшиеся при этом минеральные соли.

«Квартирантство» — использование одними видами других (их тел, их жилищ) в качестве убежища или жилища (рис. 28). Такой тип взаимоотношений широко распространен у растений — примером могут служить лианы и эпифиты (орхидеи, лишайники, мхи), поселяющиеся непосредственно на стволах и ветвях деревьев.

При *паразитизме* (+-) организмы одного вида (паразита) живут за счет питательных веществ или тканей организма другого вида (хозяина). Паразитизм близок к хищничеству, о котором будет сказано ниже, однако в отличие от настоящего хищника паразит не убивает хозяина сразу.



Рис. 26. Пример мутуализма: птицы кормятся паразитами на коже носорога



Рис. 27. Пример «нахлебничества». Рыба-прилипала со своим хозяином — акулой



Рис. 28. Пример «квартиранства». Рыба горчак, откладывающая икру в мантийную полость моллюска

Обычно он использует живого хозяина как место своего временного или постоянного проживания. Паразит изнуряет, но не губит хозяина, поскольку последний обеспечивает его существование. Популяция паразита, как правило, больше популяции хозяина.

В природе встречаются и такие формы взаимоотношений между видами, когда совместное существование не является для них обязательным. Эти взаимоотношения не относятся к симбиотическим, хотя и играют важную роль в существовании организмов.

Примером взаимополезных связей является *протокооперация*

(буквально: первичное сотрудничество) (++), к которой можно отнести распространение муравьями семян некоторых растений леса или опыление пчелами разных луговых растений.

Если два и более вида используют сходные экологические ресурсы и обитают совместно, между ними может возникнуть *конкуренция* (--), или борьба за обладание необходимым ресурсом. Конкуренция происходит там, где экологические ресурсы находятся в недостатке, и между видами неизбежно возникает соперничество. Каждый вид при этом испытывает угнетение, что отрицательно сказывается на росте и выживаемости организмов, на численности их популяций.

Конкуренция чрезвычайно широко распространена в природе. Так, например, растения конкурируют за свет, влагу, питательные вещества почвы и, следовательно, за расширение своей территории. Животные борются за пищевые ресурсы и за убежища (если они в дефиците), то есть в конечном счете также за территорию. Конкурентная борьба ослабевает в местностях с редким населением, представленным малым числом видов: например, в арктических или пустынных областях почти нет конкурентной борьбы растений за свет.

Хищничество (+-) — такой тип взаимоотношений организмов, при котором представители одного вида убивают и поедают представителей другого. Хищничество — одна из форм пищевых отношений.

Для типичного хищника (волка, рыси, норки) характерно охотничье поведение. Но кроме хищников-охотников существует большая группа хищников-собирателей, способ питания которых заключается в простом поиске и сборе добычи. Таковы, например, многие насекомоядные птицы, собирающие пищу на земле, в траве или на деревьях. Хищничество — широко распространенная форма биотических отношений. В качестве ослабленной формы хищничества можно рассматривать паразитизм.

Если два вида не влияют друг на друга, то имеет место *нейтрализм* (00). В природе истинный нейтрализм очень редок, поскольку между всеми видами возможны опосредованные взаимодействия, эффекта которых мы не видим в силу неполноты наших знаний.

Нередко в природе встречаются такие взаимоотношения, которые одновременно несут признаки различных типов. Например, переходными от хищничества к паразитизму являются взаимоотношения между кровососущими — пиявками и их хозяевами.

Все перечисленные выше типы взаимоотношений и их общие характеристики сведены в таблицу «Типы биотических взаимоотношений».

Следует помнить, что типы взаимоотношений конкретной пары видов могут изменяться в зависимости от внешних условий или стадии жизни взаимодействующих организмов. К тому же в природе во взаимоотношения оказывается вовлеченной не пара видов, а гораздо большее число. Межвидовые связи в природе бесконечно разнообразны.



Рис. 29. Хищное растение
росянка

Типы биотических взаимоотношений

	Тип взаимодействия	Вид		Общий характер взаимодействия
		1	2	
1.	Нейтрализм	0	0	Ни одна из популяций не оказывает на другую влияния
2.	Конкуренция	-	-	Опосредованное подавление, возникающее, когда появляется недостаток в каком-либо ресурсе, используемом обоими видами
3.	Амменсализм	-	0	Одна популяция подавляет другую, но сама не испытывает отрицательного влияния
4.	Паразитизм	+	-	Использование организма хозяина в качестве жизненной среды
5.	Хищничество	+	-	Поедание организмов данного вида другим
6.	Комменсализм	+	0	Популяция комменсала получает пользу от объединения с популяцией хозяина, для которого это объединение безразлично
7.	Протокооперация	+	+	Взаимодействие друг с другом полезно для обеих популяций, но не является обязательным
8.	Мутуализм	+	+	Обязательное взаимодействие, полезное для обеих популяций



Нейтрализм. Комменсализм. Симбиоз. Хищничество. Конкуренция. Паразитизм. Мутуализм. Протокооперация.



1. Какие вам известны примеры положительных и отрицательных взаимодействий между организмами разных видов? 2. Что представляют собой лишайники с точки зрения взаимодействий организмов? 3. Что ищут комменсалы во взаимоотношениях с хозяином? 4. Какова главная особенность симбиоза?

3.2. Конкурентные отношения

Типы конкурентных отношений. Конкурентное взаимодействие может касаться территории, пищи, света, убежищ и всех иных видов экологических ресурсов. Исход конкуренции представляет огромный интерес не только для экологов, изучающих процессы формирования состава природных сообществ, но и для эволюционистов, изучающих механизмы естественного отбора.

Для вида, испытывающего конкурентное давление, это означает, что плотность его популяции, а также роль, которую он играет в природном сообществе, снизятся или будут регулироваться под действием конкуренции.

Конкуренция подразделяется на *внутривидовую* и *межвидовую*. Как внутривидовая, так и межвидовая конкуренция может играть большую роль в формировании разнообразия видов и динамике численности организмов.

Внутривидовая конкуренция. Территориальность. Внутривидовая конкуренция — это борьба за одни и те же ресурсы, происходящая между особями одного и того же вида. Это важный фактор саморегуляции численности популяций.

У некоторых организмов под влиянием внутривидовой конкуренции за жизненное пространство сформировался интересный тип поведения — *территориальность*. Она свойственна многим птицам, некоторым рыбам, другим животным.

У птиц территориальность проявляется следующим образом. В начале сезона размножения самец выявляет «свою» территорию (участок обитания) и защищает ее от вторжения самцов того же вида. Заметим, что громкие голоса самцов, которые мы слышим весной, сигнализируют лишь о «праве собственности» на приглянувшийся участок, а вовсе не ставят себе задачу развлекать самку, как это обычно считается.

Самец, строго охраняющий свой участок, имеет больше шансов успешно спариться и построить гнездо, тогда как самец, не способный обеспечить себе территорию, участвовать в размножении не будет. Иногда в охране территории принимает участие и самка. На охраняемой территории нелегкие заботы о гнезде и молоди не будут нарушены присутствием других родительских пар.

Защита территории вовсе не обязательно сопровождается активной борьбой. Громкого пения и угрожающих поз обычно



Рис. 30. Пример внутривидовой конкуренции в еловом лесу

достаточно для того, чтобы прогнать конкурента. Однако если один из партнеров-родителей погибает, его быстро замещает птица из числа еще не обосновавшихся особей. Таким образом, территориальное поведение можно считать регулятором, не допускающим как перенаселения, так и недоселенности.

Яркий пример внутривидовой конкуренции, который каждый мог видеть в лесу, — так называемое самоизреживание у растений. Начинается этот процесс с захвата территории: например, где-нибудь на открытом месте, недалеко от большой ели, дающей множество семян, появляется несколько десятков всходов — небольших елочек. Первая задача выполнена — популяция подросла и захватила территорию, необходимую ей для выживания. Таким образом, территориальность у растений происходит иначе, нежели у животных: участок занимает не отдельная особь, а их группа (часть популяции).

Молодые деревца растут, попутно затеняя и угнетая находящиеся под их кронами травянистые растения (здесь уже межвидовая конкуренция). С течением времени между деревцами появляется неизбежная разница в росте: одни, что послабее, отстают, другие — обгоняют. Поскольку ель — очень светолюбивое растение (ее крона поглощает почти весь падающий свет), то более слабые молодые елочки начинают все больше испытывать затенение со стороны высоких деревьев и постепенно засыхают, отмирают (рис. 30).

В конце концов, через много лет на поляне от сотни елочек остается всего два-три деревца, как наиболее сильные особи из всего поколения. Но зато никаких трав уже нет, корни деревьев раскинулись по всей территории поляны, и ничто не мешает тянуть еще выше к солнцу пышную хвойную крону.

У некоторых видов внутривидовое регулирование начинается задолго до того, как обнаруживается серьезная кон-

курения. Так, высокая плотность животных является фактором угнетения, снижающим скорость воспроизводства этой популяции даже при изобилии пищевых ресурсов. Примеры этого приведены в главе 2.

Внутривидовая конкуренция является важным регулятором, контролирующим рост популяций. Благодаря этой конкуренции возникает определенная зависимость между плотностью популяции и скоростью процессов отмирания (смертность) или размножения (рождаемость) особей. Это, в свою очередь, приводит к возникновению определенной связи между численностью родительских пар и количеством производимого ими потомства. Подобные связи действуют как регуляторы колебаний численности популяций.

Межвидовая конкуренция. Конкуренция между видами чрезвычайно широко распространена в природе и касается практически их всех, поскольку редко какой вид не испытывает хоть небольшого давления со стороны особей иных видов. Однако экология рассматривает межвидовую конкуренцию в конкретном, более узком смысле — только как взаимоотношения видов, занимающих сходную экологическую нишу.

Формы проявления межвидовой конкуренции могут быть весьма разнообразными: от жесткой борьбы до почти мирного сосуществования. Но, как правило, из двух видов с одинаковыми экологическими потребностями один обязательно вытесняет другой.

Приведем несколько примеров конкуренции между экологически близкими видами.

В Европе в поселениях человека серая крыса совершенно вытеснила другой вид того же рода — черную крысу, которая теперь живет в степных и пустынных районах. Серая крыса крупнее, агрессивнее, лучше плавает, поэтому сумела победить. В России, наоборот, сравнительно мелкий рыжий таракан-пруссак начисто вытеснил более крупного черного таракана только потому, что сумел лучше приспособиться к специфическим условиям человеческого жилища.

Всходы ели хорошо развиваются под защитой сосен, берез, осин, но потом, при разрастании еловых крон, всходы этих светолюбивых пород гибнут. Сорняки угнетают культурные растения в результате перехвата почвенной влаги и минеральных питательных веществ, а также в результате затенения и выделения токсических соединений. В Австра-

лии обыкновенная пчела, завезенная из Европы, вытеснила маленькую туземную пчелу, не имеющую жала.

Межвидовую конкуренцию можно продемонстрировать на простых лабораторных опытах. Так, в исследованиях русского ученого Г. Ф. Гаузе культуры двух видов инфузорий-туфелек со сходным характером питания помещали по отдельности и совместно в сосуды с санным настоем. Каждый вид, помещенный отдельно, успешно размножался, достигая оптимальной численности. Однако при совместной жизни численность одного из видов постепенно уменьшалась и его особи исчезали из настоя, в то время как инфузории второго вида сохранились. Был сделан вывод, что длительное совместное существование видов с близкими экологическими требованиями невозможно. Этот вывод получил название — *правило конкурентного исключения*.

В другом опыте исследователи выясняли влияние температуры и влажности на исход межвидовой конкуренции между двумя видами мучных жуков. В сосуды с мукой, содержащиеся при определенном сочетании тепла и влаги, помещали по нескольку особей того и другого видов. Здесь жуки начинали размножаться, но через некоторое время оставались только особи одного вида. Примечательно, что при высоких показателях тепла и влаги победу одерживал один вид, а при низких — другой.

Следовательно, исход конкуренции зависит не только от свойств взаимодействующих видов, но и от условий, в которых происходит конкурентная борьба. В зависимости от условий, складывающихся в конкретном местообитании, победителем конкурентной борьбы может оказываться либо один, либо другой вид.

В ряде случаев это приводит к сосуществованию конкурирующих видов. Ведь тепло и влажность, как и остальные экологические факторы, распределены в природе отнюдь не равномерно. Даже в пределах небольшого участка (леса, поля или иного местообитания) можно обнаружить зоны, различающиеся по микроклимату. В этом разнообразии условий каждый вид осваивает то место, где ему обеспечено выживание.

Основным ресурсом, представляющим собой предмет конкуренции у растительных организмов, является свет. Из двух сходных видов растений, сосуществующих в одном и том же местообитании, преимущества достигает тот вид, который способен раньше выйти в верхний, лучше освещенный ярус. Это-

му могут способствовать, с одной стороны, быстрый рост и раннее достижение облиственности, с другой — наличие длинных черешков и высоко посаженных листьев. Быстрый рост и раннее достижение облиственности дают преимущества в начальный период вегетации, длинные черешки и высоко посаженные листья — на стадии взрослого организма.

Наблюдения за популяциями двух совместно обитающих видов клевера (один из которых имеет преимущества в скорости роста, а другой — в длине черешков листьев) показывают, что в смешанных травостоях каждый вид подавляет развитие другого. Тем не менее и тот и другой оказываются в состоянии завершить жизненный цикл и дать семена, то есть полного вытеснения одного вида другим не происходит. Оба вида, несмотря на сильную конкуренцию за свет, могут сосуществовать. Это происходит благодаря тому, что стадии развития, когда скорость роста этих видов достигает максимума (когда необходимость света особенно высока), не совпадают во времени.

Таким образом, в сообществе совместно уживаются только те конкурирующие виды, которые приспособились хотя бы немного разойтись в экологических требованиях. Так, в африканских саваннах копытные используют пастбищные корма по-разному: зебры обрывают верхушки трав, антилопы гну поедают растения определенных видов, газели выщипывают только нижние травы, а антилопы топи кормятся высокими стеблями.

В нашей стране насекомоядные птицы, кормящиеся на деревьях, избегают конкуренции друг с другом благодаря разному характеру поиска добычи на разных частях дерева.

Конкуренция как экологический фактор. Конкурентные отношения играют чрезвычайно важную роль в формировании видового состава и регуляции численности видов в сообществе.

Ясно, что сильная конкуренция может обнаруживаться только между видами, занимающими сходные экологические ниши. Вспомните, что понятие «экологическая ниша» отражает не столько физическое положение вида в экосистеме, сколько функциональное, характеризующее специализацию («профессию») данных организмов в природе. Поэтому суровая конкуренция может происходить только между родственными видами.

Экологам известно, что организмы, ведущие похожий образ жизни, обладающие сходным строением, не обитают в

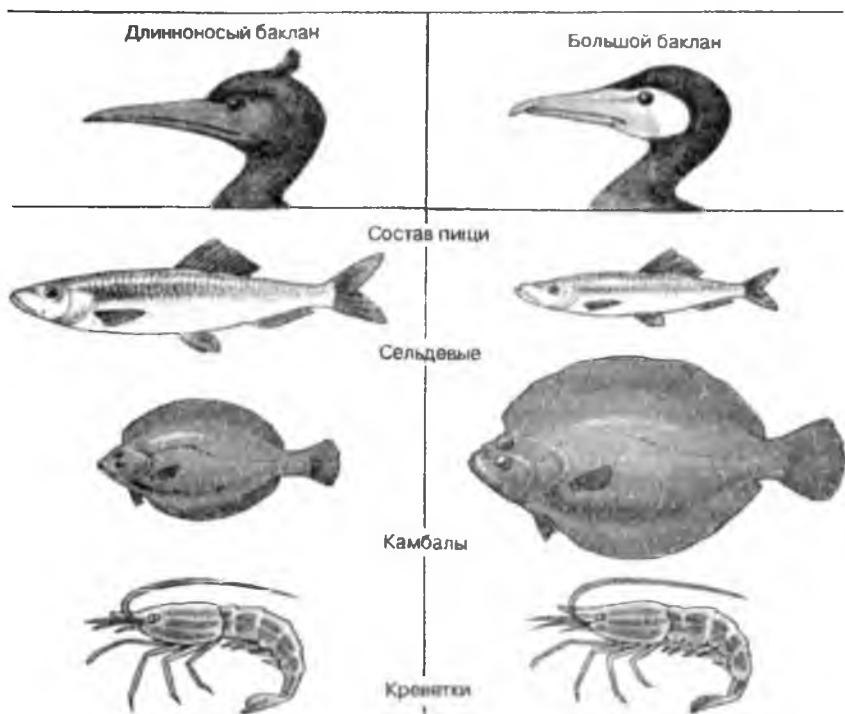


Рис. 31. Состав пищи двух близкородственных видов морских птиц (большого и длинноносого бакланов), живущих в период размножения в одних и тех же местах. Соотношение различных пищевых организмов показано размерами фигур

одних и тех же местах. А если и живут рядом, то используют разные ресурсы и активны в разное время. Их экологические ниши как бы расходятся во времени или в пространстве.

Расхождение экологических ниш при совместном обитании родственных видов хорошо иллюстрирует пример с двумя видами морских рыбацких птиц — большим и длинноносым бакланами (рис. 31), которые обычно кормятся в одних и тех же водах и гнездятся по соседству. Удалось выяснить, что состав пищи этих птиц существенно различается: длинноносый баклан ловит рыбу, плавающую в верхних слоях воды, тогда как большой баклан добывает ее в основном у дна, где преобладают камбалы, донные беспозвоночные, например креветки.

Конкуренция оказывает огромное влияние на распределение близкородственных видов, хотя зачастую об этом свидетельствуют лишь косвенные данные. Виды с очень

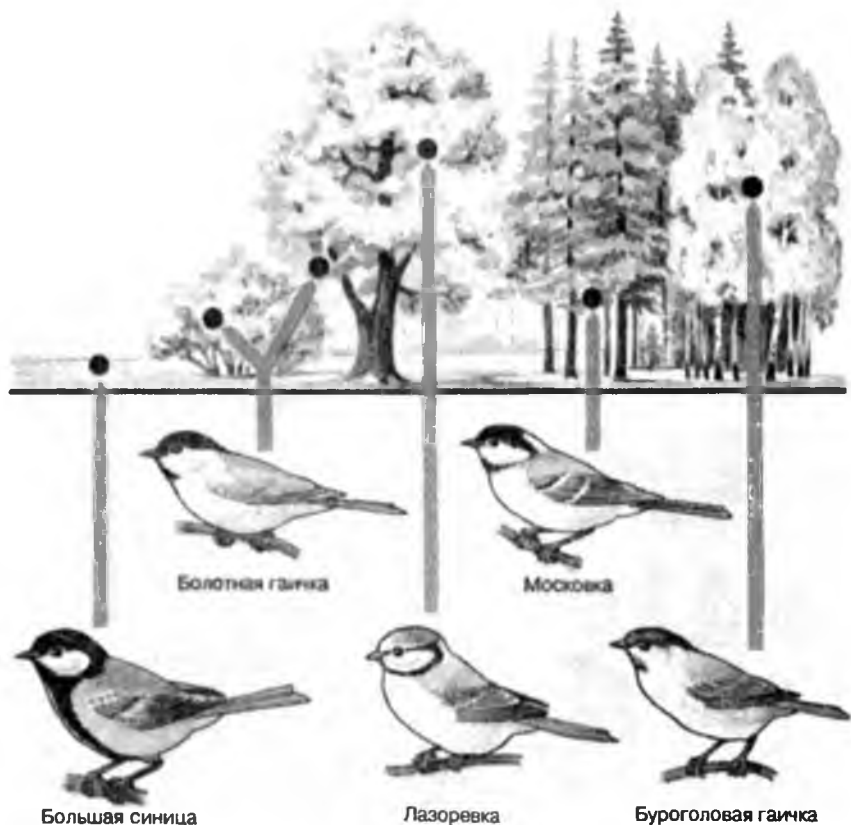


Рис. 32. Пищевые уголья у разных видов синиц

сходными потребностями обитают обычно в разных географических областях или разных местообитаниях в одной и той же области либо избегают конкуренции каким-либо иным образом, например, благодаря различиям в пище или различиям в суточной, а то и в сезонной активности.

Экологическое действие естественного отбора, видимо, направлено на исключение или предотвращение продолжительной конфронтации видов со сходным образом жизни. Экологическое разобщение близкородственных видов закрепляется в ходе эволюции. В Центральной Европе, например, существует пять близких видов синиц, изоляция которых друг от друга обусловлена различиями в местообитаниях, иногда в местах кормежки и размерах добычи. Экологические различия отражаются и в ряде небольших деталей внешнего строения, в частности в изменениях длины и толщины клюва (рис. 32). Из-

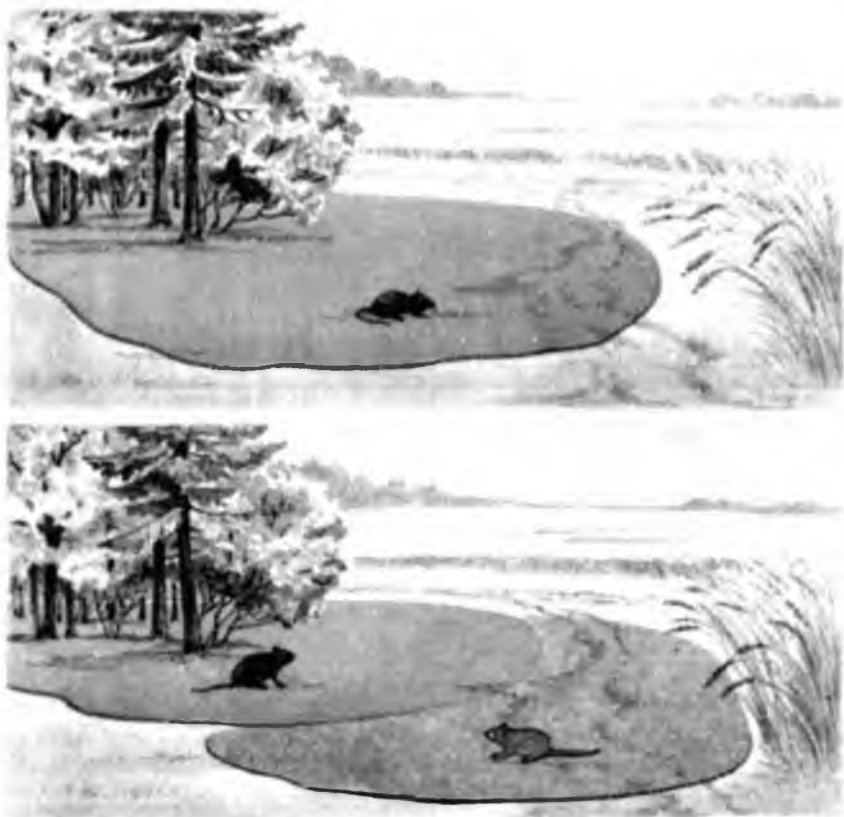


Рис. 33. Разделение мест обитания вследствие конкуренции

менения строения организмов, сопровождающие процессы расхождения их экологических ниш, позволяют говорить о том, что межвидовая конкуренция является одним из важнейших факторов эволюционных преобразований.

Роль конкуренции в разделении местообитаний можно проиллюстрировать простой схемой (рис. 33). Здесь показаны некоторые области обитания, внутри которых может существовать вид. Для простоты такое местообитание выражено в виде области пространства. При наличии конкуренции с близкородственными или экологически сходными видами зона местообитания сокращается до оптимальных границ. То есть вид распространяется в наиболее благоприятных для него зонах, в которых он обладает преимуществами по сравнению со своими конкурентами. Если же меж-

видовая конкуренция выражена слабо, то под влиянием внутривидовой конкуренции популяции данного вида расширяют границы своего местообитания.

Таким образом, межвидовая конкуренция может играть важную роль в формировании облика природного сообщества. Порождая и закрепляя разнообразие организмов, она способствует повышению устойчивости сообществ, более эффективному использованию имеющихся ресурсов.



Внутривидовая конкуренция. Межвидовая конкуренция. Территориальность. Конкурентное вытеснение. Смещение экологических ниш.



1. Чем можно объяснить длительное сосуществование конкурирующих видов в природе? 2. Какие свойства растительных организмов создают им преимущества в конкурентной борьбе? 3. Какой тип конкуренции имеет наибольшее значение в формировании видового состава природных сообществ?

3.3. Хищничество

Хищничество как процесс добывания пищи. Хищничество определяют как способ добывания пищи и питания животных (иногда растений), при котором они ловят, умерщвляют и поедают других животных. Часто хищничеством называют всякое выедание одних организмов другими. Следовательно, к одной из форм хищничества может быть отнесена и растительность. В природе хищнические взаимоотношения широко распространены. От их исхода зависит не только судьба отдельного хищника или его жертвы, но и некоторые важные свойства таких крупных экологических объектов, как биотические сообщества и экосистемы.

Значение хищничества можно понять, лишь рассматривая это явление на уровне популяций. Длительная связь между популяциями хищника и жертвы порождает их взаимозависимость, которая действует подобно регулятору, предотвращая слишком резкие колебания численности или препятствуя накоплению в популяциях ослабленных или больных особей. В ряде случаев хищничество может существенно ослаблять отрицательные последствия межвидовой конкуренции, повышать устойчивость и разнообразие видов в сообществах.

Хищники и человек. Для человека проблема хищничества может стать очень важной в случаях, когда он конкурирует с хищниками за тот или иной вид ресурса, будь то популяции домашних или диких животных. Всем хорошо известна борьба пастухов и оленеводов с волками. С хищничеством вынуждены бороться и рыбоводы, и птицеводы. Селекционеры вывели множество линий устойчивых к пастьбе растений, то есть таких, в листьях и стеблях которых содержатся агенты, отпугивающие травоядных животных.

Длительное время многие страны были местом беспощадной борьбы человека с хищниками. Основным стимулом этой борьбы было вознаграждение, получаемое охотником за убитого хищника. Полного уничтожения хищников, однако, добиться не удалось: оказалось, что по мере снижения численности этих животных работа охотников становилась невыгодной. При низкой плотности преследуемой добычи затраты на ее поиск и отслеживание возрастали настолько, что часто превышали размер премии. Охотник вынужден был переключаться на другой, более выгодный вид добычи. Интересно, что в данном случае он вел себя так же, как и природный хищник, когда плотность популяции жертв снижается и энергетическая стоимость добычи не покрывает затрат на ее поиск, отслеживание и поимку.

Иногда человек сталкивается и с противоположной трудностью: недостаточным числом хищников. Очень высокая численность грызунов или насекомых-вредителей в данной местности может быть связана с отсутствием или малым числом хищников. Человек стремится использовать хищников в борьбе с вредителями. Иногда это приносит хорошие результаты. Пример тому — божья коровка родолия, переселение которой из Австралии помогло уничтожить червеца (насекомого-вредителя), представлявшего в конце прошлого века серьезную угрозу плантациям цитрусовых в некоторых районах Северной Америки.

Адаптация хищников и их жертв в эволюции видов. Интерес человека к проблеме хищничества вызван и тем, что часто он сам ведет себя как типичный хищник. В целях получения сырья он эксплуатирует популяции диких жи-

вотных и растений, что нередко приводит к их полному уничтожению.

Почему же длительные контакты природного хищника и его жертвы не имеют столь катастрофических последствий, несмотря на то, что хищники сами убивают тех особей, которыми они питаются? Ответ на этот вопрос дает изучение эволюционного развития видов.

Установлено, что при длительном совместном существовании взаимодействующих видов животных и растений их изменения протекают согласованно, так, что эволюция одного вида частично зависит от эволюции другого. Такая согласованность в процессах совместного развития организмов разных видов называется *коэволюцией*.

Многие экологи высказывают мнение, что когда взаимодействующие виды претерпевают совместное эволюционное развитие, отрицательные влияния одного из них на другой становятся слабее.

Применительно к популяции хищника и жертвы это означает, что естественный отбор будет действовать в противоположных направлениях. У хищника он будет направлен на увеличение эффективности поиска, ловли и поедания жертвы. А у жертвы — благоприятствовать возникновению таких приспособлений, которые позволят особям избежать их обнаружения, поимки и уничтожения хищником.

По мере того как жертва приобретает опыт избегать врагов, хищники вырабатывают более эффективные приспособления для ее поимки. Иными словами, в эволюции связи между хищником и жертвой жертва действует так, чтобы освободиться от действий хищника, а хищник — чтобы постоянно поддерживать свое влияние на жертву. Это приводит к возникновению разнообразных приспособлений у хищников и у жертв.

Можно вспомнить сложное общественное охотничье поведение волков или львов; длинные липкие языки и точный прицел некоторых рыб, жаб и ящериц; загнутые ядовитые зубы гадюк с аппаратом впрыскивания яда; пауков и их ловчую паутину; глубоководную рыбу-удильщика; змей-удавов, которые душат свою жертву (рис. 34).

Не менее отработанные механизмы избегания опасности имеют жертвы. Это — выставление охраны, крики тревоги, покровительственная окраска, шипы и другие приспособле-

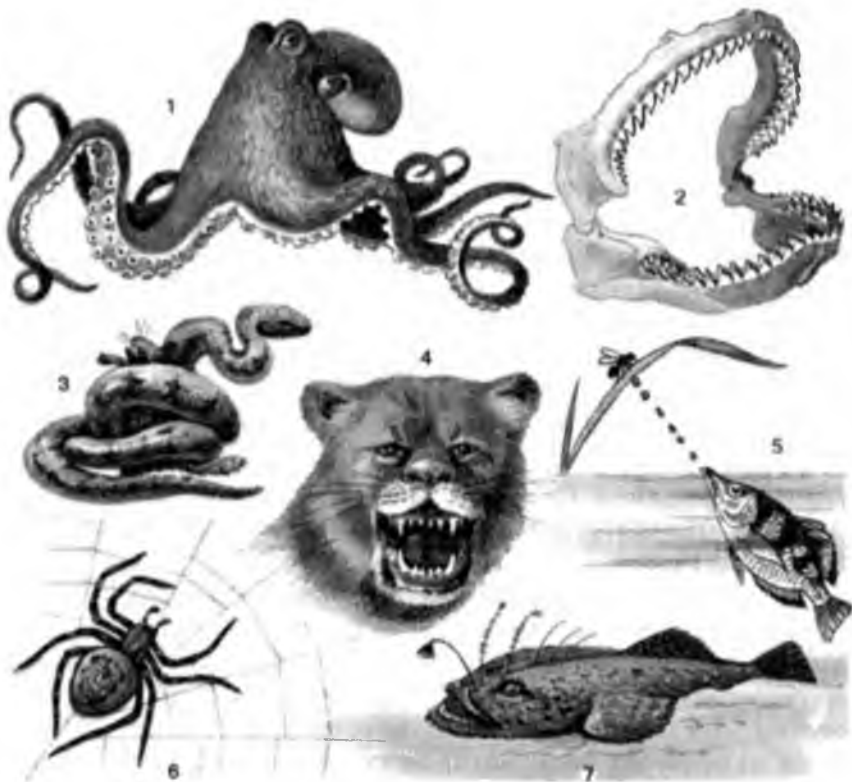


Рис. 34. Приспособление к хищничеству у различных видов животных (обратите внимание на органы ловли и удержания жертвы):

1 — осьминог; 2 — челюсть акулы; 3 — удав; 4 — лев; 5 — рыба-брызгун; 6 — паук-крестовик; 7 — рыба-удильщик

ния. Жертвы многих видов распознают хищника на расстоянии и принимают необходимые меры самосохранения задолго до приближения врага. Такое поведение вынудило многих хищников нападать из засады.

Замечено, что в действиях многих хищников присутствует то, что можно назвать *расчетливостью*. Хищнику, например, невыгодно полное уничтожение всех особей жертвы, и, как правило, этого в природе не случается.

Для расчетливого хищника наилучшей является такая ситуация, когда скорость роста популяции жертв (и соответственно прирост биомассы жертвы, идущей хищнику в пищу) постоянно поддерживается на высоком уровне.

Хищник может добиться этого, уничтожая, в первую очередь, тех особей, которые больны или медленно растут и размножаются. Хищник обычно оставляет особей быстро-растущих, плодовых, выносливых. Часто хищники питаются старыми и дряхлыми особями, которых легче поймать, в то время как более молодым и жизнеспособным удается избежать гибели.

Хищничество — трудоемкий процесс, требующий больших затрат энергии. Например, группа из двух львиц и восьми детенышей проходит за ночь расстояние в несколько километров, даже если самым молодым щенятам всего месяц от роду. Львята при этом испытывают те же лишения, которым подвергаются взрослые животные. Многие из них погибают, в том числе и от голода.

Во время охоты хищники нередко подвергаются опасностям не меньше, чем их жертвы. Крупные кошки при нападении часто гибнут, если это происходит при столкновении львиц со слонами или кабанами. Иногда хищники гибнут от столкновения с другими хищниками в ходе борьбы за добычу.

Но главный враг хищника — время. Только самые быстрые и сильные хищники способны преследовать жертву на большом расстоянии, успешно ловить ее, затрачивая на это минимальное время. Менее проворные не выдерживают конкуренции и обречены на голодную смерть.

Динамика популяций хищника и жертвы. Давно замечено, что пищевые отношения, в том числе хищничество, могут являться причиной регулярных периодических колебаний численности популяций каждого из взаимодействующих видов. Пример таких колебаний, происходящих в результате взаимодействий между растениями, насекомыми (сосновой пяденицей и листовенничной листоверткой) и птицами, рассмотрен в главе 2.

Периодические колебания численности хищника и его жертвы можно наблюдать и в экспериментах. Г. Ф. Гаузе провел эксперименты, в которых роль хищника и жертвы выполняли два вида инфузорий. Когда особей обоих видов помещали в общий сосуд, хищник быстро уничтожал свою жертву. Взаимодействие инфузорий было неустойчивым. Однако при добавлении в пробирку целлюлозы (замедляющей передвижение хищника и жертвы и уменьшающей частоту контактов между ними) в численности и того и другого вида

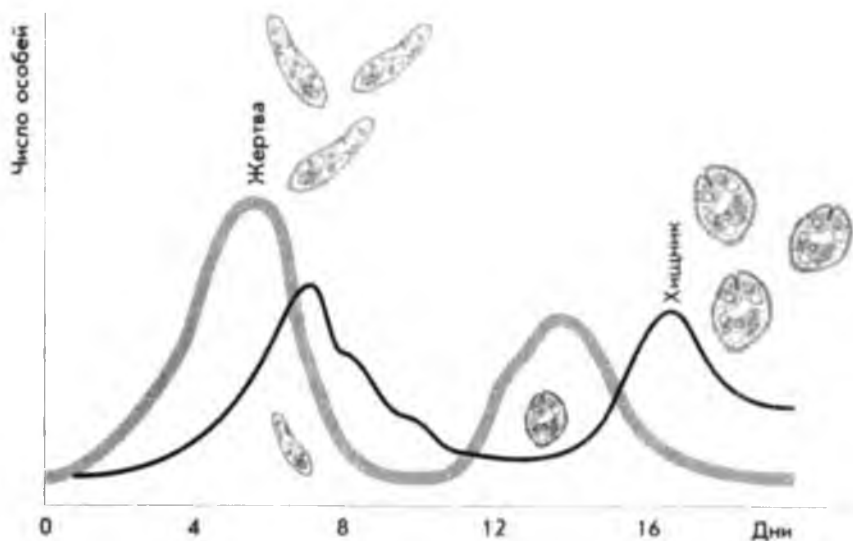


Рис. 35. Изменения численности двух видов инфузорий, связанных взаимоотношениями «хищник — жертва»

начинали происходить циклические колебания (рис. 35). На первых порах хищный вид подавлял рост численности мирного вида, однако впоследствии первый сам начинал испытывать недостаток пищевого ресурса. В результате происходило снижение численности хищника, а следовательно — ослабление его давления на популяцию жертвы. Через некоторое время рост численности жертвы возобновлялся — и ее популяция увеличивалась. Таким образом, вновь возникали благоприятные условия для оставшихся хищников, которые реагировали на это увеличением скорости размножения. Цикл повторялся.

Последующее изучение взаимоотношений в системе «хищник — жертва», проведенное с помощью математических методов, показало, что характер изменений численности и той и другой популяций во многом определяется начальным соотношением их плотностей (рис. 36). Было установлено, что устойчивость существования как популяции хищника, так и популяции жертвы значительно повышается, когда в каждой из популяций действуют механизмы само-

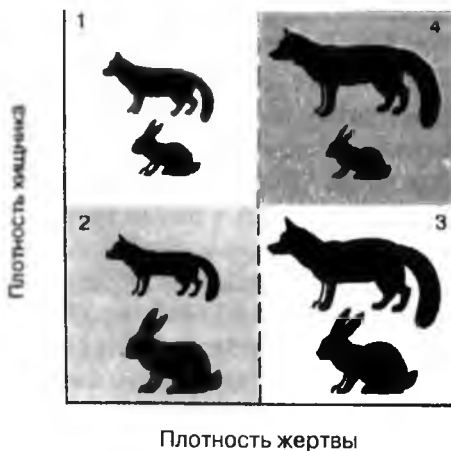


Рис. 36. Изменения численности (показано величиной фигур) хищников и жертв в зависимости от соотношения их начальной плотности: 1 — плотность обеих популяций уменьшается; 2 — плотность жертв возрастает, а хищников снижается; 3 — плотность обеих популяций возрастает; 4 — плотность хищника возрастает, а жертв снижается

ограничения роста численности (например, внутривидовая конкуренция).

Значение хищничества в природе. Является ли воздействие хищника только отрицательным? На этот вопрос можно было бы ответить безусловно «да», если принимать во внимание лишь судьбу конкретного животного, оказавшегося в зубах хищника. Экологов, однако, гораздо больше интересует судьба популяций, а не отдельных организмов.

Так, изучение взаимоотношений между норкой (хищник) и ондатрой (жертва) показало, что преследование норкой ондатры носит неслучайный характер. Жертвами хищника, прежде всего, становятся те животные, которые не в состоянии занять удобные участки обитания, то есть составляют некоторый «биологический резерв» популяции. Хищники уничтожают ту часть популяции, которая по тем или иным причинам оказывается более слабой в соревновании за подходящие территории (вспомните термин «территориальность» и то явление, которое он определяет). Популяция ондатры растет тем быстрее, чем меньше ее плотность. Наиболее энергичные и агрессивные ондатры, по

всей видимости, и занимают самые удобные для жилья норы и активно защищают их.

Хищник, убивая более слабых, действует подобно селекционеру, ведущему отбор семян, дающих наилучшие всходы. Влияние хищника приводит к тому, что обновление популяции жертвы происходит быстрее, ведь быстрый рост ведет к более раннему участию особей в размножении. Одновременно увеличивается потребление жертвами их пищи (быстрый рост может происходить лишь при более интенсивном потреблении пищи). Количество энергии, заключенной в пище и проходящей через популяцию быстрорастущих организмов, также возрастает. Таким образом, воздействие хищников увеличивает поток энергии в экосистеме.

Хищники избирательно уничтожают животных с низкой способностью добывать себе корм, то есть медлительных, хилых, больных особей. Выживают сильные и выносливые. Это относится ко всему животному миру: хищники улучшают (в качественном отношении) популяции жертв. Такую же услугу ондатре оказывает норка, грызунам — хищные птицы, оленям — волки.

Конечно, хищники не являются благодетелями для особей, которых они убивают, но они могут приносить пользу всей популяции жертв в целом. Хищничество является одним из ведущих факторов, определяющих регуляцию численности организмов. Известны случаи, когда человеку становилось трудно управлять популяциями оленей (после уничтожения таких природных хищников, как волки, рыси) хотя, занимаясь охотой, человек сам становится одним из хищников.

Разумеется, в сельскохозяйственных районах необходимо регулировать численность хищников, так как последние могут причинять вред домашнему скоту. Однако в районах, недоступных для охоты, хищники должны быть сохранены для пользы как популяций жертв, так и взаимодействующих с ними растительных сообществ.



Козволюция. Динамика популяций хищника и жертвы.



1. Какие факторы ограничивают воздействие хищника на жертву? 2. В чем состоит положительная роль хищничества? 3. При каких условиях воздействие

хищника может приводить к уничтожению популяции жертв? 4. Каковы отрицательные последствия уничтожения хищников?



Понаблюдайте у домашних хищников (собаки, кошки) их охотничьи инстинкты и приспособления для ловли добычи.

Материал для обсуждения

Конкуренция становится устойчивой (оба вида выживают) при наличии разнообразия внешних условий. Такому же правилу подчиняется и хищничество.

Обсудите, почему так происходит.

3.4. Паразитизм

Признаки паразитизма. Паразитизм в отличие от хищничества характеризуется тремя основными особенностями.

1. Паразит в течение всей своей жизни нападает всего на одну особь (редко — на многих) и поедает только часть вещества своей жертвы (хозяина); паразит причиняет хозяину вред, но очень редко приводит к его быстрой гибели.

2. Паразит обязательно живет (постоянно или временно) в теле или на поверхности тела своего хозяина, поэтому паразиты обычно намного мельче хозяев.

3. Паразит гораздо теснее связан со своим хозяином, чем хищник с жертвой. Это результат естественного отбора и узкой специализации видов.

Ленточные черви, печеночная двуустка, вирус кори, туберкулезная палочка — все это обычные примеры паразитов, которые поражают животных. Можно привести длинный список паразитов, вредящих растениям. К ним нередко относятся сами же растения, грибы и микроорганизмы. Таковы, например, повилика, заразиха, фитофтора, вирус табачной мозаики, головневые и ржавчинные грибы (рис. 37).

Паразитоиды. Некоторых насекомых выделяют в отдельную экологическую группу *паразитоидов*. Взрослые насекомые этой группы ведут свободный образ жизни, но яйца откладывают либо в тело личинки другого насекомого, либо на поверхность его, а иногда — в тело пауков и мокриц (рис. 38). Вылупившиеся из яиц личинки развиваются в теле своего



Рис. 37. Картофель, пораженный фитофторой



Рис. 38. Насекомое-паразитоид наездник, откладывающий яйца в тлю

хозяина, питаясь его тканями. Вначале личинка наносит хозяину незначительный вред, но по мере своего развития она почти целиком съедает его. В конце концов из того, что было когда-то куколкой или личинкой хозяина, появляется взрослое насекомое-паразитоид.

Паразитоиды занимают промежуточное положение между хищниками и паразитами. С хищниками их сближает то, что от их действий хозяин погибает. Однако настоящий хищник непосредственно нападает на свою жертву и питается ею. Нападением паразитоида на жертву (хозяина) является откладывание самкой яйца, хотя в действительности именно личинка, которая вывелась из этого яйца, питается за счет хозяина.

Экологические категории паразитов. Истинный паразитизм характеризуется узкой специализацией видов, поскольку хозяин обеспечивает паразиту и пищу, и микроклимат, и защиту, и местообитание. Чем лучше паразит приспособлен к особенностям организма хозяина, тем успешнее его размножение и развитие потомства. Каждый год миллионы людей гибнут от различных инфекций, становятся инвалидами или калеками в результате заражения паразитами. Если добавить сюда болезни домашних животных, то урон с точки зрения человеческих страданий и экономических потерь становится неисчислимым. Люди, образуя плотные и скученные популя-

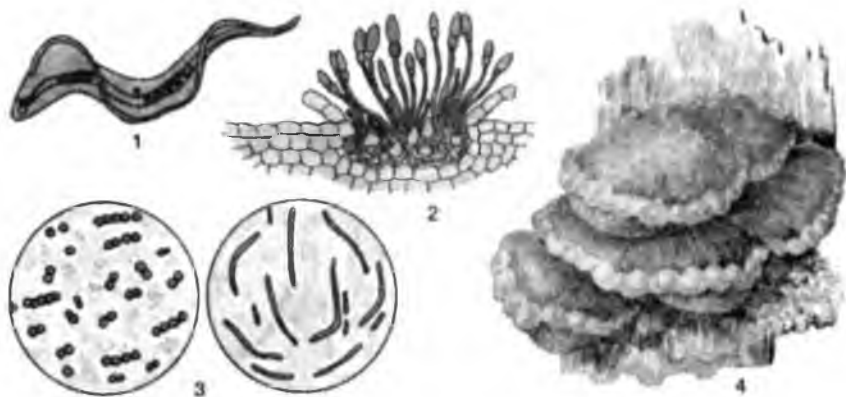


Рис. 39. Микропаразиты: 1 — трипанозома; 3 — бактерии. Макропаразиты: 2 — мучнистая роса; 4 — гриб-трутовик

ции и создавая такие же условия для домашних животных и культурных растений, сами способствуют крайне благоприятной обстановке для паразитарных инфекций.

Даже в дикой природе лишь редкие из свободноживущих видов организмов не поражены хотя бы немногими особями паразитических видов.

Паразитов подразделяют на две основные категории: микропаразитов и макропаразитов. К *микропаразитам* относятся те, которые непосредственно размножаются внутри тела хозяина, обычно внутри клеток. *Макропаразиты* растут в теле хозяина, но размножаются, образуя особые формы, которые покидают хозяина, чтобы заселить нового.

Наиболее известными микропаразитами являются бактерии и вирусы, например возбудители кори и тифа, а также листовой мозаики культурных растений. Другая важная группа микропаразитов, поражающих животных, — это представители простейших, например возбудитель малярии (рис. 39, 40).

Микропаразитов можно разделить на тех, которые передаются от одного хозяина к другому непосредственно, и тех, которые передаются при участии другого вида — *переносчика*.

Непосредственная передача возбудителя болезни бывает почти мгновенной, как это происходит при передаче паразитов, способных короткое время существовать в образующихся при кашле или чихании капельках влаги (грипп, корь и т. д.).

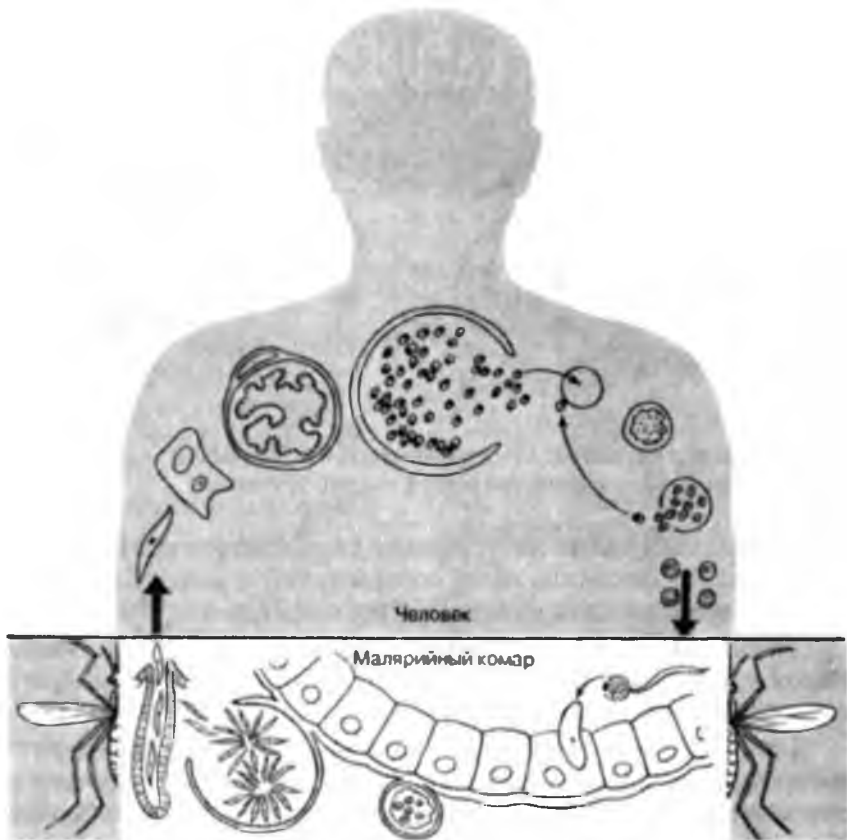


Рис. 40. Жизненный цикл возбудителя малярии. При укусе комара паразит попадает прямо в кровяное русло хозяина. В клетках печени хозяина происходит размножение паразита, после чего его зародыши проникают в эритроциты, делятся и вновь попадают в организм комара. В кишечнике комара происходит половое размножение паразита, после чего возбудитель попадает в слюнные железы комара и цикл может начаться снова

В других случаях паразит продолжительное время находится в покоящейся стадии, «поджидая» нового хозяина, и попадает в него при поглощении им пищи или воды, как это бывает (например, из простейших амеба, вызывающая дизентерию).

Обычное местообитание макропаразитов — различные полости тела. Один из главных макропаразитов животных — глисты, или гельминты, к которым относятся ленточные черви (из типа плоских червей), ряд видов круглых червей. Кро-

ме того, животных поражают вши, блохи, клещи, а также грибы. К макропаразитам растений относятся грибы, вызывающие мучнистую росу, ржавчину, головню и другие виды заболеваний, а также цветковые растения — повилика, заразиха (рис. 41), раффлезия.

Циклы развития и передача паразитов. Некоторые паразиты человека имеют очень сложный жизненный цикл. Ленточные черви, например, во взрослом состоянии живут в кишечнике, поглощая питательные вещества хозяина непосредственно поверхностью своего тела, которое состоит из большого числа постоянно нарастающих члеников (рис. 42). Самые последние из этих члеников, содержащие в себе многочисленные яйца, постепенно отпадают от тела



Рис. 41. Макропаразиты растений: 1 — заразиха; 2 — повилика

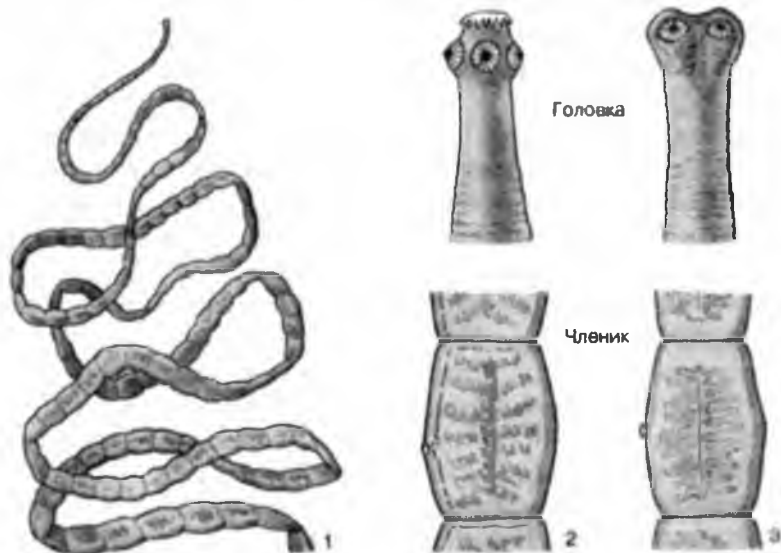


Рис. 42. Ленточные черви: 1 — общий вид; 2 — свиной цепень; 3 — бычий цепень

червя и выводятся из организма хозяина вместе с экскрементами. Для нормального развития личинок яйца должны попасть в организм *промежуточного хозяина* — того животного, в теле которого проходит одна из стадий развития паразита. После этого паразит вновь возвращается (чаще всего с пищей) в организм *основного хозяина* (человека), где происходит его размножение.

Для некоторых видов ленточных червей человек может быть не основным, а промежуточным хозяином, как, например, при заражении эхинококком. Личинки эхинококка, содержащиеся в плохо обработанной свинине, проникнув в ткани различных внутренних органов человека, особенно печени, легких, развиваются до величины огромных пузырей.

Передача паразита от одного хозяина к другому является важнейшей стадией любого паразитарного заболевания. От особенностей передачи во многом зависит скорость распространения возбудителей болезни в популяции хозяина. Когда микропаразиты передаются непосредственно, заражение происходит при физическом контакте между особями хозяина и скорость распространения возбудителя обычно прямо пропорциональна частоте встреч зараженных хозяев с восприимчивыми незараженными. Следовательно, в плотной популяции хозяина скорость всегда будет выше, нежели в разреженной.

Важное значение при этом имеют климатические факторы, оказывающие влияние на устойчивость короткоживущих инфекционных стадий, а также сезонные изменения частоты контактов, играющие важную роль в эпидемиологии — науке, изучающей факторы и характер распространения эпидемий многих заболеваний человека (кори, свинки, ветряной оспы).

Иммунный ответ. Огромное значение в динамике распространения инфекционных болезней имеет иммунный ответ, то есть способность организма хозяина к выздоровлению после заражения, а также образующаяся в ходе борьбы с болезнью «память» организма, способная обеспечить его невосприимчивость к данной инфекции — *иммунитет*. У млекопитающих, в том числе и у человека, иммунитет к некоторым видам инфекций может передаваться даже потомкам.

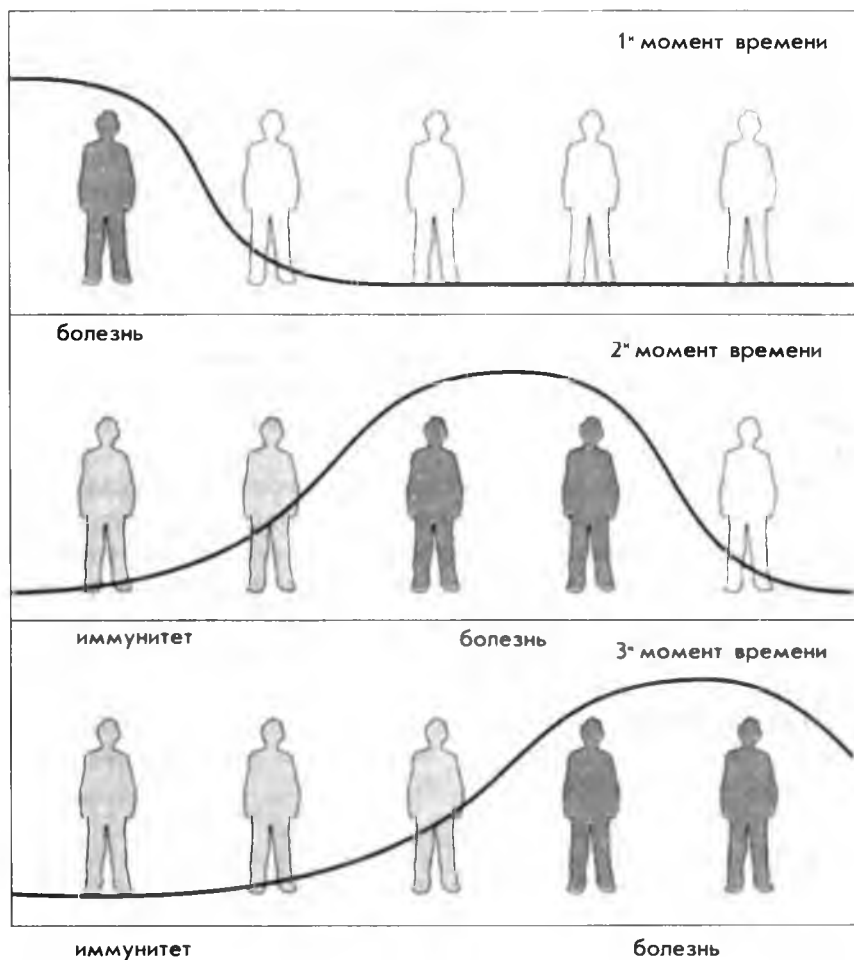


Рис. 43. Распространение инфекционного заболевания в популяции человека

Большинство вирусных и бактериальных заболеваний высших животных — лишь кратковременный эпизод их жизни. Паразиты размножаются в теле хозяина, вызывая мощный иммунный ответ. И напротив, такой ответ на многих макропаразитов и простейших, как правило, довольно непродолжителен. Поэтому заселение ими хозяина обычно устойчиво, причем хозяева подвергаются непрерывному перезаражению.

Популяционная динамика паразитизма. Между динамикой взаимодействия паразита-хозяина и хищника-жертвы много общего. Например, повторяющиеся (циклические) вспышки эпидемии кори и других детских болезней в точности соответствуют колебаниям численности хищника и жертвы. Это сходство определяется тем, что приобретение иммунитета переболевшими особями влияет на популяцию паразитов так же, как снижение плотности популяции жертв на популяцию хищника.

В некоторых случаях, однако, динамика паразитизма может сильно отличаться от динамики хищничества в силу того, что популяция паразита зависит не только от популяции основного хозяина, но и от популяций промежуточных хозяев и переносчиков.

Периодические вспышки заболеваемости, характерные для многих инфекций, в том числе для гриппа и кори, отражают последовательное чередование «высокой частоты заболеваемости», «малой плотности восприимчивых особей», «низкой частоты заболеваемости», «высокой плотности восприимчивых хозяев», снова «высокой частоты заболеваемости» и т. д. (рис. 43).

Приобретение иммунитета уменьшает число восприимчивых организмов. Полный иммунитет означает, что это число становится равным нулю.

Таким образом, типичная картина эпидемии такова. Вначале вся популяция восприимчива к инфекции и заболевание распространяется очень быстро. Иммуитет отсутствует, и каждый заболевший передает инфекцию всем, с кем он вступал в контакт. Однако в дальнейшем скорость распространения заболевания начинает снижаться, так как у заболевших вырабатывается иммунитет. К концу эпидемии популяция либо полностью приобретает иммунитет, либо вымирает. Восприимчивых к инфекции фактически не остается.



Паразитозы. Микроразиты. Макроразиты.
Хозяин основной. Хозяин промежуточный.
Переносчик. Иммуитет.



1. В чем сходство и различие паразитизма и хищничества?
2. Какие факторы способствуют увеличению подверженности паразитам человека и домашних животных?
3. В чем состоит отличие промежуточного

и основного хозяев паразита? Приведите примеры.

4. Чем можно объяснить ежегодные вспышки заболеваемости гриппом? 5. Что такое эпидемия?



Выясните, какую роль играют домашние животные в распространении паразитов человека. Перечислите способы, позволяющие избежать заражения.

Опишите картину распространения заболеваний гриппом в вашей местности. Перечислите меры, способствующие ликвидации эпидемии.

Краткое содержание главы 3

В природных сообществах организмы различных видов животных и растений постоянно взаимодействуют друг с другом. Экологические взаимодействия различаются по характеру и соответственно имеют различные названия, например хищничество, паразитизм, симбиоз, мутуализм, комменсализм, конкуренция.

На экологические взаимодействия влияют многие факторы, и поэтому в зависимости от условий они могут протекать по-разному.

Конкурентные отношения представляют собой один из наиболее важных типов природных биотических взаимодействий. Различают внутривидовую и межвидовую конкуренцию (соревнование, борьбу) за пищу, пространство и другие ресурсы. Одним из проявлений внутривидовой конкуренции является территориальность. Большое влияние на исход конкуренции оказывают внешние факторы и свойства популяций конкурирующих видов. Конкурентные отношения играют важную роль в распространении организмов, в формировании видового состава природных сообществ и повышении их устойчивости.

Важными формами биотических взаимоотношений являются хищничество и паразитизм. Для понимания взаимоотношений между хищником и жертвой необходим популяционный подход. Хищничество, как и конкуренция, может приводить к периодическим колебаниям численности популяций взаимодействующих видов. В некоторых районах хищники могут наносить урон хозяйству человека. Однако

в природе воздействие хищников благотворно, т. к. улучшает состав популяции жертв. Паразиты, нападая на своего хозяина, не приводят его к быстрой гибели. Циклы развития паразитов очень сложны, в передаче заражения могут участвовать многие организмы. Колебания численности популяции паразита и популяции его хозяина подобны колебаниям численности популяций хищника и жертвы.

Внутривидовая и межвидовая конкуренции играют важную роль в формировании структуры природного сообщества. Порождая и закрепляя разнообразие организмов, они способствуют повышению устойчивости сообществ, более эффективному использованию имеющихся ресурсов.



Организация и функционирование сообществ

Сообщество, экосистема, биогеоценоз,
биосфера

Структура сообщества

Потоки энергии и вещества в экосистемах

Пастбищные и детритные цепи

Круговорот веществ в экосистеме

Продуктивность сообщества

Экологическая сукцессия

Сукцессионные изменения. Значение
сукцессии

Биосфера и ее эволюция





Взаимодействие популяций определяет характер функционирования следующего, более высокого уровня организации живого — биотического сообщества, или биоценоза. Под биоценозом понимается биологическая система, представляющая собой совокупность популяций разных видов, сосуществующих в пространстве и времени.

Изучение сообществ ставит целью выяснить, как поддерживается их устойчивое существование и какое влияние оказывают на изменения сообществ биотические взаимодействия и условия среды обитания. В этой главе вам предстоит ознакомиться с понятиями, относящимися к функционированию таких крупных природных систем, как биотическое сообщество, экосистема, биогеоценоз, биосфера. Вы узнаете:

- ◆ о составе и основных свойствах этих экологических объектов;
- ◆ о потоках энергии и круговороте веществ, обеспечивающих функционирование экологических систем, и о роли в этих процессах живых организмов;
- ◆ о закономерностях продуцирования биологического вещества в биоценозах;
- ◆ о направлениях и темпах изменений природных экосистем.

4.1. Сообщество, экосистема, биогеоценоз, биосфера

Сообщество (биоценоз) — совокупность видов животных и растений, длительное время сосуществующих в определенном пространстве и образующих экологическое единство. Как и популяция, сообщество имеет собственные свойства и характеризуется собственными показателями, присущими только ему. *Свойствами* сообщества являются устойчивость (то есть способность противостоять внешним воздействиям), продуктивность (способность производить живое вещество). *Показателями* сообщества являются характеристики его состава (видовое разнообразие, структура пищевой сети), а также соотношение отдельных групп организмов. Одна из главных задач экологии — выяснить взаимосвязи между свойствами и составом сообщества, которые проявляются независимо от того, какие виды входят в него.

Экосистема. Что представляет собой другая экологическая категория — *экосистема*? Это любое сообщество живых существ (биоценоз) вместе с его физической средой обитания (экотопом), функционирующее как единое целое. Примером экосистемы может служить пруд, включающий в себя сообщество гидробионтов (организмов, жизнь которых протекает в воде), физические свойства и химический состав воды, особенности рельефа дна, состав и структуру грунта, взаимодействующий с поверхностью воды атмосферный воздух, солнечную радиацию.

В экосистемах происходит постоянный обмен энергией и веществом между живой и неживой природой. Этот обмен носит устойчивый характер. Элементы живой и неживой природы находятся в постоянном взаимодействии.

Изучение экосистем необходимо для получения знаний о том, как функционируют сообщества, отчего происходят и куда направлены их изменения, какое влияние оказывает жизнь на окружающую ее неживую природу. Экосистема, по сути, это то, что мы называем природой.

Экосистема — понятие очень широкое и применимое как к естественным (например, тундра, океан), так и к искусственным комплексам (например, аквариум). Поэтому для обозначения элементарной природной экосистемы экологи также используют термин *биогеоценоз*.

Биогеоценоз — исторически сложившаяся совокупность живых организмов (биоценоз) и абиотической среды вместе с

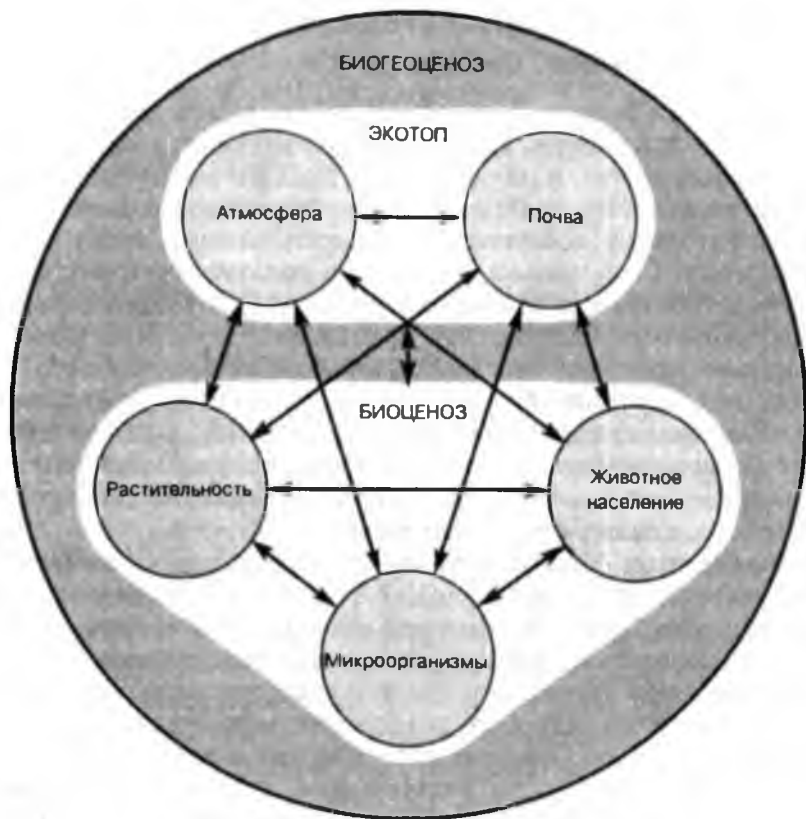


Рис. 44. Схема биогеоценоза

занимаемым ими участком земной поверхности (экотопом). Граница биогеоценоза устанавливается по границе растительного сообщества (фитоценоза) — важнейшего компонента биогеоценоза. Для каждого биогеоценоза характерен свой тип вещественно-энергетического обмена (рис. 44).

Биогеоценоз — составная часть природного ландшафта и элементарная биотерриториальная единица биосферы.

Ландшафт (географический) — достаточно обширный участок земной поверхности, в пределах которого различные компоненты природы (горные породы, рельеф, климат, воды, почвы, растительный и животный мир), взаимосвязанные и взаимообусловленные, составляют одно целое, образуя определенный вид местности. Иными словами, ландшафт — это территория, характеризующая суммой типичных признаков и включающая определенный набор биогеоценозов.

Совокупности природных ландшафтов, сходных по морфологическим, функциональным и экологическим особенностям, образуют *ландшафтные зоны* (тундровую, таежную, пустынную, степную), или *зональные типы ландшафтов*.

Экология рассматривает также *антропогенные типы ландшафтов* (возникшие в результате хозяйственной деятельности человека) — городской, сельскохозяйственный, промышленный и др.

При классификации наземных экосистем обычно используют признаки растительных сообществ (составляющих основу экосистем) и климатические (зональные) признаки. Так, выделяются определенные типы экосистем, например тундра лишайниковая, тундра моховая, лес хвойный (еловый, сосновый), лес лиственный (березняк), лес дождевой (тропический), степь, кустарники (ивняк), болото травянистое, болото сфагновое.

Растительные сообщества (и экосистемы) обычно не имеют резких границ и переходят друг в друга постепенно — в соответствии с изменением условий местообитаний в пространстве и во времени. Однако, учитывая переходные полосы, в большинстве случаев можно достаточно четко установить границы, отделяющие одну экосистему от другой, определить границы биogeоценозов.

Часто в основу классификации природных экосистем кладут характерные экологические признаки местообитаний, выделяя сообщества морских побережий или шельфа, озер или прудов, пойменные или суходольные луга, каменистые или песчаные пустыни, горные леса, эстуарии (устья больших рек) и др.

Все природные экосистемы (биogeоценозы) связаны между собой и вместе образуют *живую оболочку Земли*, которую можно рассматривать как самую большую экосистему. Эта экосистема называется *биосферой*. Речь о биосфере пойдет в заключительном разделе этой главы.



Биотическое сообщество, или биоценоз. Экосистема. Биogeоценоз. Ландшафт. Биосфера.



1. Какие вы знаете сообщества и экосистемы, имеющие более или менее четкие границы? 2. Можно ли считать сообществом все популяции птиц, населяющих лесной массив? 3. Какие абиотические факторы влияют на растительный и животный мир сообщества?



Сделайте описание любого (знакомомого вам по экскурсиям) биогеоценоза или ландшафта. Укажите, какие могут здесь обитать растения и животные.

4.2. Структура сообщества

Структура сообщества — показатель соотношения различных групп организмов, различающихся по систематическому положению; по роли, которую они играют в процессах переноса энергии и вещества; по месту, занимаемому в пространстве, в пищевой (трофической) сети, либо по иному признаку, существенному для понимания закономерностей функционирования естественных экосистем.

Видовая структура. Одним из важнейших показателей структуры сообщества является видовой состав входящих в него организмов. Видовой состав сообщества определяется рядом факторов, важнейшие среди которых: географическое местоположение, определяющее состав флоры и фауны, особенности климата, тип ландшафта и его высота над уровнем моря, водный режим, возраст самого сообщества. В пределах отдельных континентов и климатических

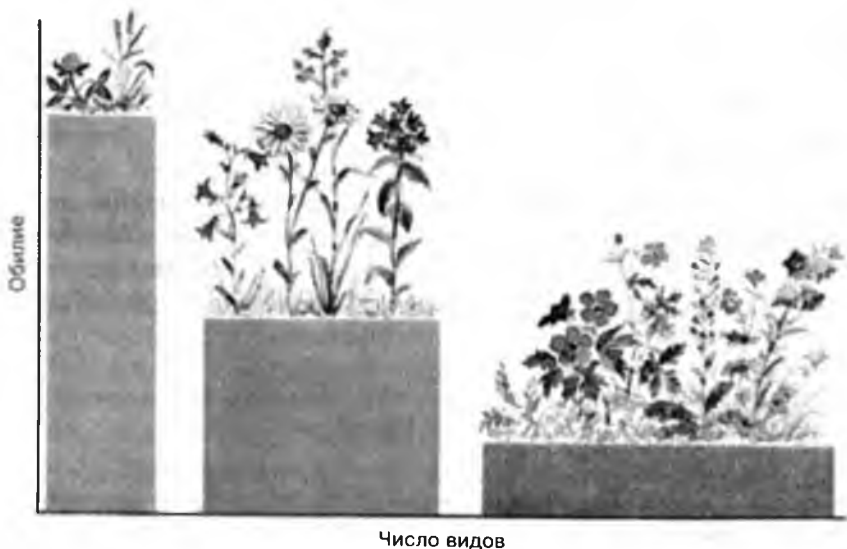


Рис. 45. Соотношения между числом видов и обилием особей в них

зон сходные по видовому составу сообщества формируются в районах, сходных по экологическим условиям.

Между лесами на юге и полярными льдами на севере расположена обширная полоса безлесной местности — зона тундры. Факторами, определяющими состав населения тундры, являются: низкие температуры, короткий сезон вегетации, промерзший (за исключением тонкого слоя — всего несколько сантиметров) грунт. Растительность здесь представлена злаками, осоками, лишайниками, иногда карликовыми деревьями. Животное население представлено птицами (включая перелетных), крупными (северный олень, овцебык) и мелкими (лемминги, полевки) растительноядными млекопитающими, хищниками (белый медведь, волк, песец). Интересно, что небольшие районы тундры со сходным составом жизненных форм (а в ряде случаев и видов) встречаются в высоких горах умеренной зоны и даже тропиков (альпийская тундра).

Много общего в составе населения северных хвойных лесов, вытянувшихся широким поясом через всю Евразию и Северную Америку, в населении степей, предгорий, пустынь, пойменных участков рек, иногда отдаленных друг от друга сотнями и даже тысячами километров.

Долевое участие каждого вида в сообществе различно. В сообществе, как правило, имеется несколько видов, представленных большим числом особей, или большой биомассой, и сравнительно много видов с низкой численностью (рис. 45). Виды с высокой численностью играют значительную роль в жизни сообщества, особенно так называемые *виды-средообразователи*. В лесных экосистемах, например, к ним относятся виды преобладающих древесных растений. От них зависят условия, необходимые для выживания других видов живых существ: трав, насекомых, птиц, зверей, мелких беспозвоночных и микроорганизмов лесной подстилки и др.

В то же время редкие, как правило, стенобионтные виды часто оказываются лучшими *индикаторами* (показателями) состояния сообщества. Это связано с тем, что для поддержания жизни редких видов требуются строго определенные сочетания различных факторов (например, температуры, влажности, состава почв, определенных видов пищевых ресурсов). Поддержание необходимых условий во многом

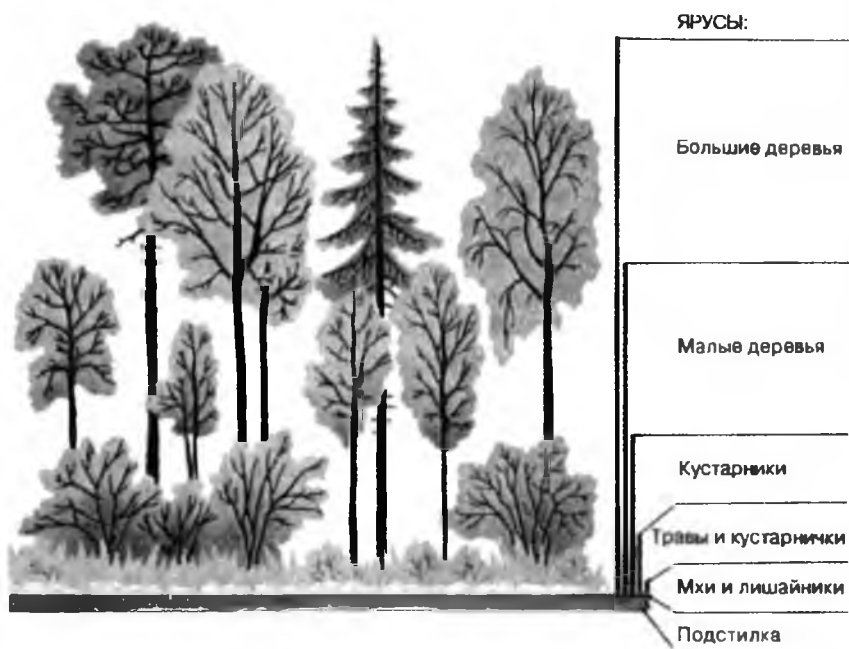


Рис. 46. Ярусность в лесу

зависит от нормального функционирования экосистем, поэтому исчезновение редких видов позволяет сделать вывод о том, что функционирование экосистемы нарушилось.

По обилию видов (их общему числу и соотношению) судят о *видовом богатстве*, или *разнообразии*, сообщества. Видовое разнообразие — признак экологического разнообразия: чем выше богатство среды, тем больше экологических ниш, тем выше разнообразие видов. В разновозрастных смешанных лесах, например, где есть старые дуплистые деревья, сухостой и бурелом, где развиты подлесок и травяной покров, животное население более разнообразно и многочисленно по сравнению с молодыми лесами или лесами с преобладанием лишь одной породы деревьев (ольховые, березовые, липовые и др.).

При ухудшении условий жизни сообщества видовое разнообразие падает, хотя численность оставшихся видов может возрастать. На местах вырубок, например, исчезают черника, кислица, зеленые мхи, но возрастает численность кипрея, верейников, других светолюбивых растений. Одно-

временно возрастает численность насекомых (златки, усачи) и привлекаемых ими дятлов, вертишейек, мухоловок. При снижении видового разнообразия сообщество теряет устойчивость, более заметное воздействие на него оказывают колебания численности отдельных видов. И наоборот, чем выше видовое разнообразие сообщества, тем оно более устойчиво к внешним воздействиям, тем шире возможность его адаптации к постоянно меняющимся условиям жизни.

Морфологическая и пространственная структура. Любые сообщества, независимо от местоположения или состава присутствующих в нем видов, обладают некоторыми признаками, которые существенно облегчают их анализ и сопоставление друг с другом. К таким признакам относят соотношение организмов с определенными типами внешнего строения и пространственную организацию сообщества.

Как вам уже известно из главы 1, определенные типы внешнего строения организмов, возникшие как приспособления к условиям местообитаний, называются *жизненными формами*.

Жизненные формы у растений и животных очень разнообразны. Так, наиболее распространенные жизненные формы растений — деревья, кустарники, травы.

О характерных чертах растительного сообщества, например, можно судить по соотношению присутствующих здесь жизненных форм. Ведь число жизненных форм, входящих в биоценоз организмов, обычно гораздо меньше числа образующих его видов, а преобладание тех или иных форм характеризует общие условия жизни организмов (см. раздел 1.6). Набор жизненных форм, их соотношение определяют *морфологическую* (от греч. *морфе* — форма) *структуру* сообщества. По преобладающим (доминирующим) жизненным формам растительности, например, определяется принадлежность сообщества к тому или иному типу — лесу, лугу.

Разные жизненные формы, сосуществующие в сообществе, как правило, обособлены пространственно. Это выражается в горизонтальном и вертикальном расчленении фитоценоза на отдельные элементы, каждый из которых играет свою роль в накоплении и преобразовании вещества и энергии. Такое расчленение характеризует *пространственную структуру* сообщества.

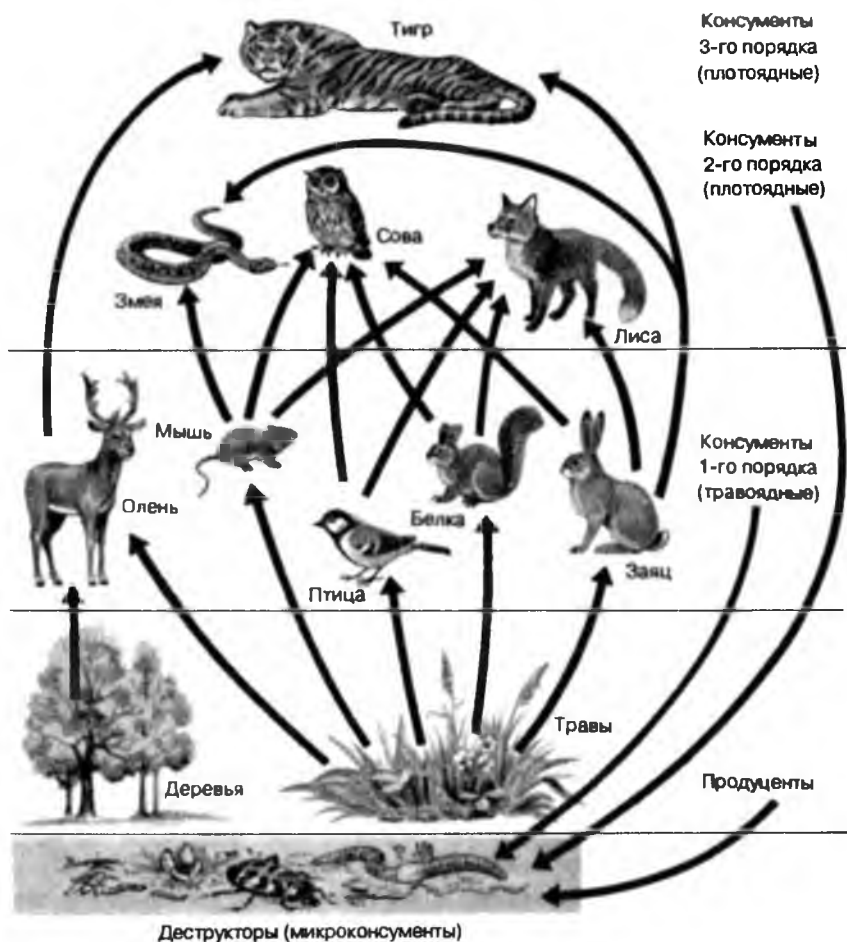


Рис. 47. Пищевая сеть и направление потоков вещества в биоценозе

Любое растительное сообщество, например, разделяется на ярусы — горизонтальные слои, толщи, в которых располагаются надземные или подземные части растений определенных жизненных форм. Ярусность особенно ярко выражена в лесных фитоценозах (рис. 46). Здесь насчитывается обычно пять-шесть ярусов: древесные ярусы (высокие и низкие деревья), кустарниковый (подлесок), травяно-кустарничковый, моховой (или лишайниковый), подстилка (опад листвы). Малоярусные сообщества — луг, степь, болото — имеют по два-три яруса.

Подземная ярусность представляет собой как бы зеркальное отражение надземной: корни наиболее высоких растений (деревьев) проникают глубже всех, корни низких (трав, кустарников) располагаются у поверхности почвы или прямо в подстилке. Наибольшая масса корней находится в верхних слоях почвы.

Животное население биоценоза, связанное с растениями, также распределено по ярусам. Например, микрофауна почвенных животных наиболее богата в подстилке. Достаточно четко приурочены к ярусам определенные группы насекомых. Разные виды птиц строят гнезда и кормятся в разных ярусах — на земле (трясогузка), в кустарниках (малиновка, соловей), в кронах деревьев (грачи, сороки).

По горизонтали сообщество также расчленяется на отдельные элементы — *микрोगруппировки*, расположение которых отражает неоднородность условий жизни. Особенно хорошо это видно в структуре наземного (напочвенного) покрова — в наличии «мозаики» из различных микрोगруппировок растений (например, кочки или куртины трав; светлюбивые травы в «окнах» сомкнутых крон, теневыносливые травы — под кронами деревьев (пятна мхов или голого грунта).

Морфологическая и пространственная структура сообщества является показателем разнообразия условий жизни организмов, богатства и полноты использования ими ресурсов среды. В определенной мере они характеризуют также устойчивость сообществ, то есть их способность противостоять внешним воздействиям.

Трофическая структура. Жизнь любого организма поддерживается благодаря связям с другими живыми существами. Животные, грибы, многие бактерии живут за счет вещества, создаваемого растениями, которые, в свою очередь, нуждаются и в животных, участвующих в опылении и распространении семян, и в микроорганизмах, возвращающих в почву минеральные соли из мертвого опада. Из разнообразных связей между организмами наиболее важное значение имеют пищевые, или *трофические* (от греческого слова *трофо* — питание), *связи*, благодаря которым осуществляется непрерывный вещественно-энергетический обмен между живым и неживым веществом природы.

Схему пищевых связей между организмами сообщества можно представить в виде набора маршрутов, по которым

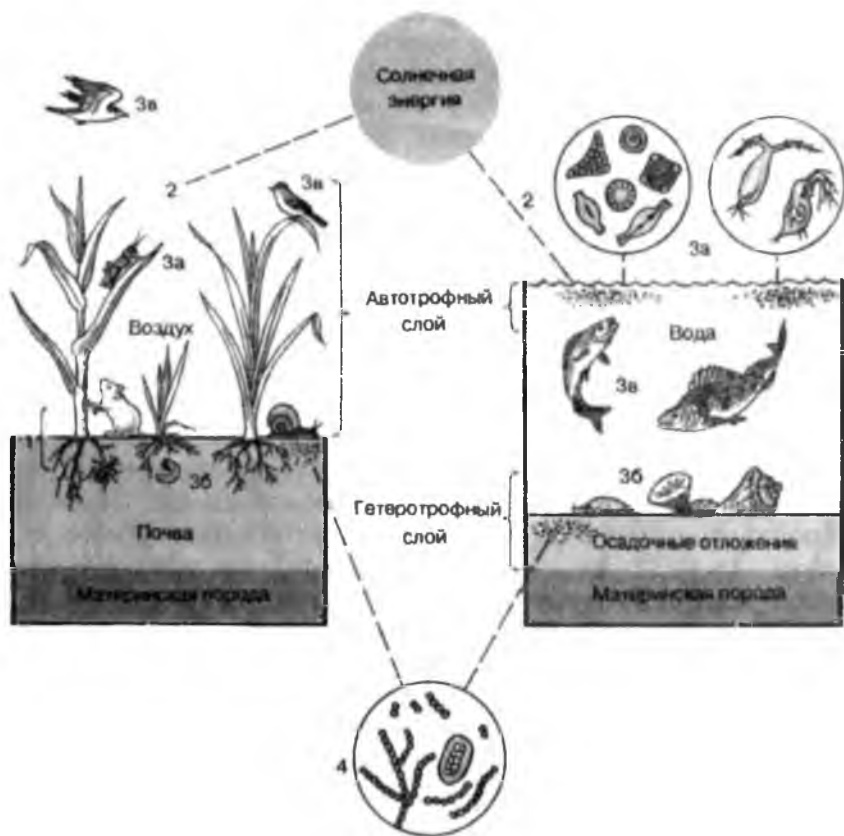


Рис. 48. Общая структура наземной (луговое сообщество) и водной экосистем: 1 — абиотические факторы; 2 — продуценты (растительность на суше и фитопланктон в воде); 3 — макроконсументы, или животные: а — растительноядные, б — питающиеся детритом, в — верховые хищники; 4 — редуценты

вещество и энергия передаются от одного вида организмов к другому (рис. 47). Каждый из этих маршрутов именуется *пищевой цепью*. Простой пример пищевой цепи: растение — растительноядное насекомое — хищное насекомое — насекомоядная птица — хищная птица.

Лишь зеленые растения способны фиксировать световую энергию и использовать в питании простые неорганические вещества. Такие организмы выделяют в самостоятельную группу и называют *автотрофами* (от греческого слова ав-

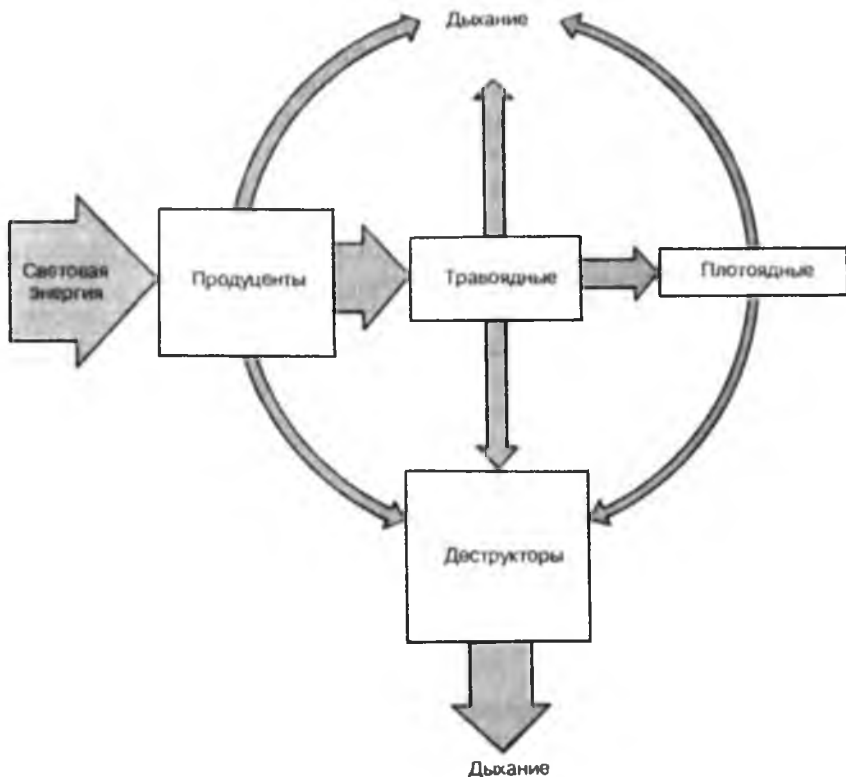


Рис. 49. Схема главных составных частей экосистемы

то — сам и *трофо* — питание, то есть самопитающиеся) или *продуцентами* (производителями). Они являются важнейшей частью сообщества, потому что практически все остальные организмы, входящие в его состав, прямо или косвенно зависят от снабжения веществом и энергией, запасенными растениями. На суше большая часть автотрофов — это крупные растения, тогда как в водоемах их роль берут на себя микроскопические водоросли, парящие в толще воды (фитопланктон).

Все остальные организмы относятся к *гетеротрофам* (от греческого слова *гетерос* — разный), питающимся готовыми органическими веществами. Гетеротрофы разлагают, перестраивают и усваивают сложные органические вещества, созданные первичными продуцентами. Все животные — гетеротрофы. В свою очередь, гетеротрофные орга-

низмы подразделяются на потребителей (*консументов*) и разлагателей (*редуцентов*). Потребители — это, главным образом животные, которые поедают другие организмы (растительные и животные) или измельченные органические вещества. Редуценты представлены, в основном, грибами и бактериями, разлагающими сложные составные компоненты мертвой цитоплазмы, доводя их до простых органических соединений. Интенсивная гетеротрофная деятельность сосредоточена в почве и иле.

Положение организма в пищевой цепи (трофический уровень) характеризуется его удаленностью от основного источника поступающей в сообщество энергии. Автотрофы занимают первый трофический уровень, а гетеротрофы — все последующие трофические уровни: растительоядные организмы — второй, плотоядные — третий, хищники, питающиеся плотоядными животными, — четвертый и т. д.

Рисунок 48 упрощенно передает структуру двух типов сообществ, относящихся к наземной и водной экосистемам. Эти сообщества коренным образом различаются по составу. Однако по трофической структуре они подобны (пояснения в тексте под рисунком).



Видовая структура. Морфологическая структура сообщества. Трофическая структура.

Трофические уровни. Пищевая цепь. Автотрофы.

Гетеротрофы. Продуценты. Консументы. Редуценты.



1. Какие процессы могут отражать изменения видового состава сообщества? 2. Какое значение имеет разнообразие видов в сообществе? 3. Могут ли гетеротрофные организмы находиться в отношениях «хищник — жертва»?

Приведите примеры.



1. Составьте схему трофической структуры водоема (на примере обитателей пруда).

2. Расскажите (по наблюдениям на экскурсии) о жизни животных, обитающих в разных ярусах лесного сообщества.

Материал для обсуждения

Значение биологического разнообразия состоит в том, что наличие организмов с разными требованиями к среде повышает приспособляемость сообщества в целом. Так, редкие в данный момент виды при изменившихся условиях могут

оказаться в выигрышном положении и стать многочисленными, либо наоборот. Таким образом, за счет видового разнообразия сообщество обеспечивает себе как бы резерв выживаемости на случай неожиданных изменений условий жизни.

При изучении разнообразия видов имеют значение размеры организмов: обычно разнообразие больше среди мелких организмов, чем среди крупных. Например, в каком-нибудь лесу можно встретить больше видов мелких клещей, чем крупных млекопитающих. Следует помнить, что общее число видов в сообществах, находящихся в суровых условиях существования (например, в Арктике), сокращается. Сокращение числа видов происходит и при географической изоляции (например, на островах).

Обсудите связь разнообразия видов с устойчивостью сообщества, используя материалы раздела 4.2 и главы 3.

4.3. Потоки энергии и вещества в экосистемах

Обмен веществом и энергией в природе. Любая жизнь требует постоянного притока энергии и вещества. Энергия расходуется на осуществление основных жизненных реакций, вещество идет на построение тел организмов. Существование природных экосистем сопровождается сложными процессами вещественно-энергетического обмена между живой и неживой природой. Процессы зависят не только от состава биотических сообществ, но и от физической среды.

Потоки энергии и вещества рассматриваются в экологии как передача энергии и вещества извне к автотрофам и далее по цепям питания от организмов одного трофического уровня к следующему.

Поток энергии в сообществе — это ее переход от организмов одного уровня к другому в форме химических связей органических соединений (пищи).

Поток вещества — перемещение вещества в форме химических элементов и их соединений от продуцентов к редуцентам и далее через химические реакции, происходящие без участия живых организмов, вновь к продуцентам.

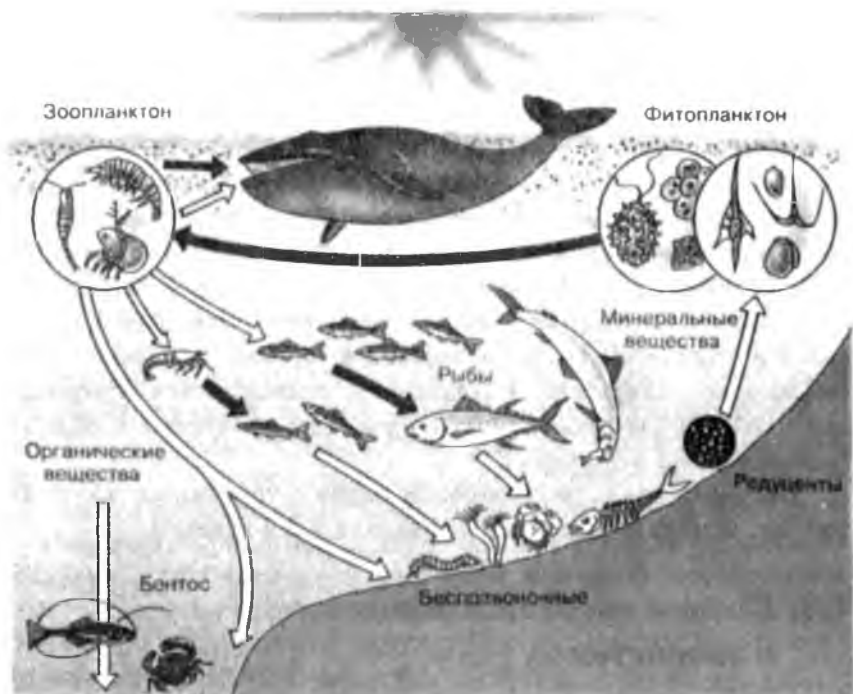


Рис. 50. Перенос вещества по трофическим цепям в океане

Поток вещества происходит по замкнутому циклу, поэтому его и называют круговоротом (рис. 50).

Поток вещества и поток энергии — не тождественные понятия, хотя нередко для измерения потока вещества используются различные энергетические эквиваленты (калории, килокалории, джоули). Отчасти это объясняется тем, что на всех трофических уровнях, за исключением первого, энергия, необходимая для жизнедеятельности организмов, передается в форме вещества потребленной пищи. Лишь растения могут непосредственно использовать для своей жизнедеятельности лучистую энергию Солнца.

Строгое измерение циркулирующего в экосистеме вещества можно получить, учитывая круговорот отдельных химических элементов, прежде всего тех, которые являются основным строительным материалом для цитоплазмы растительных и животных клеток. Подробнее этот вопрос будет рассмотрен в последующих разделах.

В отличие от веществ, которые непрерывно циркулируют по разным блокам экосистемы и всегда могут вновь входить в круговорот, энергия может быть использована только один раз.

Односторонний приток энергии как универсальное явление природы происходит в результате действия законов физики. Один из них гласит, что энергия может переходить из одной формы (например, энергия света) в другую (например, потенциальную энергию пищи), но она никогда не создается вновь и не исчезает.

Согласно другому закону, не может быть ни одного процесса, связанного с превращением энергии, без потери некоторой ее части. В таких превращениях определенное количество энергии рассеивается в недоступную тепловую энергию и, следовательно, теряется. По этой причине не может быть превращений, например, пищевых веществ в вещество, из которого состоит тело организма, идущих со 100-процентной эффективностью.

Существование всех экосистем зависит от постоянного притока энергии, которая необходима всем организмам для поддержания их жизнедеятельности и самовоспроизведения.

Энергия солнечного излучения. Солнце — практически единственный источник всей энергии на Земле. Однако далеко не вся энергия солнечного излучения может усваиваться и использоваться организмами. Лишь около половины обычного солнечного потока, падающего на зеленые растения (то есть на продуценты), поглощается при фотосинтезе, и лишь малая доля поглощенной энергии (от $1/100$ до $1/20$ части) запасается в виде биохимической энергии (энергии пищи). Таким образом, большая часть солнечной энергии теряется в виде тепла на испарение. Поддержание жизни на Земле требует постоянного притока энергии.

Особенности переноса энергии в сообществе. Основным каналом переноса энергии в сообществе является пищевая цепь. По мере удаления от первичного продуцента поток энергии резко ослабевает — количество энергии уменьшается. Это объясняется рядом причин (вспомните содержание главы 3).

1. Перенос энергии с одного уровня на другой никогда не бывает полным, так как не вся энергия, содержащаяся в любом данном виде пищи, бывает доступна хищнику. Часть энергии теряется в процессе преобразования тканей жертвы (при поедании ее хищником) в ткани хищника, а часть во-

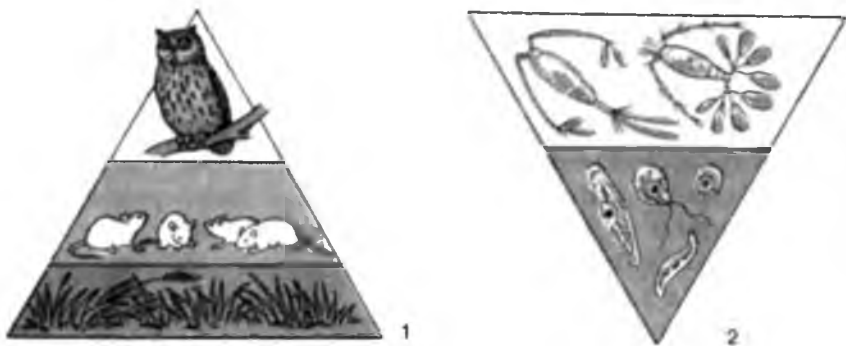


Рис. 51. Пирамиды численности: 1 — прямая, 2 — перевернутая

обще не усваивается организмом хищника и выводится из него с экскрементами.

2. Как мы убедились ранее, устойчивые взаимосвязи между хищниками и жертвами не позволяют первым полностью выедать популяции, за счет которых они существуют. По этой причине эффективность переноса энергии от жертвы к хищнику ослаблена выработанной в процессе эволюции тактикой избегания хищника.

3. Много энергии, полученной с пищей, тратится на работу, которую выполняет животное, перемещаясь, охотясь, строя гнездо или производя иные действия, в результате которых происходит выделение тепла.

Падение количества энергии при переходе с одного трофического уровня на другой (более высокий) определяет число этих уровней и соотношение хищников и жертв. Подсчитано, что на любой данный трофический уровень поступает лишь около 10% (или чуть более) энергии предыдущего уровня. Поэтому общее число трофических уровней редко превышает три-четыре.

Пирамиды численности и биомассы. Большой интерес для экологии представляет не только поток энергии, но и ее общее количество, накопленное в форме живого вещества, на каждом трофическом уровне экосистемы.

Соотношение количества живого вещества на разных уровнях подчиняется в целом тому же правилу, что и соотношение количества поступающей энергии: чем выше уровень, тем ниже общая биомасса и численность составляющих его организмов. Графически это можно изобразить в виде пирамиды (рис. 51). Такие пирамиды (показывающие

разное положение организмов в пищевой цепи) называют *пирамидами численности или биомассы*.

Соотношение численности или биомассы разных групп организмов дает представление об устойчивости сообщества, поскольку численность и биомасса некоторых популяций являются одновременно и показателем жизненного пространства для данного организма и других видов. Например, числом деревьев в лесу определяется не только общий запас заключенной в них биомассы и энергии, но и микроклимат, а также количество убежищ для многих насекомых и птиц.

Пирамиды численности отражают только плотность населения организмов на каждом трофическом уровне, но не скорость самовозобновления (оборота) организмов. Если скорость воспроизводства популяции жертвы высока, то даже при низкой биомассе такая популяция может быть достаточным источником пищи для хищников, имеющих более высокую биомассу, но более низкую скорость воспроизводства.

По этой причине пирамиды численности могут быть перевернутыми, то есть плотность организмов в данный момент времени может быть на более низком трофическом уровне, чем плотность организмов на более высоком трофическом уровне (рис. 51).

Например, перевернутая пирамида численности может быть в том случае, если на одном дереве может жить и кормиться множество насекомых. Перевернутая пирамида биомассы свойственна водным экосистемам, где первичные продуценты (фитопланктонные водоросли) очень быстро делятся, а их потребители (зоопланктонные ракообразные) хотя и крупнее, но имеют длительный цикл воспроизводства.



Поток энергии. Поток вещества. Пирамиды численности и биомассы.



1. Чем объясняется односторонний приток энергии в сообществе? 2. Каковы причины снижения скорости потока энергии по мере удаления от первичного продуцента? 3. В чем отличие пирамид численности от пирамид биомассы энергии? Чем различаются прямая и перевернутая пирамиды численности?



Рассчитайте, пользуясь правилом 10%, долю энергии, поступающей на четвертый трофический уровень, при условии, что ее общее количество на первом уровне составляло 100 единиц.

4.4. Пастбищные и детритные цепи

Энергия может проходить через сообщество разными путями. На рисунке 52 показана обобщенная схема трофической структуры сообщества. Она представляет собой *пищевую цепь всех консументов* (консументную систему) с добавлением еще двух элементов. Это — *мертвое органическое вещество* и *пищевая цепь организмов-разлагателей* (редуцентная система).

Почти во всех экосистемах часть биомассы, производимой растениями, потребляется животными (в том числе паразитами). Условно всех первичных консументов можно считать *растительноядными животными на пастбище*,

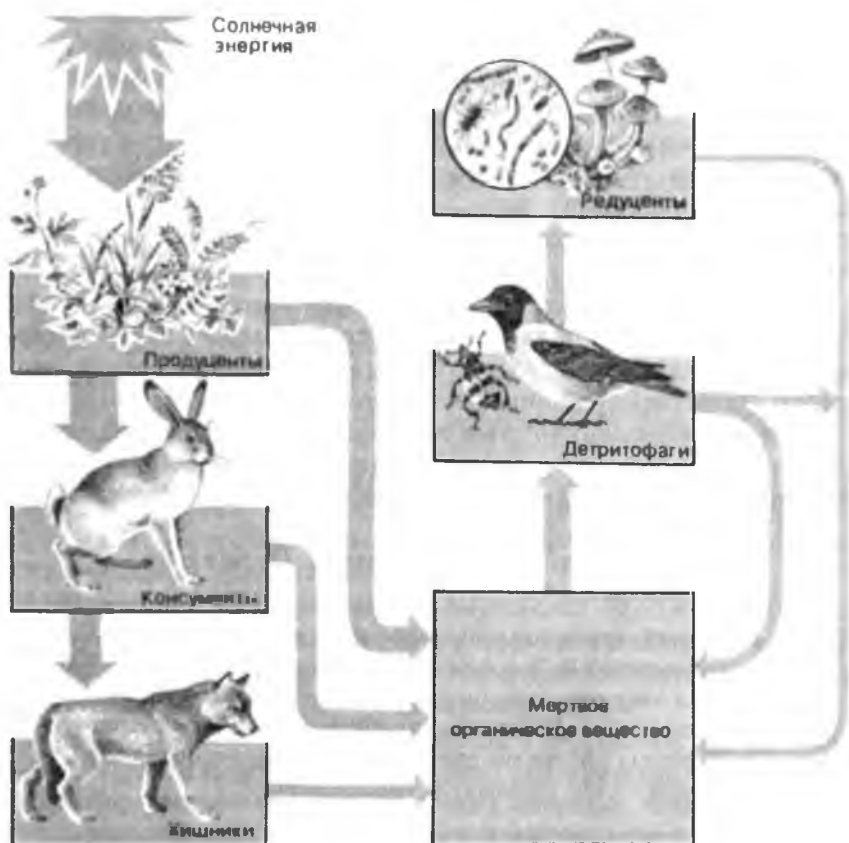


Рис. 52. Обобщенная схема трофической структуры сообщества

независимо от того, будут ли они представлены такими крупными животными, как коровы, овцы или олени, или такими мелкими животными, как ракообразные, живущие в толще воды (зоопланктон), или насекомые.

Поток энергии, идущий от растений через растительно-ядных (пасущихся) животных можно считать *пастбищной пищевой цепью*.

Не использованные консументами остатки потребляемых ими организмов пополняют собой мертвое органическое вещество. Оно состоит из фекалий, содержащих часть неусвоенной пищи, а также трупов животных, остатков растительности (листьев, веток, водорослей) и называется *детритом*.

Поток энергии, берущий начало от мертвого органического вещества и проходящий через систему разлагателей, называют *детритной пищевой цепью*.

Находящиеся в системе редуцентов бактерии, грибы и другие организмы, разрушающие омертвевшие ткани, по своей роли напоминают растительноядных животных консументной системы. Сходным образом микроорганизмы, разлагающие животные останки, могут быть подобны вторичным консументам, или плотоядным. Таким образом, возможные «маршруты энергии» в системах консументов и редуцентов одни и те же. Однако есть и разница между этими системами.

Глубокое различие в функционировании пастбищной и детритной пищевых цепей состоит в том, что в консументной системе фекалии и мертвые организмы теряются, а в редуцентной — нет.

Рано или поздно энергия, заключенная в мертвом органическом веществе, будет *полностью использована разлагателями* и рассеяна в виде тепла при дыхании, даже если для этого ей потребуется несколько раз пройти через систему редуцентов. Исключением являются лишь те случаи, когда местные абиотические условия очень неблагоприятны для процесса разложения (высокая влажность, мерзлота). В этих случаях накапливаются залежи не полностью переработанного высокоэнергетического вещества, превращающиеся со временем и при подходящих условиях в горючие ископаемые — нефть, уголь, торф.

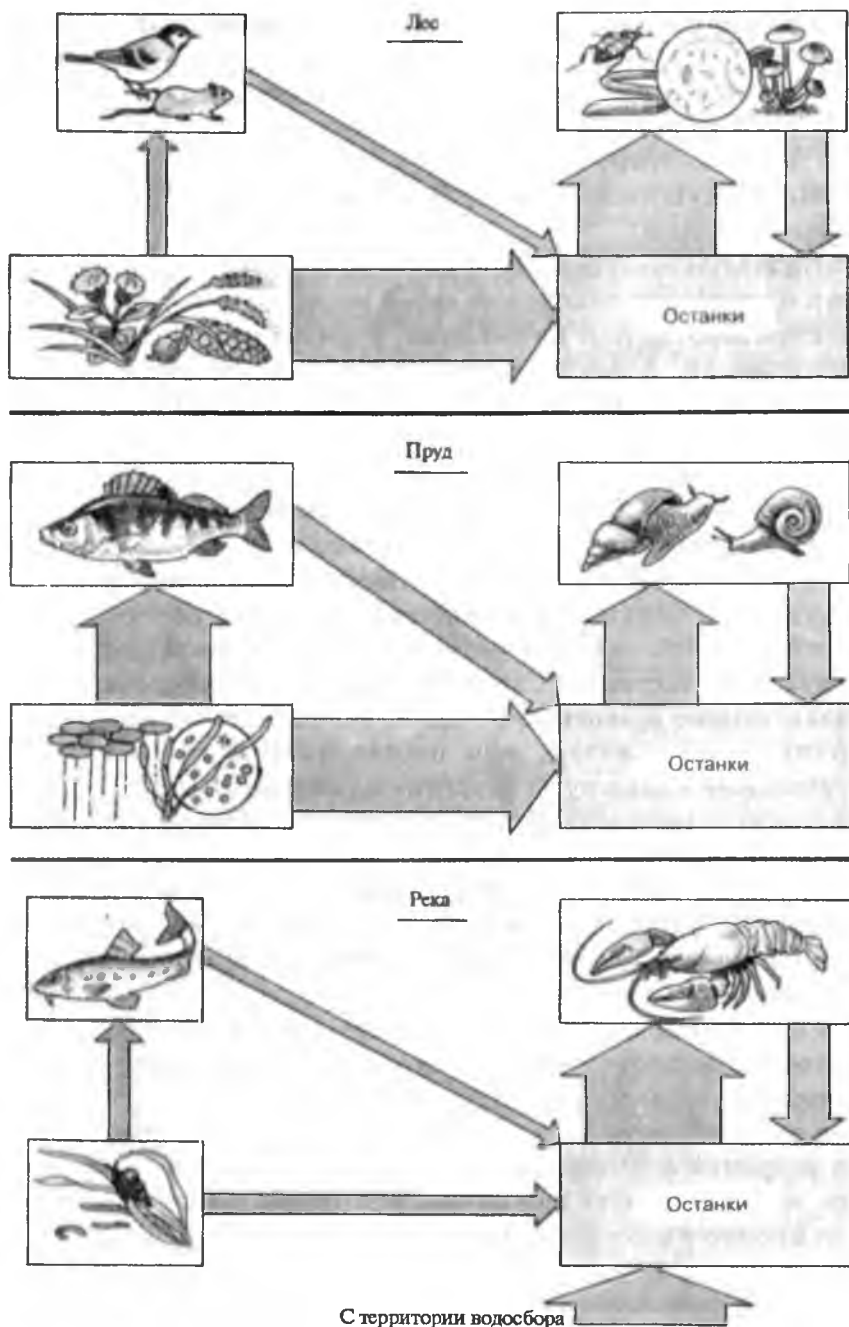


Рис. 53. Распределение потоков энергии в разных экосистемах

Распределение потоков энергии в экосистемах. Теперь рассмотрим схему распределения потоков энергии в разных экосистемах. Обратимся к схеме (рис. 53), на которой изображены потоки энергии в биоценозах леса, пруда и реки. На этой схеме размеры прямоугольников пропорциональны приросту биомассы соответствующих групп организмов; стрелками обозначены потоки энергии.

Как видно, большая часть прироста биомассы, создаваемой гетеротрофными организмами, в любом из сообществ приходится на систему редуцентов. Роль консументной системы наиболее важна в планктонных сообществах, где значительная доля биомассы, производимой растениями (главным образом планктонными водорослями), может потребляться в живом виде и усваиваться гетеротрофами с высокой эффективностью.

В наземных сообществах значение консументной системы меньше из-за низкой эффективности потребления и усвоения пищи растительноядными организмами.

В небольших речках консументы почти отсутствуют, поскольку здесь очень мала биомасса автотрофов (фитопланктона). Энергетическая база этих сообществ представлена детритом, то есть образующимся на суше мертвым органическим веществом, которое падает, смывается или сдувается в водоем. Такой тип сообщества называют *гетеротрофным* (питающимся извне).

Очень похожий тип имеет трофическая структура придонных глубоководных сообществ, где фотосинтез отсутствует (нет света) и организмы получают энергию из мертвого фитопланктона, бактерий и животных, оседающих из верхнего — *автотрофного сообщества*. Океаническое дно — аналог лесной подстилки под непроницаемым для света пологом.



Мертвое органическое вещество — детрит. Пищевые цепи пастбищные и детритные. Гетеротрофные и автотрофные сообщества.



1. В чем состоят основные различия между консументной и редуцентной системами? 2. В каких сообществах организмы редуцентной системы играют основную роль в переносе энергии?



Приведите примеры названий организмов, относящихся к пастбищной и к детритной пищевым цепям.

4.5. Круговорот веществ в экосистеме

Целостность природных экосистем особенно отчетливо проявляется при рассмотрении циркулирующих в них потоков вещества.

Как уже было сказано, на всем значительном протяжении пути вещества и энергии в сообществах совпадают. Однако по своей сути энергия не может передаваться по замкнутому кругу. Она доступна для живых организмов в форме солнечной радиации, которая может быть связана в процессе фотосинтеза. Расходуясь затем в виде химической энергии, она теряется, превращаясь в бесполезное тепло. Вещество же может передаваться по замкнутым циклам, многократно циркулируя между организмами и окружающей средой.

Круговороты биогенных элементов. Круговые движения химических элементов (то есть веществ) называются *биогеохимическими круговоротами* или *циклами* (*био* относится к живым организмам, а *geo* — к почве, воздуху, воде на земной поверхности).

Необходимые для жизни элементы и растворенные соли условно называют биогенными элементами (дающими жизнь), то есть питательными веществами. Среди биогенных элементов различают две группы: *макротрофные вещества* и *микротрофные вещества*.

Макротрофные вещества охватывают элементы, которые составляют химическую основу тканей живых организмов. Сюда относятся: углерод, водород, кислород, азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера.

Микротрофные вещества включают в себя элементы и их соединения, также необходимые для существования живых систем, но в исключительно малых количествах. Такие вещества часто называют микроэлементами. Это железо, марганец, медь, цинк, бор, натрий, молибден, хлор, ванадий и кобальт. Хотя микротрофные элементы необходимы для организмов в очень малых количествах, их недостаток может сильно ограничивать продуктивность так же, как и нехватка биогенных элементов.

Циркуляция биогенных элементов сопровождается обычно их химическими превращениями. Нитратный азот, например, может превращаться в белковый, затем переходить в мочевины, превращаться в аммиак и вновь синтезировать-

ся в нитратную форму под влиянием микроорганизмов. В процессах денитрификации и фиксации азота принимают участие различные механизмы, как биологические, так и химические. (О циркуляции азота см. в главе 5.)

В отличие от энергии (идущей потоком только в одном направлении) биогенные элементы могут использоваться неоднократно: круговорот (цикл) — их характерная черта. Другое отличие от энергии состоит в том, что запасы биогенных элементов непостоянны. Процесс связывания некоторой их части в виде живой биомассы снижает количество, остающееся в среде экосистемы. И если бы растения и другие организмы, в конечном счете, не разлагались бы, запас биогенов исчерпался бы и жизнь на Земле прекратилась. Отсюда можно сделать вывод, что *активность гетеротрофов, и в первую очередь организмов, функционирующих в детритных цепях, — решающий фактор сохранения круговорота биогенных элементов и образования продукции.*

Примером масштабности процесса переноса вещества может служить биогеохимический круговорот углерода. Естественным источником углерода, используемого растениями для синтеза органического вещества, служит углекислый газ (диоксид углерода), входящий в состав атмосферы или находящийся в растворенном состоянии в воде. В процессе фотосинтеза углекислый газ превращается в органическое вещество, служащее пищей животным. Дыхание, брожение и сгорание топлива возвращают углекислый газ в атмосферу.

Запасы углерода в атмосфере оцениваются в 700 млрд т, а в гидросфере — в 50 000 млрд т. Согласно расчетам за год, в результате фотосинтеза прирост растительной массы на суше и в воде составляет соответственно 30 и 150 млрд т. Продолжительность одного полного круговорота углерода составляет около 300 лет.

Круговорот фосфора (рис. 54) — один из наиболее простых в природе. Основные запасы фосфора содержатся в различных горных породах, которые постепенно (в результате разрушения и эрозии) отдают свои фосфаты наземным экосистемам. Фосфаты потребляются растениями и используются ими для синтеза органических веществ. При разложении трупов животных (в результате деятельности микроорганизмов) фосфаты возвращаются в почву и затем снова используются растениями. Помимо этого, часть фосфатов

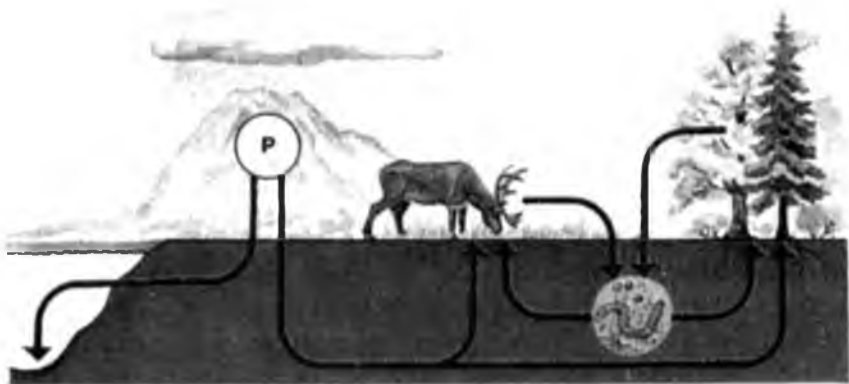


Рис. 54. Круговорот фосфора в природе

выносятся водотоками в море. Это обеспечивает развитие фитопланктона и всех, зависящих от него, пищевых цепей. Часть фосфора, содержащаяся в морской воде, может вновь вернуться на сушу в виде фекалий животных.

Известны организмы, которые могут играть важную роль в круговороте фосфора. Например, некоторые двустворчатые моллюски, засасывая и фильтруя воду, извлекают оттуда мелкие организмы и детрит. Это помогает моллюскам захватывать и удерживать большое количество фосфора в прибрежной экосистеме.

Несмотря на то, что роль моллюсков в пищевых цепях прибрежных морских сообществ невелика (они характеризуются невысокой биомассой и низкой пищевой ценностью), эти организмы имеют первостепенное значение как фактор, позволяющий сохранить плодородие той зоны моря, где они обитают.



Биогеохимический круговорот (цикл). Микротрофные и макротрофные вещества. Микроэлементы. Биогенные вещества. Круговорот веществ в экосистеме.



1. Какие типы организмов играют основную роль в поддержании круговоротов биогенных элементов?
2. Существует ли строгая связь между биомассой, вида и его значением в поддержании функционирования сообщества?

4.6. Продуктивность сообщества

Продуцирование (создание) биомассы. Важным функциональным показателем сообщества является его способность к *продуцированию* (создание, наращивание) *биомассы* (органического вещества). Это свойство лежит в основе понятия *продуктивность*, сходного по смыслу с понятием плодородия, которое используется по отношению к сельскохозяйственным или иным экосистемам, чья деятельность подчинена потребностям человека (например, звероводство, рыбоводство, лесоразведение).

Прирост биомассы сообщества выражают суммарным приростом биомассы его отдельных элементов (автотрофного и гетеротрофного компонентов, отдельных трофических уровней, популяций). Скорость продуцирования (нарастания, создания) биомассы в экосистеме определяют специальным экологическим показателем — биологической *продукцией*.

В популяции продукция — это общая (суммарная) величина приращения биомассы в конкретный период времени. Продукция трофического уровня (сообщества) — это суммарная продукция всех популяций, занимающих этот уровень.

Основные закономерности продукции. Собственно продуцирование, или синтез нового биологического вещества, происходит за счет роста организмов и рождения новых особей. И тот и другой процессы требуют определенных затрат энергии и вещества.

Автотрофы (растения) получают эти ресурсы, используя свободную энергию солнечного излучения и запасы минеральных веществ. Ресурсом гетеротрофов являются организмы предшествующих трофических уровней.

Продуцирование в природе — непрерывный процесс. Общий прирост биомассы, или *общая продукция* за тот или иной период времени, складывается не только из приростов массы выживших организмов, но и погибших в течение этого интервала времени, ибо эти особи тоже росли и тем самым участвовали в формировании продукции сообщества.

Фактическое наращивание биомассы, или *чистая продукция*, всегда меньше общей энергии, полученной организмами с пищей, так как некоторая ее часть теряется при отмирании организмов или расходуется на выполняемую ими работу. В экологии эти расходы называют *дыханием*.

В сообществе, сохраняющем устойчивое состояние, общая продукция данного трофического уровня должна покрывать пищевые потребности организмов следующего уровня. В противном случае общий запас биологического вещества данного трофического уровня будет неуклонно снижаться из-за выедания.

Как и энергия, продукция резко убывает при переходе от низших трофических уровней к высшим.

Количество продукции чаще всего выражают в энергетических эквивалентах (например, в джоулях или калориях на 1 м^2 за одни сутки) или в количестве массы сухого (обезвоженного) органического вещества (например, в килограммах на 1 га за один год).

Первичной продукцией называют продуцирование (образование) биомассы первичными продуцентами (растениями). *Чистая первичная продукция* (фактический прирост массы растений) всегда меньше общей энергии, фиксированной в процессе фотосинтеза. Именно первичная продукция растений является доступной для потребления гетеротрофными организмами (бактериями, грибами и животными).

Вторичной продукцией называют продуцирование (образование) биомассы гетеротрофами.

Продуктивность характеризует плодородие экосистем. Поэтому ее изучение — крайне важное направление экологических исследований. В течение 10 лет (с 1964-го по 1974 г.) во всем мире проводился согласованный сбор данных о продуктивности экосистем и влияющих на нее факторах. Это исследование проходило в рамках Международной биологической программы, которая должна была стать «биологической основой продуктивности и человеческого благосостояния».

Обоснованные научные сведения о продуктивности суши, пресных и соленых вод потребовались в связи с проблемой быстрого роста народонаселения и необходимостью скорейшего решения проблемы по выработке рациональной системы управления природными биологическими ресурсами.

Мировое распределение биомассы и первичной продукции. Общая биомасса живого вещества составляет, по разным расчетам, от 1800 до 2500 млрд т (в среднем около 2000 млрд т). Более 90% приходится на биомассу наземных растений (фитомас-

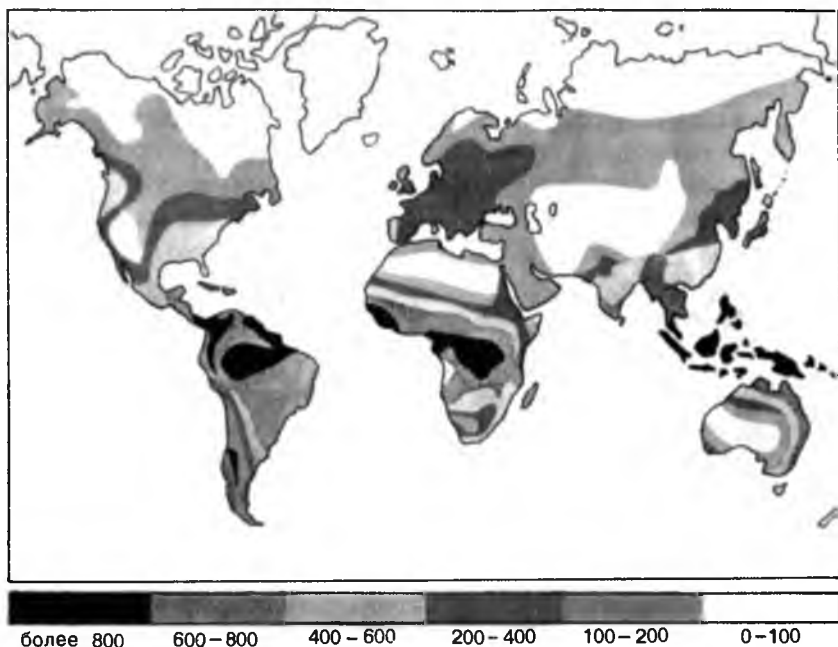


Рис. 55. Первичная продуктивность на суше (в граммах сухого вещества на 1 м^2 за год)

су), остальное — на водную растительность и гетеротрофные организмы. Таким образом, основная роль в живом веществе Земли принадлежит растениям суши (рис. 55).

Географическое распределение автотрофных организмов крайне неравномерно: оно зависит от количества тепла и влаги. Так, главные запасы фитомассы приходятся на тропические области (более 55%), где они достигают 650 т/га. В полярных и пустынных областях запасы фитомассы составляют всего 12%, обычно не превышая 12 т/га.

Биомасса гетеротрофных организмов суши, главным образом — животных (зоомасса), во много раз меньше биомассы растений. В разных биогеоценозах зоомасса составляет от 0,05 до 5% (в среднем 23%) всей биомассы. При этом наиболее высока биомасса почвенных микроорганизмов и беспозвоночных, а доля наземных позвоночных в общей зоомассе — всего от 0,2 до 4% (то есть в сотни раз меньше).

Составляя незначительную долю биомассы, животные суши, тем не менее, играют существенную роль в регулирова-

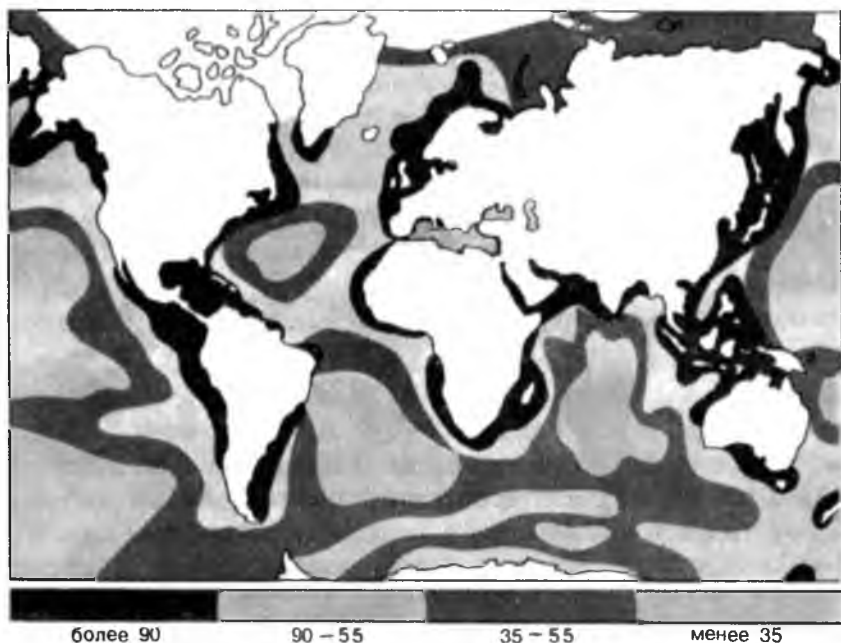


Рис. 56. Первичная продуктивность Мирового океана (в граммах сухого вещества м^2 за год)

нии процессов, происходящих в отдельных биогеоценозах и биосфере в целом. Например, стаи саранчи или стада антилоп уничтожают растительность на больших площадях. Земляные черви играют огромную роль в почвообразовании, значительно повышая плодородие почвы.

Биомасса Мирового океана существенно меньше, чем биомасса суши (в несколько сотен раз!), причем здесь наблюдается обратное соотношение запасов биомассы растений и животных. Фитомасса (водоросли и фитопланктон) составляет всего около 0,2—0,3 млрд т, в то время как зоомасса достигает 5—6 млрд т (в 20 раз больше).

Количество фитомассы океана ограничивается количеством *питательных, или биогенных, веществ* (то есть элементов, дающих жизнь). Максимум фитомассы достигается в умеренном поясе, где происходит интенсивное перемешивание вод с выносом питательных веществ на поверхность. Зоны океана вблизи берегов особенно насыщены жизнью, что объясняется притоком питательных веществ с континентов (рис. 56).

Важнейшей характеристикой живого вещества, кроме биомассы, является биологическая продуктивность. Общая годовая продукция наземной растительности оценивается приблизительно в 180—200 млрд т. Основная доля ее приходится на тропический пояс. Годовая продукция фитомассы океана составляет около 50—100 млрд т. Таким образом, хотя океан занимает более $2/3$ поверхности земного шара, он дает только $1/3$ всей продукции биосферы.



Продуктивность. Продукция чистая, первичная, вторичная.



1. Будет ли сохраняться устойчивость сообщества, если продукция данного трофического уровня превысит пищевые потребности организмов следующего уровня? Какие процессы могут происходить в этих случаях?
2. Будет ли сохраняться неизменной величина популяции, если хищник за год выедает биомассу, равную по величине ее общей годовой продукции?



Чистая продукция луговой растительности составляет около $1 \text{ г на } 1 \text{ м}^2$ в сутки. Сколько корма для домашних животных может заготовить крестьянин с площади 1 га после второго укоса, если первый производился один месяц тому назад?

Материал для обсуждения

В океане основными продуцентами биомассы являются одноклеточные растительные организмы — фитопланктон. Они обладают большой скоростью воспроизводства, поэтому их годовая продукция в десятки и сотни раз превышает за нас их фитомассы. Не вся первичная продукция быстро вовлекается в цепи питания, поэтому накопление фитомассы незначительно. В то же время в океане происходит накопление зоомассы. Значит, здесь пирамида биомасс имеет перевернутый вид по сравнению с сушей.

Объясните, какое значение в природе имеют эти закономерности.

4.7. Экологическая сукцессия

Смена сообществ. Если прекратить возделывать когда-то отвоеванное у леса пахотное поле, то лес, ранее занимавший эту территорию, вновь вернется сюда. Однако прежде на

этом месте возникнет ряд сообществ, которые, сменяя друг друга, подготовят дорогу лесу. Эти сменяющие друг друга сообщества можно уподобить стадиям развития, через которые проходят многие организмы до того, как достигнут зрелости.

Сообщества изменяются во времени. Изменяется их видовой состав, обилие тех или иных групп организмов, трофическая структура, продуктивность и все остальные показатели. Подобные изменения происходят долго и совсем по другим причинам, чем сезонные изменения обилия организмов, которые происходят, когда особи завершают свои жизненные циклы.

Нам предстоит рассмотреть внесезонный процесс, который представляет собой определенную последовательность появления и исчезновения популяций разных видов в данном местообитании. Этот процесс носит название *экологическая сукцессия* (от лат. *сукцессион* — наследие, смена поколений, последовательность) и является закономерным. *Сукцессия управляется самим сообществом и не зависит от местоположения или видовой принадлежности составляющих его организмов.*

Равновесие в сообществе. Для того чтобы понять природу экологической сукцессии, представим себе сообщество, в котором валовая, то есть суммарная, продукция автотрофов в энергетическом выражении точно соответствует энергозатратам, идущим на обеспечение жизнедеятельности составляющих его организмов. Как уже говорилось, в экологии суммарные энергозатраты называются *общим дыханием сообщества*. Такое сообщество подобно заводу, в котором затраты на производство в точности равны стоимости получаемой продукции.

Ясно, что в этом идеальном случае не могут происходить ни накопления биомассы, ни ее потеря. Поэтому биомасса организмов в такой системе остается постоянной, а сама система неизменной, или *равновесной*: процессы продуцирования уравниваются процессами дыхания.

Можно представить себе различные типы равновесия в сообществе.

Первый тип характерен для замкнутого сообщества: сюда не поступает никакая дополнительная продукция, а собственная продукция сообщества целиком остается внутри

его. Равновесие здесь подобно рассмотренному выше случаю.

Второй тип равновесия характерен для некоторых экосистем текучей воды. Здесь органическое вещество возникает не только в результате функционирования автотрофов, но и от притока извне. Равновесие второго типа означает, что «общее дыхание» равно валовой продукции самого сообщества, дополненной поступлением органического вещества извне. Третий тип равновесия свойствен для сельскохозяйственных экосистем, где происходит постоянное изъятие части продукции. Поэтому в таких экосистемах равновесие достигается в том случае, когда «общее дыхание» равно той величине продукции, которая остается в системе после выноса ее части.

Если «общее дыхание» меньше валовой первичной продукции, в экосистеме будет происходить накопление органического вещества, если больше — его исчезновение. И то и другое будет приводить к изменениям сообщества. При избытке ресурса всегда найдутся виды, которые смогут его освоить. При недостатке ресурса часть видов вымрет. Такие изменения и составляют сущность экологической сукцессии. *Главная особенность этого процесса состоит в том, что изменения сообщества всегда происходят в направлении к равновесному состоянию.*

Автотрофная и гетеротрофная сукцессии. Развитие леса на оставленном поле является примером сукцессии, происходящей в ясно выраженном автотрофном состоянии, ибо в первый момент появляются автотрофные организмы. Такая сукцессия носит название *автотрофной*. Видовой состав организмов меняется год от года, а в сообществе идет накопление органического вещества.

Автотрофная сукцессия представляет собой широко распространенное в природе явление, которое начинается в незаселенной среде и характеризуется ранним и длительным преобладанием автотрофных организмов.

Примером сукцессии другого типа является река, загрязненная большим количеством органических отходов (представим, что на берегу такой реки построена и действует свиноферма). Избыточное органическое вещество в этом случае начинает активно использоваться гетеротрофами. При этом оно потребляется быстрее, чем создается, то есть происхо-

дит постоянное убывание органического вещества. Это — *гетеротрофная сукцессия*.

Гетеротрофная сукцессия характеризуется начальным преобладанием гетеротрофных организмов и встречается в тех случаях, когда среда перенасыщена органическим веществом. Энергетические запасы здесь поначалу максимальны и снижаются по мере сукцессии, если, конечно, не вносится дополнительное органическое вещество.

Поток энергии, проходящий через сообщество, в ходе гетеротрофной сукцессии падает. Она завершается после того, как исчерпан излишек органического вещества. В противоположность этому при автотрофном типе сукцессии поток энергии может даже возрастать.

Стадии сукцессии. Каждая стадия сукцессии представляет собой определенное сообщество с преобладанием тех или иных видов и жизненных форм. Отдельные стадии сукцессии называют *сериальными стадиями*. Они сменяют друг друга, пока не наступит состояние *устойчивого равновесия*.

Сукцессия, которая начинается на обезжизненном месте (например, на вновь образовавшейся песчаной дюне), называется *первичной сукцессией*. А сообщества, которые развиваются на месте уже существовавшего ранее сформированного сообщества, составляют *вторичную сукцессию*.

Как пример первичной сукцессии можно назвать поселение накипных и листовых лишайников на камнях. Под действием выделений лишайников каменистый субстрат постепенно превращается в подобие почвы, где поселяются уже кустистые лишайники, зеленые мхи, затем травы и другие высокоорганизованные растения.

Примером вторичной сукцессии являются изменения, происходящие после раскорчевки и запашки площадей, занятых прежде лесом (если, конечно, распаханый участок оставлен и впоследствии не обрабатывался), или после порубки леса, устройства пруда и т. п.

Надо сказать, что скорость изменений при вторичной сукцессии гораздо выше, чем при первичной. Это объясняется тем, что первичное сообщество оставляет после себя достаточное количество питательных веществ, развитую почву, что значительно ускоряет рост и развитие новых поселенцев.

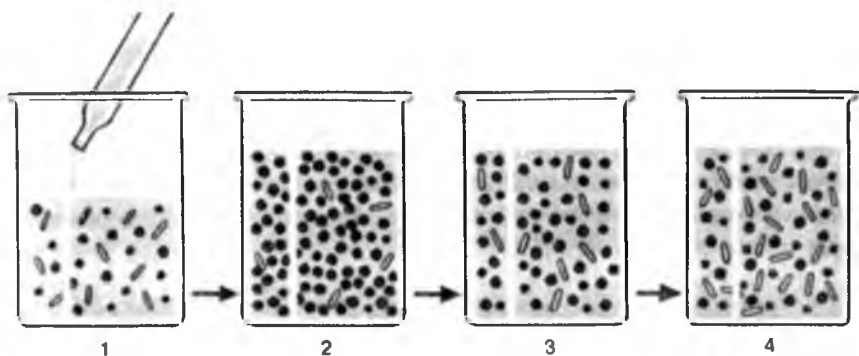


Рис. 57. Опыт, иллюстрирующий экологическую сукцессию

Простая модель сукцессии. На рисунке 57 изображен опыт по изучению очень простой экологической сукцессии, которую можно воспроизвести в лаборатории. В общих чертах происходящие здесь изменения совпадают с теми, которые встречаются в природной сукцессии.

В опыте используются банки с культурами, представляющими собой планктонные сообщества (различные виды плавающих водорослей и их потребителей — коловраток, жгутиковых). В первой банке (слева) находится старое и относительно стабильное сообщество. Состояние сообщества в этой банке соответствует равновесному. Иными словами, большая часть энергии, поступающей в сообщество, тратится не на прирост новой биомассы (не на продукцию), а на дыхание организмов («общее дыхание» сообщества).

Если прибавить свежую культуральную среду (содержащую неорганические питательные вещества) к старой культуре, экологическая система придет в движение. Во второй банке показана начальная стадия сукцессии — в ней видовое разнообразие начинает снижаться. При повышении питательности среды господство захватывают один или два вида водорослей. Рост их популяций и вытеснение других происходит из-за высокой способности выдерживать конкуренцию.

Такая же картина наблюдается и в естественных водах при наличии там сходных условий. Так как водоросли содержат в себе большое количество хлорофилла, общая первичная продуктивность сообщества резко возрастает, и продукция начинает превышать «общее дыхание». Иными сло-

вами, на начальной стадии сукцессии автотрофность значительно превышает гетеротрофность.

Две банки в правой стороне рисунка показывают постепенное возвращение к устойчивому равновесному состоянию сообщества. Старение культур сопровождается развитием гетеротрофных организмов, которые стремятся наиболее эффективно использовать образовавшуюся первичную продукцию.



Сукцессия первичная, вторичная, автотрофная, гетеротрофная. Равновесие сообщества. Сериальные стадии сукцессии.



1. Возможно ли равновесие в сообществе, где «общее дыхание» организмов не равно по величине валовой продукции? 2. В чем состоит главная особенность и направление сукцессионных изменений? 3. При каких типах сукцессии поток энергии в экосистеме падает?



Приходилось ли вам наблюдать сукцессионные изменения в природе? Расскажите о своих наблюдениях.

4.8. Сукцессионные изменения.

Значение сукцессии

Саморазвитие сообщества. Итак, в ходе сукцессии облик сообщества постоянно меняется. Меняется и функционирование экосистемы. Как уже отмечалось, сукцессия — это закономерный и направленный процесс, поэтому общие изменения, происходящие на той или иной ее стадии, свойственны любому сообществу и не зависят от его видового состава или географического местоположения. В качестве главных или основных можно назвать следующие четыре типа сукцессионных изменений.

1. Виды растений и животных в процессе сукцессии непрерывно сменяются. На рисунке 58 схематично показана картина изменений состава растительного сообщества в ходе вторичной сукцессии на покинутом земельном участке. Такая же или сходная картина будет наблюдаться при рассмотрении не автотрофных, а гетеротрофных организмов, например птиц или травоядных зверей.

2. Изменение видового состава часто определяется конкуренцией. Ведь происходящие в ходе сукцессии изменения

экосистемы создают благоприятные условия для колонизации сообщества новыми видами. По этой причине сукцессионные изменения всегда сопровождаются повышением видового разнообразия организмов.

3. Увеличение биомассы органического вещества как в водной, так и в наземной среде. Разлагающееся органическое вещество, или гумус, состоящее из остатков детрита и микроорганизмов, накапливается по ходу сукцессии.

4. Изменение состоит в снижении чистой продукции сообщества и повышении его «общего дыхания». Это наиболее важное явление сукцессии. На ранних стадиях первичной сукцессии общая первичная продукция высока, но на последующих стадиях продукция автотрофов снижается.

Агрономам известно, что максимальная продуктивность культуры растений с широкими листьями отмечается в тех случаях, когда суммарная освещенная поверхность листьев в 4—5 раз превышает поверхность земли (под растениями). Любое увеличение поверхности листьев, выходящее за эти пределы, не влечет за собой увеличение интенсивности фотосинтеза, так как повышенная затененность скрадывает преимущества, связанные с увеличением площади фотосинтезирующей ткани. Более того, усиление дыхания дополнительных листьев, не получающих достаточного света, снижает чистую продукцию посева.

Продолжительность сукцессии во многом определяется структурой сообщества. Изучение первичной сукцессии на таких местах, как песчаные дюны, свидетельствует о том, что в этих условиях для развития устойчивого сообщества требуются многие сотни лет. Вторичные сукцессии, например на вырубках, протекают гораздо быстрее. Все же требуется не менее 200 лет, чтобы в условиях умеренно влажного климата смог восстановиться лесной массив.

Если климат особенно суров (например в пустыне, тундре или степи), продолжительность стадий сукцессии более коротка, так как сообщество не может существенно изменить неблагоприятное физическое окружение. Вторичная сукцессия в степи, например, продолжается около 50 лет.



Рис. 58. Общая картина вторичной сукцессии на покинутом сельскохозяйственном участке

На рисунке 58 показана продолжительность основных стадий вторичной сукцессии в умеренном климате: первая — стадия травянистой растительности (длится около 10 лет); вторая — стадия кустарников (от 10 до 25 лет); третья — стадия лиственных деревьев (от 25 до 100 лет); четвертая — стадия хвойных деревьев (более 100 лет).

В тех случаях, когда для завершения сериальных стадий требуется большой период, огромное влияние на ход сукцессии могут оказывать периодические изменения климата, бури, засухи, пожары, часто случайные изменения. Так, например, пожар может не только прервать сукцессию, но и возратить систему в начальное состояние.

Поздние стадии сукцессии являются более устойчивыми по сравнению с ранними. Засуха может сильно влиять на раннюю стадию сукцессии, например на посевы ржи или пшеницы. На лес же в состоянии наивысшей стадии развития засуха оказывает гораздо меньшее влияние, если, конечно, она не повторяется из года в год. Устойчивость равновесного состояния сообщества не абсолютна. По аналогии с организмом этот период развития сообщества можно назвать «началом старения». Катастрофы и болезни могут ускорить старение сообщества, привести к его смене более молодым и совсем иным сообществом.

Значение экологической сукцессии. Зрелое (старое) сообщество с его большим разнообразием и обилием организмов, значительно развитой трофической структурой и с уравновешенными потоками энергии способно противостоять изменениям физических факторов (например, температуры, влажности) и даже некоторым видам химических за-

грязнений в гораздо большей степени, чем молодое сообщество. Однако молодое сообщество способно производить новую биомассу в гораздо больших количествах, чем старое.

Таким образом, человек может собирать богатый урожай в виде чистой продукции, искусственно поддерживая молодое сообщество. Ведь в зрелом сообществе, находящемся на стадии устойчивости и стабильности, чистая годовая продукция расходуется в основном на «общее дыхание» растений и животных и может быть даже равна нулю.

С другой стороны (с точки зрения человека), устойчивость зрелого сообщества, его способность противостоять воздействию физических факторов (и даже управлять ими) является очень важным и весьма желательным свойством.

Пахотные земли, например, являются ранними сукцессионными стадиями. На них поддерживаются в молодом состоянии растительные сообщества, благодаря непрерывному труду земледельцев. Леса же представляют собой более старые, более разнообразные и более стабильные сообщества с низкой величиной чистой продукции.

Чрезвычайно важно, чтобы человек уделял одинаковое внимание и молодым, и зрелым сообществам. Если уничтожить лес в погоне за временным доходом от древесины, уменьшатся запасы воды и почва будет снесена со склонов. Это уменьшит продуктивность равнинных районов. Леса представляют для человека ценность не только как поставщики древесины или источник дополнительных площадей, которые могут быть заняты культурными растениями.

Люди все еще слабо осознают последствия экологических нарушений, возникающих в погоне за экономической выгодой. Отчасти это связано с тем, что даже специалисты-экологи еще не могут дать точных предсказаний последствий, к которым приводят различные нарушения экосистем зрелого типа.

Остатки цивилизаций и пустыни, возникновение которых обязано деятельности человека, являются прекрасным доказательством того, что человек никогда не осознавал свою тесную связь с природой, необходимость приспособляться к естественным процессам, а не командовать ими.

Тем не менее даже тех знаний, которые накоплены экологией в настоящее время, достаточно для уверенности в том, что превращение нашей биосферы в один обширный

ковер пахотных земель таит в себе огромную опасность. Для нашей собственной защиты определенные ландшафты должны быть представлены естественными сообществами.



Типы сукцессионных изменений. Продолжительность сукцессии. Стадии сукцессии.



1. Почему в ходе сукцессии наиболее заметны изменения растительного состава сообществ? 2. Каковы основные виды сукцессионных изменений? 3. Какими факторами определяется продолжительность сукцессии? 4. В чем различие молодых и зрелых сообществ (на данной стадии сукцессии)? Каково их значение? 5. Почему человек заинтересован в поддержании зрелых сообществ?

Материал для обсуждения

При развитии леса поверхность листьев значительно превышает границы, за которыми прекращается рост чистой первичной продукции. В старом лесу листовая поверхность может в 10 раз и более превосходить поверхность земли (под деревьями). Это снижает продуктивность, но повышает устойчивость сообщества за счет активного регулирования температуры, важную роль в котором играет общая площадь растительной кроны.

Обсудите значение этих процессов в природе и для хозяйства человека.

4.9. Биосфера и ее эволюция

Выдающийся русский ученый В. И. Вернадский, один из создателей современного взгляда на *биосферу*, определил ее как наружную оболочку Земли, область распространения жизни. Биосфера включает в себя:

— *живое вещество*, то есть совокупность всех живых организмов (растения, животные, микроорганизмы);

— *биогенное вещество*, то есть органо-минеральные или органические продукты, созданные живым веществом (торф, каменный уголь, нефть);

— *биокосное вещество*, созданное живыми организмами вместе с неживой (косной) природой (водой, атмосферой, горными породами — почвенный покров).

Все компоненты биосферы тесно взаимодействуют между собой, составляя целостную, сложно организованную систе-

му, развивающуюся по своим внутренним законам и под действием внешних сил, в том числе космических (солнечного излучения, гравитационных и магнитных полей Солнца, Луны и других небесных тел).

По современным представлениям, развитие безжизненной геосферы, то есть оболочки, образованной веществом Земли, происходило на ранних стадиях существования нашей планеты, миллиарды лет назад. Изменения облика Земли были связаны с геологическими процессами, происходившими в земной коре, на поверхности и в глубинных слоях планеты, и находили проявление в извержениях вулканов, землетрясениях, подвижках земной коры, горообразовании. Такие процессы происходят и сейчас на безжизненных планетах Солнечной системы и их спутниках — Марсе, Венере, Луне.

С возникновением жизни (саморазвивающихся устойчивых органических форм) сначала медленно и слабо, затем все быстрее и значительнее стало проявляться влияние живой материи на геологические процессы Земли.

Деятельность живого вещества, проникшего во все уголки планеты, привела к возникновению нового образования. Это *биосфера* — тесно взаимосвязанная единая система геологических и биологических тел и процессов преобразования энергии и вещества. Размеры преобразований, осуществляемых живой материей, достигли планетарных масштабов, существенно видоизменив облик и эволюцию Земли.

Так, например, в результате процесса фотосинтеза, деятельности зеленых растений, образовался современный газовый состав атмосферы, в ней появился кислород. В свою очередь, на активность фотосинтеза существенно влияют концентрация углекислого газа в атмосфере, наличие влаги и тепла.

Почва является полностью результатом деятельности живого вещества в косной (неживой) среде. Решающая роль в этом процессе принадлежит климату, топографии, деятельности микроорганизмов и растений и материнским породам.

Биосфера, возникнув и сформировавшись 1—2 млрд лет назад (к этому времени относятся первые обнаруженные остатки живых организмов), находится в постоянном динамическом равновесии и развитии.

Установившиеся за многие миллионы лет круговороты энергии и веществ в биосфере самоподдерживаются в глобальных масштабах, хотя локальные (местные) изменения структуры и особенностей отдельных экосистем (биогеоценозов), составляющих биосферу, могут быть значительными.

Еще на ранних этапах эволюции живое вещество распространилось по безжизненным пространствам планеты, занимая все потенциально доступные для жизни места, изменяя их и превращая в места обитания. И уже в древние времена различные жизненные формы и виды растений, животных, микроорганизмов, грибов заняли всю планету. Живое органическое вещество можно найти и в глубинах океана, и на вершинах самых высоких гор, и в вечных снегах Приполярья, и в горячих водных источниках вулканических районов.

Такую способность к распространению живого вещества В. И. Вернадский назвал «всюдностью жизни».

Эволюция биосферы шла по пути усложнения структуры биологических сообществ, умножения числа видов и совершенствования их приспособленности. Эволюционный процесс сопровождался увеличением эффективности преобразования энергии и вещества биологическими системами: организмами, популяциями, сообществами.

Вершиной эволюции живого на Земле явился человек, который как биологический вид на основе многочисленных эволюционных изменений приобрел не только сознание (совершенную форму отражения окружающего мира), но и способность изготавливать и использовать в своей жизни орудия труда.

Применяя орудия труда, человечество стало создавать фактически искусственную среду своего обитания (поселения, жилища, одежду, продукты питания, машины и многое другое). С этих пор эволюция биосферы вступила в новую фазу, где человеческий фактор стал мощной природной движущей силой.



Живое вещество. Биогенное вещество. Биокосное вещество — почва. Геосфера.



1. Какова роль живого вещества в эволюции биосферы?
2. Можно ли считать завершенным процесс формирования биосферы?
3. Какие из современных антропогенных

факторов оказывают наиболее сильное влияние на жизнь гидросферы и атмосферы? В чем проявляется это влияние? 4. Как изменяется процесс преобразования вещества и энергии в эволюции экологических систем? 5. Каковы основные действия человека, направленные на повышение продуктивности природных и искусственных экосистем?



Основываясь на знаниях из курса истории, составьте примерную хронологическую таблицу, показывающую формы воздействия человека на окружающую природу в разные периоды развития цивилизации.

Используя сведения из курсов физики, химии, биологии, составьте список (или схему) важнейших источников энергии, идущей на обеспечение основных нужд человека.

Краткое содержание главы 4

Сообщество, экосистема, биогеоценоз, биосфера — крупные природные системы, обладающие рядом собственных свойств и функционирующие как целостные природные объекты. Соотношение элементов природных экосистем определяет их структуру (видовую, пространственную, трофическую), которой, в свою очередь, обусловлены особенности переноса энергии и круговорота веществ. По положению относительно источника энергии организмы подразделяются на автотрофов (самопитающихся) и гетеротрофов (питающихся готовыми органическими веществами).

Основным каналом переноса энергии в сообществе является пищевая цепь. Перенос энергии по пищевой цепи никогда не бывает полным. Изменения интенсивности потоков энергии приводят к характерным соотношениям численности и биомассы организмов, занимающих разные трофические уровни. Это соотношение подчиняется правилу экологической пирамиды. Важнейшим показателем сообщества является его продуктивность. Продуктивность разных сообществ различна; она меняется в зависимости от географического положения и климатических особенностей района. Биологическая продуктивность наземных экосистем максимальна во влажных тропиках. В море она достигает максимума в районах с обильным поступлением био-

генных элементов, смываемых с суши или выносимых течениями с придонных слоев.

Живые организмы играют важную роль в круговороте веществ. Они представляют собой звенья биогеохимических круговоротов (циклов), с помощью которых осуществляется обмен веществ между различными компонентами биосферы.

Сообщества изменяются во времени и сменяются одно за другим на определенной территории в пределах общих климатических условий. Эти изменения (смены сообществ), называемые экологической сукцессией, являются закономерными процессами, в ходе которых достигается сбалансированность и повышается устойчивость природных экологических систем.

Антропогенное воздействие на биосферу

Современное состояние
природной среды

Атмосфера — внешняя оболочка биосферы.
Загрязнение атмосферы

Почва — биокосная система. Загрязнение почвы

Вода — основа жизненных процессов в биосфере.
Загрязнение природных вод

Радиоактивность в биосфере

Экологические проблемы биосферы

Основы рационального управления
природными ресурсами
и их использования





Человек всегда использовал окружающую среду в основном как источник ресурсов, однако в течение очень длительного времени его деятельность не оказывала заметного влияния на биосферу. Лишь в конце прошлого столетия изменения биосферы под влиянием хозяйственной деятельности обратили на себя внимание ученых. В первой половине нынешнего века эти изменения нарастали и в настоящее время лавиной обрушились на человеческую цивилизацию. Стремясь к улучшению условий своей жизни, человек постоянно наращивает темпы материального производства, не задумываясь о последствиях. При таком подходе большая часть взятых от природы ресурсов возвращается ей в виде отходов, часто ядовитых или непригодных для утилизации. Это создает угрозу существованию и биосферы, и самого человека.

Изучив эту главу, вы узнаете:

- о современном состоянии природной среды;
- об основных источниках загрязнений биосферы;
- о путях охраны окружающей среды от загрязнений.

5.1. Современное состояние природной среды

Рассмотрим некоторые черты современного состояния биосферы и процессы, происходящие в ней.

Глобальные процессы образования и движения живого вещества в биосфере связаны и сопровождаются круговоротом огромных масс вещества и энергии. В отличие от чисто геологических процессов биогеохимические круговороты (циклы) с участием живого вещества имеют значительно более высокие интенсивность, скорость и количество вовлеченного в оборот вещества.

Человек и биосфера. Как уже говорилось, с появлением и развитием человечества процесс эволюции заметно видоизменился. На ранних стадиях цивилизации вырубка и выжигание лесов для земледелия, выпас скота, промысел и охота на диких животных, войны опустошали целые регионы, приводили к разрушению растительных сообществ, истреблению многих животных. По мере развития цивилизации, особенно бурного после промышленной революции конца средних веков, человечество овладевало все большей мощностью, все большей способностью вовлекать и использовать для удовлетворения своих растущих потребностей огромные массы вещества как органического, живого, так и минерального, косного.

Рост населения и интенсивное развитие сельского хозяйства, промышленности, строительства, транспорта вызвали массовое уничтожение лесов в Европе, Северной Америке. Выпас скота в больших масштабах привел к гибели лесов и травяного покрова, к эрозии (разрушению) почвенного слоя (Средняя Азия, Северная Африка, юг Европы и США). Истреблены десятки видов животных в Европе, Америке, Африке.

Ученые предполагают, что истощение почв на территории древнего центрально-американского государства майя в результате подсечно-огневого земледелия явилось одной из причин гибели этой высокоразвитой цивилизации. Аналогично в Древней Греции исчезли обширные леса в результате вырубки и неумеренного выпаса скота. Это усилило эрозию почвы и привело к уничтожению почвенного покрова на многих горных склонах, повысило засушливость климата и ухудшило условия ведения сельского хозяйства.

Строительство и эксплуатация промышленных предприятий, добыча полезных ископаемых привели к серьезным нарушениям природных ландшафтов, загрязнению почвы, воды, воздуха различными отходами.

Настоящие сдвиги в биосферных процессах начались в XX в. в результате очередной промышленной революции. Бурное развитие энергетики, машиностроения, химии, транспорта привело к тому, что человеческая деятельность стала сравнима по масштабам с естественными энергетическими и материальными процессами, происходящими в биосфере. Интенсивность потребления человечеством энергии и материальных ресурсов растет пропорционально численности населения и даже опережает его прирост.

Предупреждая о возможных последствиях расширяющегося вторжения человека в природу, еще полвека назад академик В. И. Вернадский писал: «Человек становится геологической силой, способной изменить лик Земли». Это предупреждение пророчески оправдалось. Последствия антропогенной (производимой человеком) деятельности проявляются в истощении природных ресурсов, загрязнении биосферы отходами производства, разрушении природных экосистем, изменении структуры поверхности Земли, изменении климата. Антропогенные воздействия приводят к нарушению практически всех природных биогеохимических циклов.

В результате сжигания различного топлива в атмосферу ежегодно выбрасывается около 20 млрд т углекислого газа и поглощается соответствующее количество кислорода. Природный запас CO_2 в атмосфере составляет величину порядка 50 000 млрд т. Эта величина колеблется и зависит, в частности, от вулканической активности. Однако антропогенные выбросы углекислого газа превышают естественные и составляют в настоящее время большую долю его общего количества. Увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере, сопровождающееся ростом количества аэрозоля (мелких частиц пыли, сажи, взвесей растворов некоторых химических соединений), может привести к заметным изменениям климата и соответственно к нарушению складывавшихся в течение миллионов лет равновесных связей в биосфере.

Выброс в атмосферу промышленных газов, включающих такие соединения, как окись углерода CO (угарный газ), окислы азота, серы, аммиака и других загрязнителей, при-

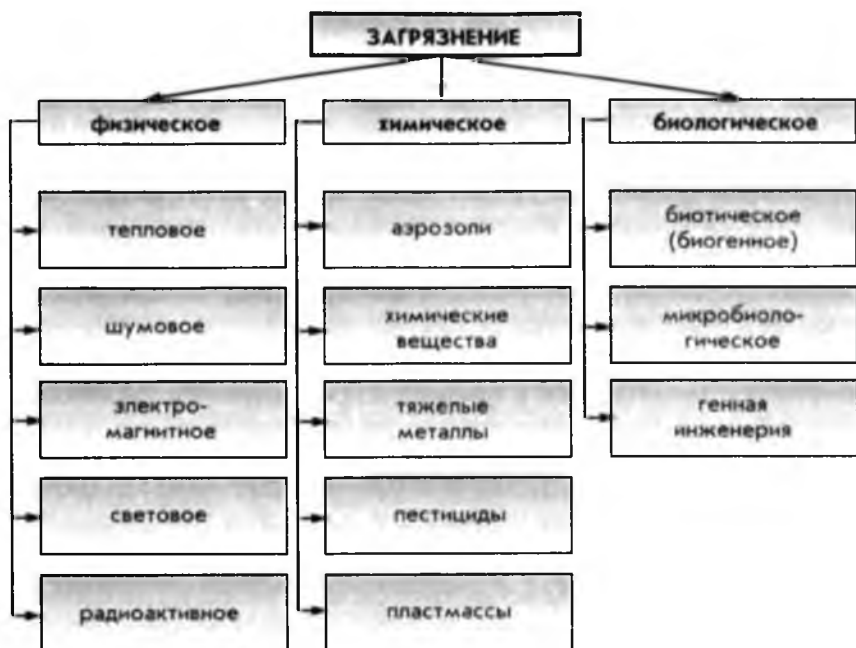


Рис. 59. Загрязнители окружающей природы

водит к угнетению жизнедеятельности растений и животных, нарушениям обменных процессов, к отравлению и гибели живых организмов.

Загрязнение природной среды. Появление в природной среде новых компонентов, вызванное деятельностью человека или какими-либо грандиозными природными явлениями (например, вулканической деятельностью), характеризуют понятием *загрязнение*. В общем виде загрязнение — это наличие в окружающей среде вредных веществ, нарушающих функционирование экологических систем или их отдельных элементов и снижающих качество среды с точки зрения проживания человека или ведения им хозяйственной деятельности.

К *загрязнителям* относят все те вещества, явления, процессы, которые в данном месте, но не в то время и не в том количестве, какое естественно для природы, появляются в окружающей среде и могут выводить ее системы из состояния равновесия (рис. 59).

Экологическое действие загрязняющих агентов может проявляться по-разному; оно может затрагивать либо отдельные организмы (проявляться на организменном уровне), либо популяции, биоценозы, экосистемы и даже биосферу в целом.

На организменном уровне могут происходить нарушение отдельных физиологических функций организмов, изменение их поведения, снижение темпов роста и развития, снижение устойчивости к воздействиям иных неблагоприятных факторов внешней среды.

На уровне популяций загрязнение может вызывать изменения их численности и биомассы, рождаемости и смертности, а также изменения структуры, годовых циклов миграций и ряда других функциональных свойств.

На биоценотическом уровне загрязнение сказывается на структуре и функциях сообществ. Одни и те же загрязняющие вещества по-разному влияют на разные компоненты сообществ. Соответственно меняются количественные соотношения в биоценозе, вплоть до полного исчезновения одних форм и появления других. Изменяется пространственная структура сообществ, цепи разложения (детритные) начинают преобладать над пастбищными, отмирание — над продукцией.

В конечном счете происходит деградация экосистем, ухудшение их как элементов среды человека, снижение положительной роли в формировании биосферы, обесценивание в хозяйственном отношении.

Различают *природное* и *антропогенное* загрязнения. Природное загрязнение возникает в результате естественных причин: извержения вулканов, землетрясений, катастрофических наводнений и пожаров. Антропогенное загрязнение — результат деятельности человека.

Загрязняющие вещества, возникшие в результате хозяйственной деятельности человека, и их влияние на среду очень разнообразны. К ним относятся: соединения углерода, серы, азота, тяжелые металлы, различные органические вещества, искусственно созданные материалы, радиоактивные элементы и многое другое.

Так, по оценкам экспертов, в океан ежегодно попадает около 10 млн т нефти. Нефть на воде образует тонкую пленку, препятствующую газообмену между водой и воздухом.

Оседая на дно, нефть попадает в донные отложения, где нарушает естественные процессы жизнедеятельности донных животных и микроорганизмов. Кроме нефти, значительно возрос выброс в океан бытовых и промышленных сточных вод, содержащих, в частности, такие опасные загрязнители, как свинец, ртуть, мышьяк, обладающие сильным токсическим действием. Фоновые концентрации таких веществ во многих местах уже превышены в десятки раз.

Каждый загрязнитель оказывает определенное отрицательное воздействие на природу, поэтому их поступление в окружающую среду должно строго контролироваться. Законодательство устанавливает для каждого загрязняющего вещества предельно допустимый сброс (ПДС) и предельно допустимую концентрацию (ПДК) его в природной среде.

Предельно допустимый сброс (ПДС) — это масса загрязняющего вещества, выбрасываемого отдельными источниками за единицу времени, превышение которой приводит к неблагоприятным последствиям в окружающей среде или опасно для здоровья человека.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) понимается как количество вредного вещества в окружающей среде, которое не оказывает отрицательного воздействия на здоровье человека или его потомство при постоянном или временном контакте с ним. В настоящее время при определении ПДК учитываются не только степень влияния загрязнителей на здоровье человека, но и воздействие их на животных, растения, грибы, микроорганизмы, а также на природное сообщество в целом.

Специальные службы *мониторинга* (наблюдения) окружающей среды осуществляют контроль за соблюдением установленных нормативов ПДС и ПДК вредных веществ. Такие службы созданы во всех районах страны. Особенно важна их роль в крупных городах, вблизи химических производств, атомных электростанций и других промышленных объектов. Службы мониторинга имеют право применять предусмотренные законом меры, вплоть до приостановки производства и любых работ, если нарушаются нормы охраны окружающей среды.

Огромные масштабы использования природных ресурсов привели к значительному изменению ландшафтов в некоторых регионах (например, в угольных бассейнах). Если на заре цивилизации человек использовал для своих нужд всего около 20 химических элементов, в начале XX в. около

60, то сейчас более 100 — почти всю таблицу Менделеева. Ежегодно добывается (извлекается из геосферы) около 100 млрд т руды, топлива, минеральных удобрений.

Быстрый рост потребностей в топливе, металлах, минеральном сырье и их добыче ведут к истощению этих ресурсов.

Экологический принцип пределов гласит: «Ресурсы ограничены и не должны расходоваться впустую; нельзя бесконечно открывать новые ресурсы».

Биосфера Земли способна к саморегуляции, она может выдержать и исправить результаты неразумного вмешательства человека. Но всему есть предел. Сегодня мы достигли этого предела и стоим на краю экологической пропасти.

Вот далеко не полная картина экологической ситуации на нашей планете в настоящее время. Даже отдельные успехи природоохранной деятельности не могут заметным образом изменить общий ход процесса пагубного влияния цивилизации на состояние биосферы.



Антропогенная деятельность. Загрязнители окружающей среды. Предельно допустимый сброс (ПДС). Предельно допустимая концентрация (ПДК). Мониторинг.



1. Почему ученые считают, что человек становится геологической силой? 2. Какое влияние оказывает хозяйственная деятельность человека на окружающую среду? 3. Что такое предельно допустимый сброс (ПДС) загрязняющего вещества? 4. Что понимают под предельно допустимой концентрацией (ПДК) вредного вещества? 5. Какую работу выполняют службы мониторинга окружающей среды?



Выясните, какова экологическая ситуация в вашем регионе. Свяжитесь со службами мониторинга и экологическими объединениями в вашем районе. Примите участие в работе по выявлению источников загрязнения окружающей среды.

Материал для обсуждения

Мы не можем создавать или разрушать материю; мы можем лишь изменять ее форму. Мы ничего не можем выбросить, в той или иной форме все отходы остаются с нами навсегда.

В настоящее время общая мощность источников антропогенного загрязнения во многих случаях превосходит мощ-

ность естественных. Так, природные источники окиси азота выбрасывают 30 млн т азота в год, а антропогенные — 35—50 млн т; двуокиси серы, соответственно, около 30 млн т и более 150 млн т. В результате деятельности человека свинца попадает в биосферу почти в 10 раз больше, чем в процессе природных загрязнений.

По оценкам специалистов, при сохранении современных темпов добычи и потребления разведанные запасы нефти будут исчерпаны уже через 30 лет, газа — через 50, угля — через 200 лет. Аналогичная ситуация сложилась не только с энергетическими ресурсами, но и с металлами (истощение запасов алюминия ожидается через 500—600 лет, железа — через 250 лет, цинка — через 25, свинца — через 20 лет) и минеральными ресурсами, как, например, асбест, слюда, графит, сера.

Какие выводы следует сделать из приведенных примеров? Какие пути решения этой проблемы вы могли бы предложить?

5.2. Атмосфера — внешняя оболочка биосферы. Загрязнение атмосферы

Атмосфера Земли. Масса атмосферы нашей планеты ничтожна — всего лишь одна миллионная массы Земли. Однако ее роль в природных процессах биосферы огромна. *Наличие вокруг земного шара атмосферы определяет общий тепловой режим поверхности нашей планеты, защищает ее от вредных космического и ультрафиолетового излучений.* Циркуляция атмосферы оказывает влияние на местные климатические условия, а через них — на режим рек, почвенно-растительный покров и на процессы рельефообразования.

Современный газовый состав атмосферы — результат длительного исторического развития земного шара. Он представляет собой в основном газовую смесь двух компонентов — азота (78,09%) и кислорода (20,95%). В норме в нем присутствуют также аргон (0,93%), углекислый газ (0,03%) и незначительные количества инертных газов (неон, гелий, криптон, ксенон), аммиака, метана, озона, диоксидов серы и других газов. Наряду с газами в атмосфере содержатся твердые частицы, поступающие с поверхности Земли (например, продукты горения, вулканической деятельности, частицы почвы) и из космоса (космическая пыль), а также различные продукты

растительного, животного или микробного происхождения. Кроме того, важную роль в атмосфере играет водяной пар.

Наибольшее значение для различных экосистем имеют три газа, входящих в состав атмосферы: кислород, углекислый газ и азот. Эти газы участвуют в основных биогеохимических круговоротах.

Кислород играет важнейшую роль в жизни большинства живых организмов на нашей планете. Он необходим всем для дыхания. Кислород не всегда входил в состав земной атмосферы. Он появился в результате жизнедеятельности фотосинтезирующих организмов. Под действием ультрафиолетовых лучей кислород (O_2) превращался в озон (его молекула содержит три атома кислорода — O_3). По мере накопления озона произошло образование озонового слоя в верхних слоях атмосферы. И теперь озоновый слой, как экран, надежно защищает поверхность Земли от ультрафиолетовой солнечной радиации, губительной для живых организмов (см. рис. 73).

Современная атмосфера содержит едва ли двадцатую часть кислорода, имеющегося на нашей планете. Главные запасы кислорода сосредоточены в карбонатах, в органических веществах и оксидах, часть кислорода растворена в воде. В атмосфере, по-видимому, сложилось приблизительное равновесие между производством кислорода в процессе фотосинтеза и его потреблением живыми организмами. Но в последнее время появилась опасность, что в результате человеческой деятельности запасы кислорода в атмосфере могут уменьшиться. Особую опасность представляет разрушение озонового слоя, которое наблюдается в последние годы. Большинство ученых связывают это с деятельностью человека.

Круговорот кислорода в биосфере необычайно сложен, так как с ним вступает в реакцию большое количество органических и неорганических веществ, а также водород, соединяясь с которым кислород образует воду. Схема круговорота кислорода показана на рисунке 60.

Углекислый газ (диоксид углерода) используется в процессе фотосинтеза для образования органических веществ. Именно благодаря этому процессу замыкается круговорот углерода в биосфере. Как и кислород, углерод входит в состав почв, растений, животных, участвует в многообразных механизмах круговорота веществ в природе (рис. 61). Содержание углекислого газа (CO_2) в воздухе, который мы вдыхаем, примерно одинаково в различных районах плане-

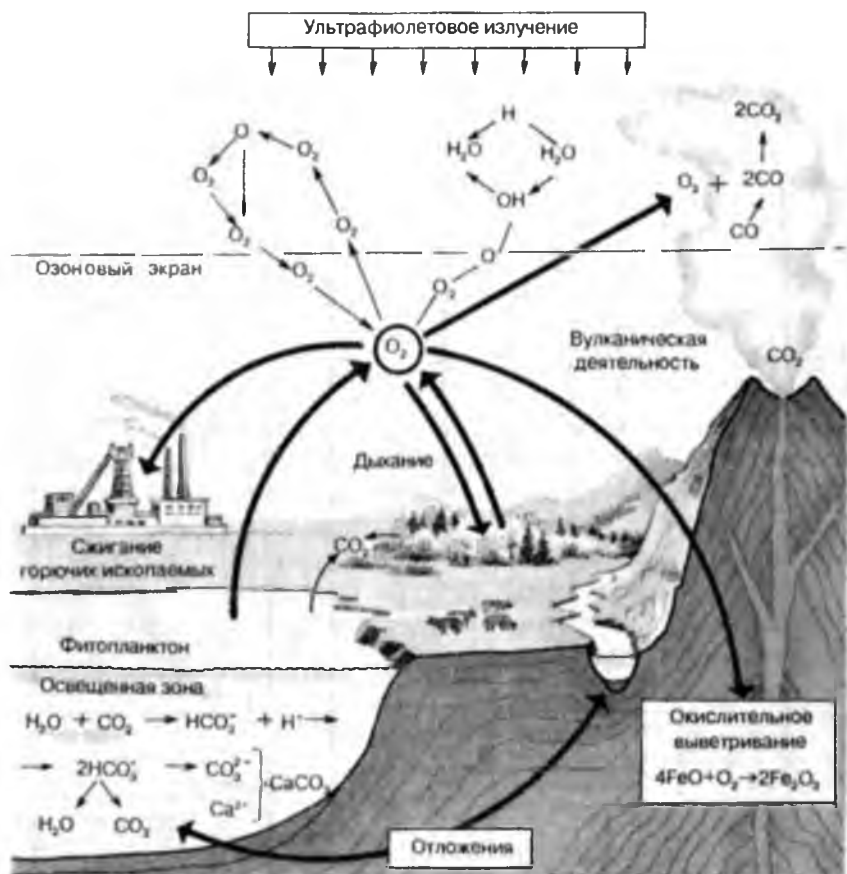


Рис. 60. Круговорот кислорода в биосфере

ты. Исключение составляют крупные города, в которых содержание этого газа в воздухе бывает выше нормы.

Некоторые колебания содержания углекислого газа в воздухе зависят от времени суток и сезона года в данной местности, а также биомассы растительности. В то же время исследования показывают, что с начала века среднее содержание углекислого газа в атмосфере, хотя и медленно, но постоянно увеличивается. Ученые связывают этот процесс главным образом с деятельностью человека.

Азот — незаменимый биогенный элемент (N_2), поскольку он входит в состав белков и нуклеиновых кислот. Атмосфера — неисчерпаемый резервуар азота, однако основная

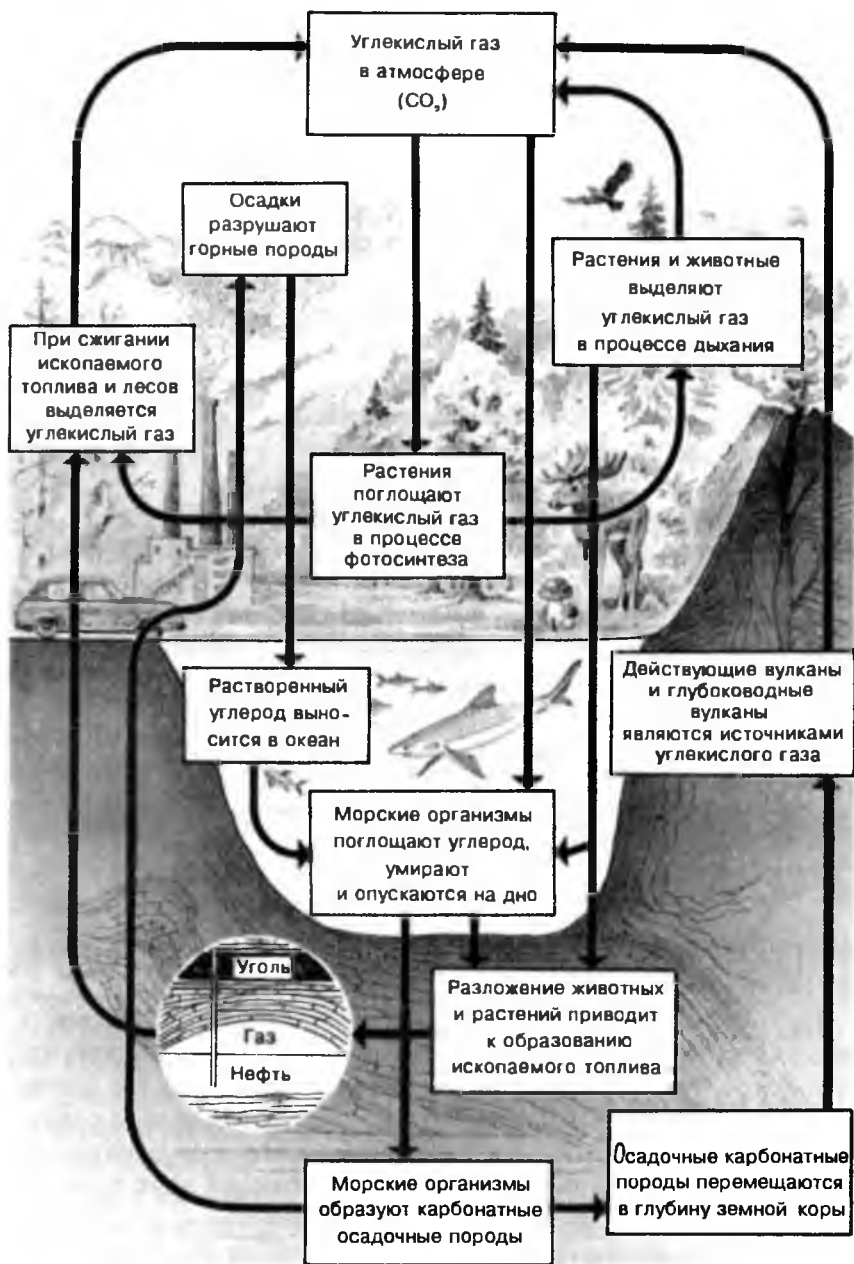


Рис. 61. Круговорот углерода в биосфере

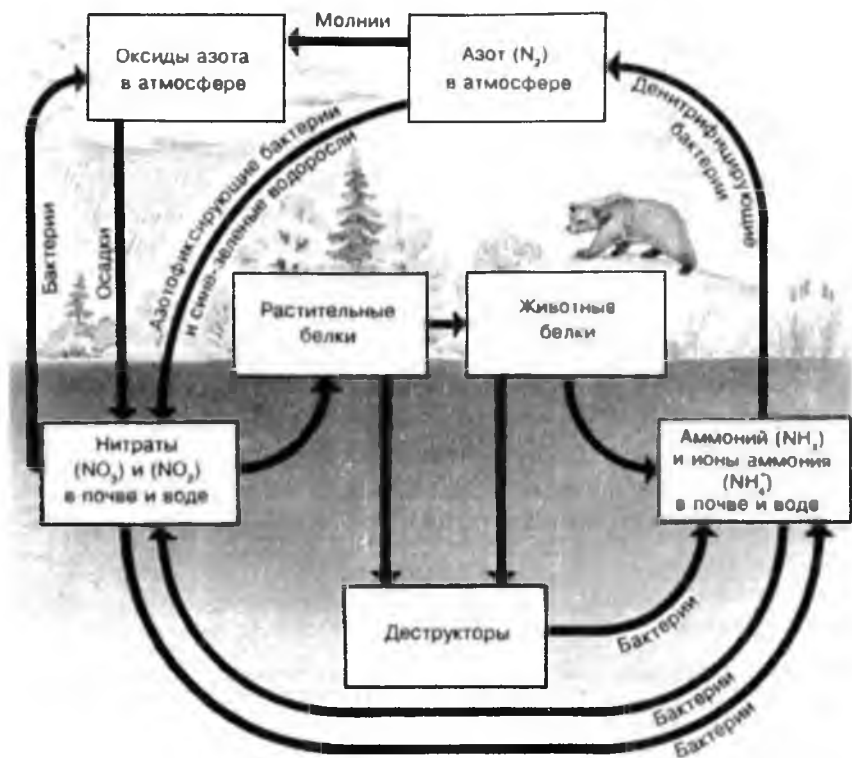


Рис. 62. Круговорот азота в биосфере

часть живых организмов не может непосредственно использовать этот азот: он должен быть предварительно связан в виде химических соединений.

Частично азот поступает из атмосферы в экосистемы в виде оксида азота, образующегося под действием электрических разрядов во время гроз. Однако основная часть азота поступает в воду и почву в результате его биологической фиксации. Существует несколько видов бактерий и сине-зеленых водорослей (к счастью, весьма многочисленных), которые способны фиксировать азот атмосферы. В результате их деятельности, а также благодаря разложению органических остатков в почве растения-автотрофы получают возможность усваивать необходимый азот.

Круговорот азота (рис. 62) тесно связан с круговоротом углерода. Несмотря на то, что круговорот азота сложнее, чем



Рис. 63. Загрязняющие атмосферу выбросы промышленных предприятий

круговорот углерода. Как правило, азот проходит свой круговорот быстрее.

Другие составные части воздуха не участвуют в биохимических круговоротах, но наличие большого количества загрязнителей в атмосфере может привести к серьезным нарушениям в круговоротах биогенных элементов.

Загрязнение атмосферы. Различные негативные изменения атмосферы Земли связаны, главным образом, с изменением концентрации второстепенных компонентов атмосферного воздуха.

Существует два главных источника загрязнения атмосферы: естественный и антропогенный.

Естественный источник — это вулканы, пыльные бури, выветривание, лесные пожары, процессы разложения растений и животных. К основным *антропогенным* источникам загрязнения атмосферы относятся предприятия топливно-энергетического комплекса, транспорт, различные машиностроительные предприятия (рис. 63).

Сегодня уже ясно, что любая человеческая деятельность, влияющая на физические свойства или химический состав ат-

мосферы, может вызвать серьезные последствия, в том числе глобальные изменения климата на планете. Если человечество не сможет принять своевременные меры по защите атмосферы от загрязнений, то его ждут катастрофические последствия.

Помимо газообразных загрязняющих веществ, в атмосферу поступает большое количество твердых частиц. Это пыль, копоть и сажа. Большую опасность гают загрязнение природной среды тяжелыми металлами. Свинец, кадмий, ртуть, медь, никель, цинк, хром, ванадий стали практически постоянными компонентами воздуха промышленных центров. Особенно остро стоит проблема загрязнения воздуха свинцом.

Глобальное загрязнение атмосферного воздуха сказывается на состоянии природных экосистем, в первую очередь — на зеленом покрове нашей планеты.

Особенно сильно страдают зеленые насаждения в промышленных городах, атмосфера которых содержит большое количество загрязняющих веществ.

Самочувствие растений может быть одним из самых наглядных показателей состояния биосферы в данном регионе.



Атмосфера. Состав воздуха. Кислород. Углекислый газ. Азот. Озоновый слой. Биогеохимические круговороты.



1. Какой состав имеет атмосфера? 2. За счет чего поддерживается относительно постоянный состав атмосферы? 3. Какие виды деятельности человека могут нарушить равновесие в атмосфере? 4. Какие источники загрязнения атмосферы вам известны? 5. Что такое кислотные дожди и какой вред они наносят? 6. Какие опасности таятся в загрязнении атмосферы?



1. Выясните основные источники загрязнения атмосферы в вашей местности. Исследуйте растения, обитающие вблизи автострад, промышленных объектов. Какие из них в большей степени страдают от загрязнения атмосферы, какие повреждения у них появляются?

2. Какие виды организмов, кроме растений, страдают от глобального загрязнения атмосферы? Приведите примеры непосредственного и опосредованного влияния антропогенного загрязнения атмосферы на живые организмы.

Материал для обсуждения

По данным ученых (1990 г.), ежегодно в мире в результате деятельности человека в атмосферу поступает 25,5 млрд т оксидов углерода, 190 млн т оксидов серы, 65 млн т оксидов азота, 1,4 млн т хлорфторуглеродов (фреонов), органические соединения свинца, углеводороды, в том числе канцерогенные (вызывающие заболевание раком). Этот список можно продолжить.

Что произойдет, если ситуация не изменится? Какие меры, на ваш взгляд, необходимо принять в первую очередь?

5.3. Почва — биокосная система.

Загрязнение почвы

Почва — верхний слой суши, образовавшийся под влиянием растений, животных, микроорганизмов и климата из материнских горных пород, на которых он находится (рис. 64). Это важный и сложный компонент биосферы, тесно связанный с другими ее частями.

В почве сложным образом взаимодействуют следующие основные компоненты:

- минеральные частицы (песок, глина), вода, воздух;

- детрит — отмершее органическое вещество, остатки жизнедеятельности растений и животных;

- множество живых организмов от детритофагов до редуцентов, разлагающих детрит до гумуса.

Таким образом, *почва — биокосная система, основанная на динамическом взаимодействии между минеральными компонентами, детритом, детритофагами и почвенными организмами* (рис. 65).

Рис. 64. Строение почвы (в разрезе): 1 — подстилка; 2 — перегной; 3 — слой вымывания; 4 — слой накопления минеральных солей; 5 — подпочва

В своем развитии и формировании почвы проходят несколько этапов. Молодые почвы являются обычно результатом выветривания материнских горных пород или переноса отложения осадков (например, аллю-

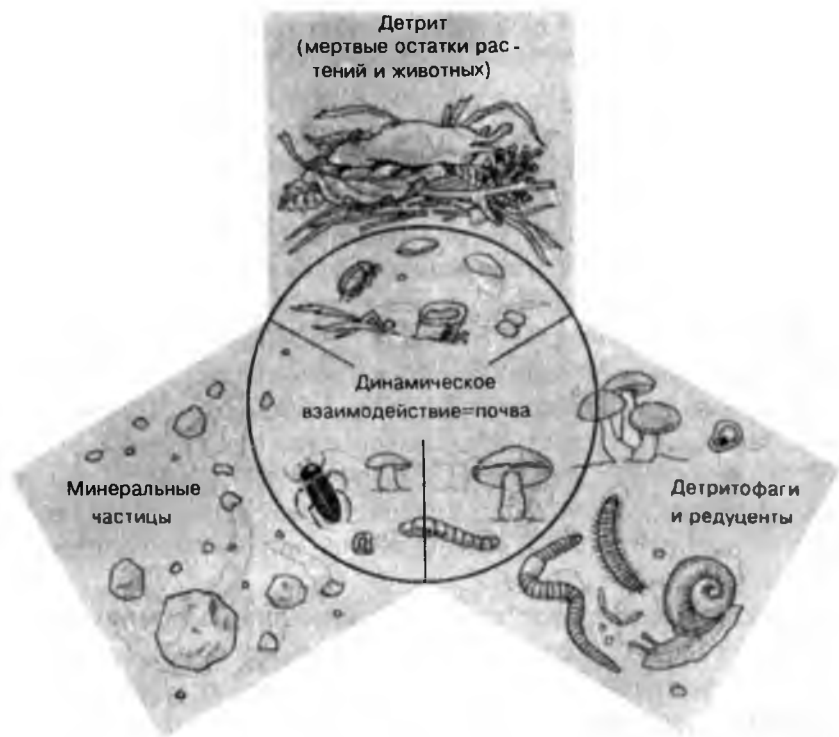


Рис. 65. Компоненты почвы

вия). На этих субстратах поселяются микроорганизмы, лишайники, мхи, травы, мелкие животные. Постепенно внедряются другие виды растений и животных, состав биоценоза усложняется, между минеральным субстратом и живыми организмами возникает целая серия взаимосвязей. В результате формируется зрелая почва, свойства которой зависят от исходной материнской породы и климата.

Процесс развития почвы заканчивается, когда достигается равновесие, соответствие почвы с растительным покровом и климатом, то есть возникает состояние стабильности. Таким образом, изменения почвы, происходящие в процессе ее формирования, напоминают сукцессионные изменения экосистем, с которыми вы познакомились в главе 4.

Каждому типу почв соответствуют определенные типы растительных сообществ. Так, сосновые боры, как правило, растут на легких песчаных почвах, а еловые леса предпочи-

тают более тяжелые и богатые питательными веществами суглинистые почвы.

Почва является как бы живым организмом, внутри которого протекают различные сложные процессы. Для того чтобы поддерживать почву в хорошем состоянии, необходимо знать природу обменных процессов всех ее составляющих.

Поверхностные слои почвы обычно содержат много остатков растительных и животных организмов, разложение которых приводит к образованию *гумуса*. Количество гумуса определяет *плодородие* почвы.

В почве обитает великое множество различных живых организмов, формирующих сложную пищевую детритную сеть: бактерии, микрогрибы, водоросли, простейшие, моллюски, членистоногие и их личинки, дождевые черви и многие другие. Все эти организмы играют огромную роль в формировании почвы и изменении ее физико-химических характеристик.

Растения поглощают из почвы необходимые минеральные вещества. Однако после смерти растительных организмов изъятые элементы возвращаются в почву. Почвенные организмы постепенно перерабатывают все органические остатки. Таким образом, в естественных условиях происходит постоянный круговорот веществ в почве.

В искусственных агроценозах такой круговорот нарушен, так как человек изымает значительную часть сельскохозяйственной продукции, используя ее для своих нужд. Из-за неучастия этой части продукции в круговороте почва становится малоплодородной. Чтобы избежать этого и повысить плодородие почвы в искусственных агроценозах, человек вносит органические и минеральные удобрения.

Загрязнение почв. В нормальных естественных условиях все процессы, происходящие в почве, находятся в равновесии. Но нередко в нарушении равновесного состояния почвы повинен человек. В результате развития хозяйственной деятельности человека происходит загрязнение, изменение состава почвы и даже ее уничтожение.

Громадные площади плодородных земель погибают при горнопромышленных работах, при строительстве предприятий и городов. В настоящее время на каждого жителя нашей планеты приходится менее одного гектара пахотной зем-

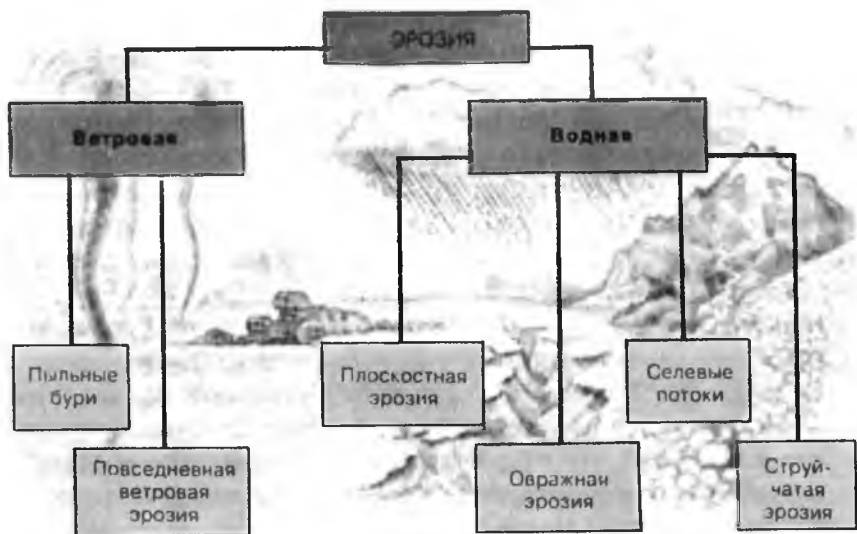


Рис. 66. Эрозия почвы

ли. И эти незначительные площади продолжают сокращаться из-за неумелой хозяйственной деятельности человека.

Уничтожение лесов и естественного травянистого покрова, многократная распашка земли без соблюдения правил агротехники приводят к возникновению *эрозии почвы* — разрушению и смыву плодородного слоя водой и ветром.

В естественных условиях снос поверхностных слоев происходит медленно и не отражается на плодородии почвы. Но неумелая хозяйственная деятельность человека может существенно ускорить процесс эрозии.

Различают несколько видов эрозии почв (рис. 66). *Ветровая эрозия* распространена, как правило, в засушливых зонах, на почвах, содержащих много мелких пылевидных частиц и лишенных растительности. Различают *повседневную ветровую эрозию* (поземку) и *пыльные, или черные, бури*. Последние возникают при сильных ветрах и могут практически уничтожить плодородный слой почвы.

Водная эрозия может быть *плоскостной, струйчатой, овражной*, а также в виде *селевых потоков и оползней*.

При плоскостной эрозии происходит смыв поверхностного слоя почвы талыми водами и дождями в более низкие места.

Струйчатая (или бороздчатая) эрозия развивается при дружном таянии снега весной и в результате сильных ливней на склонах, лишенных растительности.

Овражная эрозия развивается на склонах, лишенных древесной растительности, со слабо развитой растительностью.

Селевые потоки и оползни — наиболее опасные формы водной эрозии в горах. Сели (от арабск. *поток*) — это мощные грязекаменные потоки, возникающие на горных склонах после сильных дождей.

Плодородие почвы считают возобновимым ресурсом, но время, необходимое для его восстановления, может исчисляться многими сотнями и даже тысячами лет. На земном шаре ежегодно теряются миллиарды тонн плодородного почвенного слоя, что превышает объем вновь образующихся почв. Поэтому эрозия в настоящее время стала серьезной экологической проблемой.

Современная наука и практика разработала меры борьбы с эрозией. Важнейшие противоэрозионные мероприятия сравнительно просты — распашка поперек склона, минимальное нарушение структуры почвы тяжелой техникой, введение севооборотов, сохранение растительного покрова. Более сложные и дорогие — борьба с оврагами, посадка лесозащитных полос, *рекультивация* (от лат. — *повторно и обрабатываю*) земель.

Одним из последствий усиления производственной деятельности человека является интенсивное загрязнение почвенного покрова. В роли основных загрязнителей почв выступают металлы и их соединения, радиоактивные элементы, а также удобрения и ядохимикаты, применяемые в сельском хозяйстве.

К наиболее опасным загрязнителям почв относят ртуть и ее соединения. Ртуть поступает в окружающую среду с ядохимикатами, с отходами промышленных предприятий, содержащими металлическую ртуть и различные ее соединения.

Еще более массовый и опасный характер носит загрязнение почв свинцом. Известно, что при выплавке одной тонны свинца в окружающую среду с отходами выбрасывается его до 25 кг. Соединения свинца используются в качестве добавок к бензину, поэтому автотранспорт является серьезным источником свинцового загрязнения. Особенно много свинца в почвах вдоль крупных автострад.

Вблизи крупных центров черной и цветной металлургии почвы загрязнены железом, медью, цинком, марганцем, никелем, алюминием и другими металлами. Во многих местах их концентрация в десятки раз превышает ПДК.

Радиоактивные элементы могут попадать в почву и накапливаться в ней в результате выпадения осадков от атомных взрывов или при удалении жидких и твердых отходов промышленных предприятий, АЭС или научно-исследовательских учреждений, связанных с изучением и использованием атомной энергии. Радиоактивные вещества из почв попадают в растения, затем в организмы животных и человека, накапливаются в них.

Значительное влияние на химический состав почв оказывает современное сельское хозяйство, широко использующее удобрения и различные химические вещества для борьбы с вредителями, сорняками и болезнями растений. В настоящее время количество веществ, вовлекаемых в круговорот в процессе сельскохозяйственной деятельности, примерно такое же, что и в процессе промышленного производства. При этом с каждым годом производство и применение удобрений и ядохимикатов в сельском хозяйстве возрастает. Неумелое и бесконтрольное использование их приводит к нарушению круговорота веществ в биосфере.

Особую опасность представляют стойкие органические соединения, применяемые в качестве ядохимикатов. Они накапливаются в почве, в воде, донных отложениях водоемов. Но самое главное, они включаются в экологические пищевые цепи, переходят из почвы и воды в растения, затем в животных, а в конечном итоге попадают с пищей в организм человека.



Почва. Гумус. Почвенные организмы. Плодородие почвы. Рекультивация. Эрозия почвы.



1. Что такое почва?
2. От чего зависит плодородие почвы?
3. Почему почву сравнивают с живым организмом?
4. Чем различаются круговороты веществ в почвах естественных биоценозов и искусственных?
5. Какие виды загрязнения почв вам известны?
6. Что такое эрозия почвы? Каковы ее последствия?
7. В чем опасность загрязнения почв?
8. С чем связано сильное загрязнение почв вблизи промышленных объектов и автодорог?



1. Пронаблюдайте за круговоротом веществ в почве на примере разложения растительных остатков. Одинакова ли скорость разложения растительных остатков? От чего она зависит?

2. Выясните, какие удобрения и ядохимикаты применяются при выращивании сельскохозяйственной продукции в известном вам районе. Применяют ли ваши родители удобрения и ядохимикаты при выращивании растений на приусадебных и дачных участках? Знаете ли вы правила внесения химикатов в почву?

Материал для обсуждения

Подсчитано, что только за последнее столетие в результате водной и ветровой эрозии на планете потеряно 2 млрд га плодородных земель активного сельскохозяйственного пользования.

В Российской Федерации эрозии подвержено 66% пахотных земель. Только от роста оврагов теряются до 25—30 тыс. га пахотных земель в год. За последние 20 лет запасы гумуса в почвах сократились на 25—30%.

Неуправляемое влияние на климат в совокупности с нерациональным ведением сельского хозяйства (внесение избыточного количества удобрений или средств защиты растений, неправильное ведение севооборота) способны привести к значительному снижению плодородия почв, большим колебаниям урожайности культур. А ведь уменьшение производства продовольствия даже на 1% может привести к гибели от голода десятков миллионов человек.

Обсудите и оцените складывающуюся ситуацию. Возможны ли пути ее решения?

5.4. Вода —

основа жизненных процессов

в биосфере. Загрязнение природных вод

Вода — самое распространенное неорганическое соединение на нашей планете. Вода — основа всех жизненных процессов, единственный источник кислорода в главном движущем процессе на Земле — фотосинтезе. Вода присутствует во всей биосфере: не только в водоемах, но и в воздухе, и в почве, и во всех живых существах. Последние содержат до 80—90% воды в своей биомассе. Потери 10—20% воды живыми организмами приводят к их гибели.

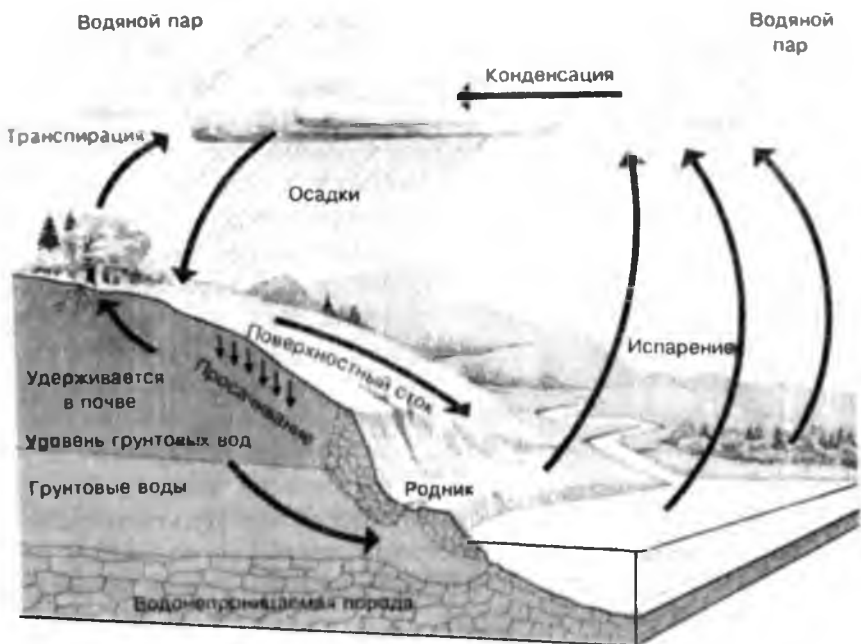


Рис. 67. Круговорот воды в природе

В естественном состоянии вода никогда не свободна от примесей. В ней растворены различные газы и соли, находятся взвешенные твердые частички. В 1 л пресной воды может содержаться до 1 г солей.

Большая часть всей воды на нашей планете сосредоточена в морях и океанах. Запас пресной воды составляет всего 2%. Большая часть пресных вод (85%) сосредоточена во льдах полярных зон и ледников. Возобновление пресных вод происходит в результате круговорота воды.

С появлением жизни на Земле круговорот воды стал относительно сложным, так как к простому явлению физического испарения (превращения воды в пар) добавились более сложные процессы, связанные с жизнедеятельностью живых организмов. К тому же роль человека по мере развития его деятельности становится все более значительной в этом круговороте.

Круговорот воды в биосфере происходит следующим образом (рис. 67). Вода выпадает на поверхность Земли в виде осадков, образующихся из водяного пара атмосферы. Часть

выпавших осадков испаряется с поверхности и возвращается в атмосферу в виде водяного пара. Другая часть воды проникает в почву, всасывается корнями растений и затем, пройдя через растения, испаряется в процессе *транспирации*. Третья часть просачивается в глубокие слои подпочвы до водоупорных горизонтов, пополняя подземные воды. Четвертая часть в виде поверхностного, речного и подземного стока стекает в водоемы, откуда также испаряется в атмосферу. Наконец, часть используется животными и потребляется человеком для своих нужд. Вся испарившаяся и вернувшаяся в атмосферу вода конденсируется и вновь выпадает в качестве осадков.

Таким образом, один из основных путей круговорота воды — *транспирация*, то есть *биологическое испарение*, осуществляется растениями, поддерживая их жизнедеятельность. Количество воды, выделяющееся в результате транспирации, зависит от вида растений, типа растительных сообществ, их биомассы, климатических факторов, времени года и других условий.

Интенсивность транспирации и масса испаряющейся при этом воды могут достигать весьма значительных величин. У таких сообществ, как леса (с мощной фитомассой и большой листовой поверхностью) или болота (с водонасыщенной моховой поверхностью), транспирация в целом вполне сравнима с испарением открытых водоемов (океана) и нередко даже превышает его. В среднем для растительных сообществ умеренного климата транспирация составляет от 2000 до 6000 м³ воды в год.

Величина *суммарного испарения* (с почвы, с поверхности растений и через транспирацию) зависит от физиологических особенностей растений и их биомассы, поэтому служит косвенным показателем жизнедеятельности и продуктивности сообществ. Растительность, в целом, выполняет роль грандиозного испарителя, существенно влияя при этом на климат территории. Растительный покров ландшафтов, особенно леса и болота, имеет также огромное водоохранное и водорегулирующее значение, смягчая перепады стока (паводки), способствуя удержанию влаги, препятствуя иссушению и эрозии почв.

Загрязнение природных вод. Под загрязнением водоемов понимается снижение их биосферных функций и эко-

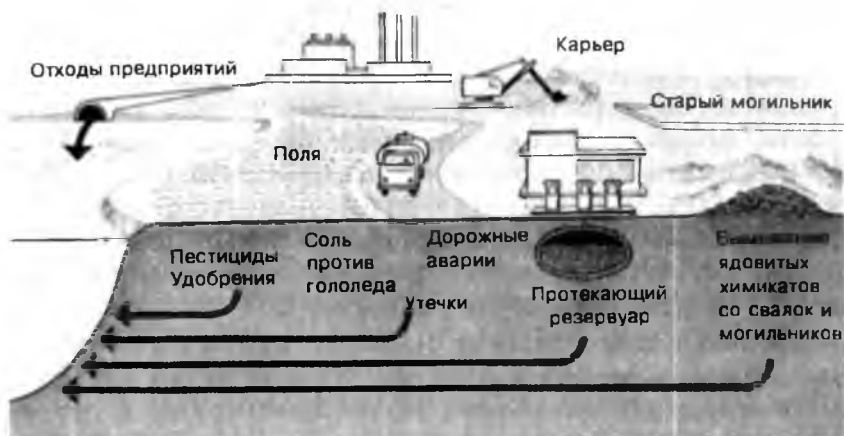


Рис. 68. Загрязнение природных вод (сброс отходов в водоем)

номического значения в результате поступления в них вредных веществ.

Одним из основных загрязнителей воды является нефть и нефтепродукты. Нефть может попадать в воду в результате естественных ее выходов в районах залегания. Но основные источники загрязнения связаны с человеческой деятельностью: нефтедобычей, транспортировкой, переработкой и использованием нефти в качестве топлива и промышленного сырья.

Из других загрязнителей необходимо назвать металлы (например ртуть, свинец, цинк, медь, хром, олово, марганец), радиоактивные элементы, ядохимикаты, поступающие с сельскохозяйственных полей, и стоки животноводческих ферм. Наибольшую опасность для водной среды из металлов представляют ртуть, свинец и их соединения (рис. 68).

Расширенное производство (без очистных сооружений) и применение ядохимикатов на полях приводят к сильному химическому загрязнению водоемов вредными соединениями. Загрязнение водной среды происходит в результате прямого внесения ядохимикатов при обработке водоемов для борьбы с вредителями, поступления в водоемы воды, стекающей с поверхности обработанных сельскохозяйственных угодий, при сбросе в водоемы отходов предприятий-

производителей, а также в результате потерь при транспортировке, хранении и частично с атмосферными осадками.

Наряду с ядохимикатами сельскохозяйственные стоки содержат значительное количество остатков удобрений (азота, фосфора, калия), вносимых на поля. Кроме того, большие количества органических соединений азота и фосфора попадают со стоками от животноводческих ферм, а также с канализационными стоками. Повышение концентрации питательных веществ в воде приводит к нарушению биологического равновесия в водоеме.

Вначале в таком водоеме резко увеличивается количество микроскопических водорослей. С увеличением кормовой базы возрастает количество ракообразных, рыб и других водных организмов. Затем происходит отмирание огромного количества организмов. Оно приводит к расходованию всех запасов кислорода, содержащегося в воде, и накоплению сероводорода. Обстановка в водоеме меняется настолько, что он становится непригодным для существования любых форм организмов. Водоем постепенно умирает.

Одним из видов загрязнения водоемов является *тепловое загрязнение*. Электростанции, промышленные предприятия часто сбрасывают подогретую воду в водоем. Это приводит к повышению в нем температуры воды. С повышением температуры в водоеме уменьшается количество кислорода, увеличивается токсичность загрязняющих воду примесей, нарушается биологическое равновесие.

В загрязненной воде с повышением температуры начинают бурно размножаться болезнетворные микроорганизмы и вирусы. Попадая в питьевую воду, они могут вызвать вспышки различных заболеваний.

В ряде регионов важным источником пресной воды являлись подземные воды. Раньше они считались наиболее чистыми. Но в настоящее время в результате хозяйственной деятельности человека многие источники подземной воды также подвергаются загрязнению. Нередко это загрязнение настолько велико, что вода из них стала непригодной для питья.

Человечество потребляет на свои нужды огромное количество пресной воды — в основном на промышленные и сельскохозяйственные нужды. Наиболее водоемкие отрасли промышленности — горнодобывающая, сталелитейная, хи-

мическая, нефтехимическая, целлюлозно-бумажная и пищевая. На них уходит до 70% всей воды, затрачиваемой в промышленности. Главный же потребитель пресной воды — сельское хозяйство: на его нужды уходит 60—80% всей пресной воды.

Подсчеты показывают, что на все виды водопользования тратится 2200 км³ воды в год. На разбавление стоков уходит почти 20% ресурсов пресных вод мира. Расчеты на 2000 год показывают, что если даже очистка охватит все сточные воды, все равно на их разбавление потребуется 30—35 тыс. км³ пресной воды. Это означает, что ресурсы полного мирового речного стока будут близки к исчерпанию.

Уже в настоящее время недостаток пресной воды испытывают не только территории, которые природа обделила водными ресурсами, но и многие регионы, еще недавно считавшиеся благополучными в этом отношении. В настоящее время потребность в пресной воде не удовлетворяется у 20% городского и 75% сельского населения планеты.

Вмешательство человека в природные процессы затронуло даже такие крупные реки, как Волга, Дон, Днепр. При этом уменьшились объемы переносимых водных масс (сток рек). Используемая в сельском хозяйстве вода по большей части расходуется на испарение и образование растительной биомассы. Следовательно, она не возвращается в реки. Уже сейчас в наиболее обжитых районах страны сток рек сократился на 8%, а у таких рек, как Дон, Терек, Урал, — на 11—20%.

Ограниченные запасы пресной воды еще больше сокращаются из-за их загрязнения. Главную опасность представляют сточные воды (промышленные, сельскохозяйственные и бытовые), поскольку значительная часть использованной воды возвращается в водные бассейны в виде сточных вод.



Испарение. Транспирация. Загрязнение водоемов. Тепловое загрязнение водоемов.



1. Какую важную роль играет вода в биосфере? 2. Как происходит круговорот воды в природе? 3. Что такое транспирация? Какую роль она играет в круговороте воды в природе? 4. На какую основную хозяйственную деятельность человеку необходима вода? 5. Каковы основные источники загрязнения воды? 6. В чем опасность загрязнения водных ресурсов? 7. В чем опасность теплового загрязнения воды?



1. На комнатных растениях наблюдайте интенсивность транспирации и проследите, как она меняется в зависимости от условий, в которых находятся растения.
2. Обследуйте близлежащие водоемы. Определите степень их загрязненности. Постарайтесь выявить основные источники загрязнения воды в вашей местности.

Материал для обсуждения.

Вода — наиболее ценное природное богатство, потому что она необходима для жизни всех.

Почти вся имеющаяся на Земле вода (97,2%) находится в Мировом океане. На долю пресных вод суши приходится около 3%. В основном это подземные воды, находящиеся в верхних слоях земной коры, и ледники. Объем воды во всех озерах и реках ничтожно мал (около 0,01%). Но именно пресные воды рек, озер, а также подземные воды составляют водные ресурсы, которые используются человеком во всех сферах его деятельности.

В настоящее время для получения 100 кВт·ч электроэнергии требуется до 220 м³ воды; для получения 1 т стали — 150—230 м³ воды; для изготовления капронового волокна — 5000 м³ воды.

Среди продуктов промышленного производства особое место по своему отрицательному воздействию на водную среду и живые организмы занимают токсичные синтетические вещества. Они находят все более широкое применение в промышленности, на транспорте, в коммунально-бытовом хозяйстве. Концентрация этих соединений в сточных водах, как правило, составляет 5—15 мг/л при ПДК 0,1 мг/л.

Известно, что 5 г бензина и других нефтепродуктов затягивают тонкой пленкой 50 м² водной поверхности и нарушают жизнь водоема.

Что произойдет, если мы бесхозяйственно будем относиться к использованию воды? Что можно предпринять уже сегодня для сохранения водных ресурсов?

5.5. Радиоактивность в биосфере

Радиоактивные загрязнения имеют существенное отличие от других. Радиоактивные нуклиды — это ядра нестабильных химических элементов, испускающие заряженные частицы и коротковолновые электромагнитные излучения. Именно эти частицы и излучения, попадая в организм чело-



Рис. 69. Внутреннее облучение радиоактивными элементами

века, разрушают клетки, вследствие чего могут возникнуть различные болезни, в том числе и лучевая.

В биосфере повсюду действуют естественные источники радиоактивности. И человек, как и все живые организмы, всегда подвергался естественному облучению. Внешнее облучение происходит за счет излучения космического происхождения и радиоактивных нуклидов, находящихся в окружающей среде. Внутреннее облучение создается радиоактивными элементами, попадающими в организм человека с воздухом, водой и пищей (рис. 69).

Для количественной характеристики воздействия излучения на человека используют единицы: биологический эквивалент рентгена (бэр) или зиверт (Зв) ($1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$).

В результате внутреннего и внешнего облучения человек в течение года в среднем получает дозу 0,1 бэр и, следовательно, за всю свою жизнь около 7 бэр. В этих дозах облучение не приносит вреда человеку. Но если суммарная доза внешнего и внутреннего облучения превышает определенный предел, то это вызывает различные изменения в организме, что может привести к болезням и даже смерти чело-

века. Вот почему каждый человек должен знать допустимые дозы радиоактивного облучения (рис. 70).

На земном шаре есть такие местности, где ежегодная доза радиоактивности выше средней. Так, например, люди, живущие в высокогорных районах, за счет космического излучения могут получить дозу в несколько раз большую. Большие дозы излучения могут быть в местностях, где содержание естественных радиоактивных источников велико. Так, например, в Бразилии (200 км от Сан-Паулу) есть возвышенность, где годовая доза составляет 25 бэр. Эта местность необитаема.

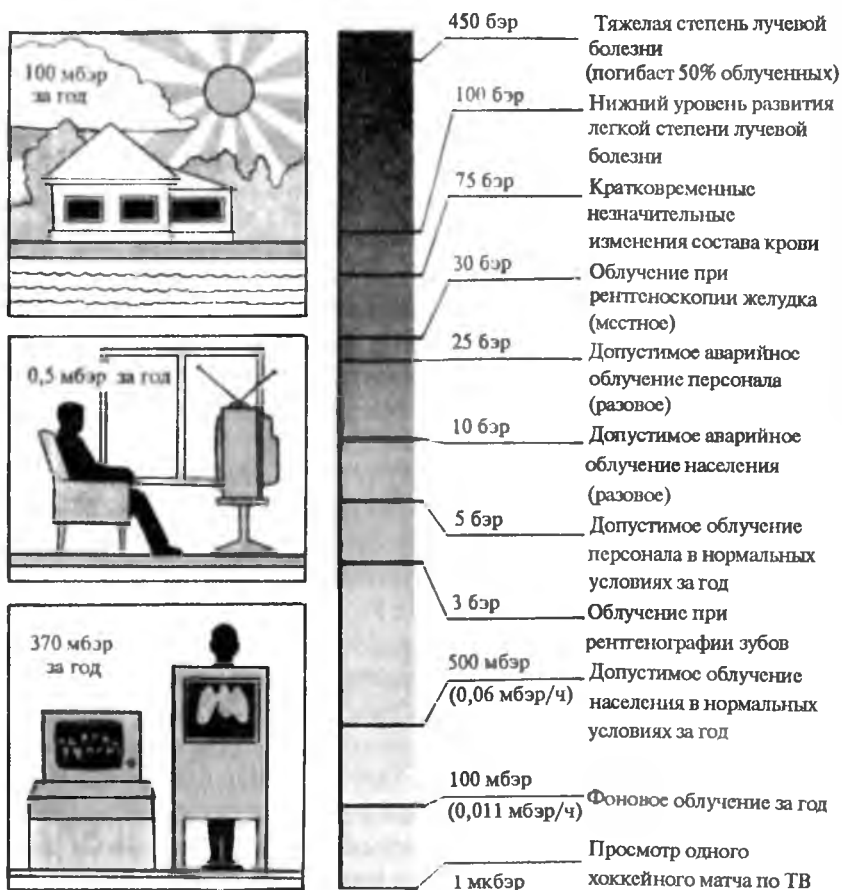


Рис. 70. Степени радиоактивного облучения человека



Рис. 71. Радиоактивное заражение при наземном ядерном взрыве

Наибольшую опасность представляет радиоактивное загрязнение биосферы в результате деятельности человека. В настоящее время радиоактивные элементы достаточно широко используются в различных областях. Халатное отношение к хранению и транспортировке этих элементов приводит к серьезным радиоактивным загрязнениям. Радиоактивное заражение биосферы связано, например, с испытаниями атомного оружия (рис. 71).

Во второй половине нашего столетия начали вводить в эксплуатацию атомные электростанции, ледоколы, подводные лодки с ядерными установками. При нормальной эксплуатации объектов атомной энергии и промышленности загрязнение окружающей среды радиоактивными нуклидами составляет ничтожно малую долю от естественного фона. Иная ситуация складывается при авариях на атомных объектах.

Так, при взрыве на Чернобыльской атомной станции в окружающую среду было выброшено лишь около 5% ядерного топлива. Но это привело к облучению многих людей, большие территории были загрязнены настолько, что ста-

ли опасными для здоровья. Это потребовало переселения тысяч жителей из зараженных районов. Повышение радиации в результате выпадения радиоактивных осадков было отмечено за сотни и тысячи километров от места аварии.

В настоящее время все острее встает проблема складирования и хранения радиоактивных отходов военной промышленности и атомных электростанций. С каждым годом они представляют все большую опасность для окружающей среды. Таким образом, использование ядерной энергии поставило перед человечеством новые серьезные проблемы.



Радионуклиды. Бэр. Радиация. Лучевая болезнь. Радиоактивное заражение.



1. Что такое радиоактивное загрязнение биосферы?
2. В чем отличия радиоактивного загрязнения от других видов загрязнений биосферы?
3. Каковы основные источники радиоактивного загрязнения?
4. В чем опасность повышения радиоактивности в биосфере?



Рассмотрите рисунок 69. Объясните, какими путями радионуклиды могут попасть в организм человека. В чем их опасность?

5.6. Экологические проблемы биосферы

Хозяйственная деятельность человека в биосфере. В результате деятельности человека при выбросах даже одного предприятия может произойти загрязнение атмосферы, реки, озера или будет уничтожен большой лесной массив. Это примеры местных (локальных) экологических проблем.

Загрязнение морей, речных бассейнов, природной среды городов, нарушение состояния территории разработками полезных ископаемых можно рассматривать как региональные экологические проблемы.

Однако хозяйственная деятельность человека, приобретая все более глобальный характер, начинает оказывать весьма ощутимое влияние на процессы, происходящие в биосфере. Вы уже узнали о некоторых результатах деятельности человека и их влиянии на биосферу. К счастью, до определенного уровня биосфера способна к саморегуляции. И это позволяет свести к минимуму негативные по-

следствия деятельности человека. Но существует предел, когда биосфера уже не в состоянии поддерживать равновесие. Тогда начинаются необратимые процессы, приводящие к экологическим катастрофам. С ними человечество уже столкнулось в ряде регионов планеты.

Человечество существенно изменило ход течения целого ряда процессов в биосфере, в том числе биохимических круговоротов и миграции ряда элементов. В настоящее время, хотя и медленно, происходит качественная и количественная перестройка всей биосферы планеты. Уже возник ряд таких сложнейших глобальных *экологических проблем* биосферы, которые необходимо решать в ближайшее время.

Демографический взрыв. Численность и структура любой популяции контролируется и регулируется множеством факторов окружающей среды, а также внутренними механизмами популяционной регуляции. Ученые считают, что если бы *Homo sapiens* (Человек разумный) как вид подчинялся всем биологическим законам, то численность человеческой популяции на нашей планете была бы не более 500 тысяч. Но человек, используя достижения науки и техники, в значительной мере освободился от давления лимитирующих факторов окружающей среды. Преобразуя естественную среду, человечество создало условия для роста своей популяции. Изменения численности и структуры популяции человека изучает *демография*.

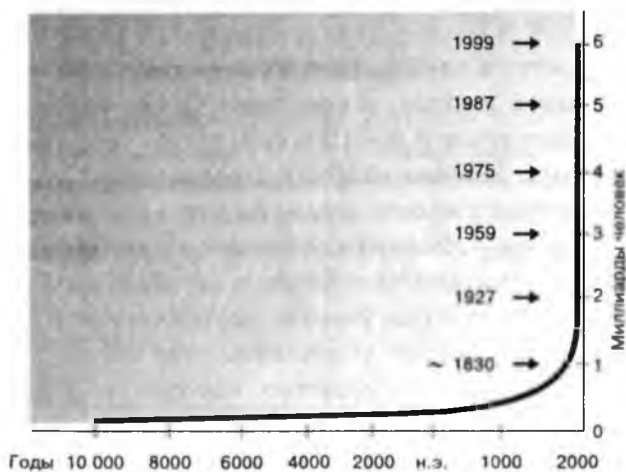


Рис. 72. Рост численности населения Земли



Рис. 73. «Парниковый эффект»: 1 — нагревание земной поверхности; 2 — отражение теплового излучения Земли вследствие загрязнения атмосферы

На протяжении многих тысячелетий рост численности населения земного шара происходил сравнительно медленно. Начиная с XV в., темпы роста народонаселения стали заметно нарастать. В XX в. рост численности населения приобрел характер «демографического взрыва». За одно столетие численность населения Земли увеличилась почти в 4 раза и достигла 6 млрд человек (рис. 72). Особенно быстро население растет в слаборазвитых странах.

По прогнозам ученых, к середине XXI в. численность человечества достигнет 8,5—10 млрд, после чего, как полагают ученые, она должна стабилизироваться. В то же время демографическая емкость планеты, то есть максимальная численность людей, которая сочетается с достаточным обеспечением жизненными ресурсами и нормальным качеством среды, по разным оценкам ученых, составляет от 1,5 до 3 млрд человек. Следует также учитывать, что человек — единственное биологическое существо, которое не ограничивает себя первичными биологическими потребностями. Современное общество вовлекает в производство и потребляет в 150 раз больше веществ и материалов, в 1400 раз больше во-

ды и в 30 раз больше энергии, чем необходимо человеку для поддержания жизни.

Практически человечество существует благодаря использованию природных ресурсов, которые накопила биосфера за миллиарды лет. Но мы знаем, что уже сейчас эти ресурсы истощаются.

Увеличение численности человечества может привести к нарушению природного равновесия, так как по закону постоянства количества живого вещества такое увеличение может происходить только за счет других видов. Если человечество не изменит своих взаимоотношений с биосферой, то возникнет реальная угроза существования самой человеческой цивилизации.

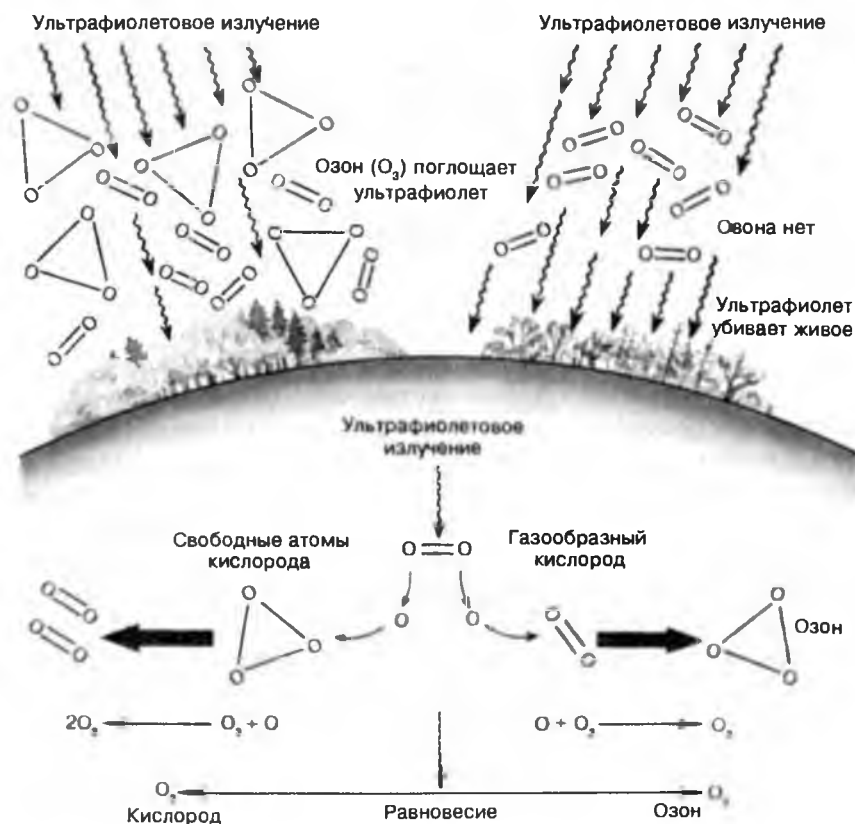


Рис. 74. Механизмы образования озонового слоя (внизу) и его роль в атмосфере (вверху)

Неконтролируемый рост численности может привести к снижению качества человеческой популяции. Стремление всемерно облегчить физический и умственный труд, техническая информатизация общества усугубляют это положение. Люди все больше пользуются имитациями и суррогатами естественной биологической активности, «виртуализацией» реальной жизни. В человеческой популяции накапливается генетический груз наследственных заболеваний, предрасположенность к болезням, злокачественные новообразования, огромное число инфекций, психические и аллергические расстройства, явления дезадаптации и т. д. У многих жителей больших городов наблюдаются признаки стресса перенаселения, которые иногда встречаются и в переуплотненных популяциях животных: неврозы, агрессивность, снижение физической плодовитости и др. Многие люди поддерживают свое существование и дееспособность только с помощью искусственных приспособлений (протезы, механические стимуляторы деятельности органов, слуховые аппараты, очки и т. д.) и лекарственных препаратов. Проблемы экологии человека все больше становятся проблемами здравоохранения. Быстрый рост населения не только создает экономические проблемы, но и усиливает социальное неравенство среди людей. В человеческом обществе все больше наблюдается разрыв между максимальными возможностями получения благ и их реальной доступностью для большинства людей.

В настоящее время человечество начинает понимать, что природные ресурсы на нашей планете крайне ограничены, в то же время основой современной цивилизации является общество потребления. Оно стимулирует потребности и вырабатывает продукцию, которая не только не является необходимой для жизни человека, но и направлена против нее (оружие, отравляющие вещества, наркотики, алкоголь, табак и т. д.).

Все современные экологические проблемы биосферы — результат антропогенной деятельности.

«Парниковый эффект». По новейшим данным ученых, за 80-е гг. средняя температура воздуха в Северном полушарии повысилась по сравнению с климатом в конце XIX в. на 0,5—0,6 °C. По прогнозам, к началу XXI в. средняя температура на планете может повыситься на 1,2 °C по сравнению с доиндустриальной эпохой. Экологи связывают такое по-

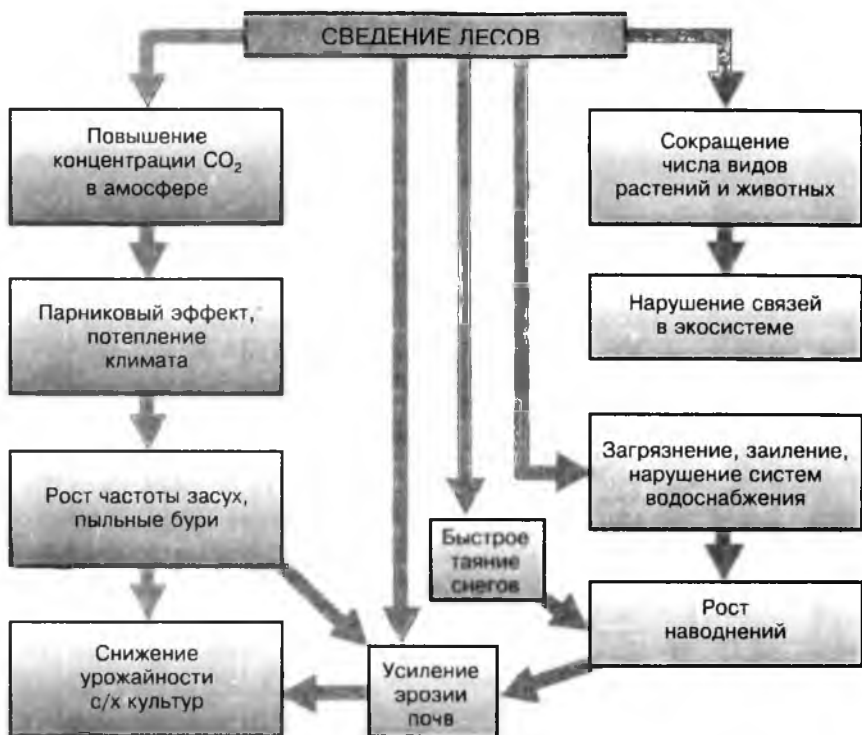


Рис. 75. Последствия сведения лесов

вышение температуры, в первую очередь, с увеличением содержания углекислого газа (диоксида углерода) и аэрозолей в атмосфере. Это приводит к чрезмерному поглощению воздухом теплового излучения Земли. Очевидно, определенную роль в создании так называемого «парникового эффекта» играет и тепло, выделяющееся от ТЭЦ, АЭС и других промышленных предприятий (рис. 73).

Потепление климата может привести к интенсивному таянию ледников и повышению уровня Мирового океана. Опасные изменения, которые могут произойти вследствие этого, просто трудно предсказать.

Истощение озонового слоя. В последние годы ученые все с большей тревогой отмечают истощение озонового слоя атмосферы, который является защитным экраном от ультрафиолетового излучения. Опасность заключается в том, что ультрафиолетовое излучение губительно для живых организмов (рис. 74).

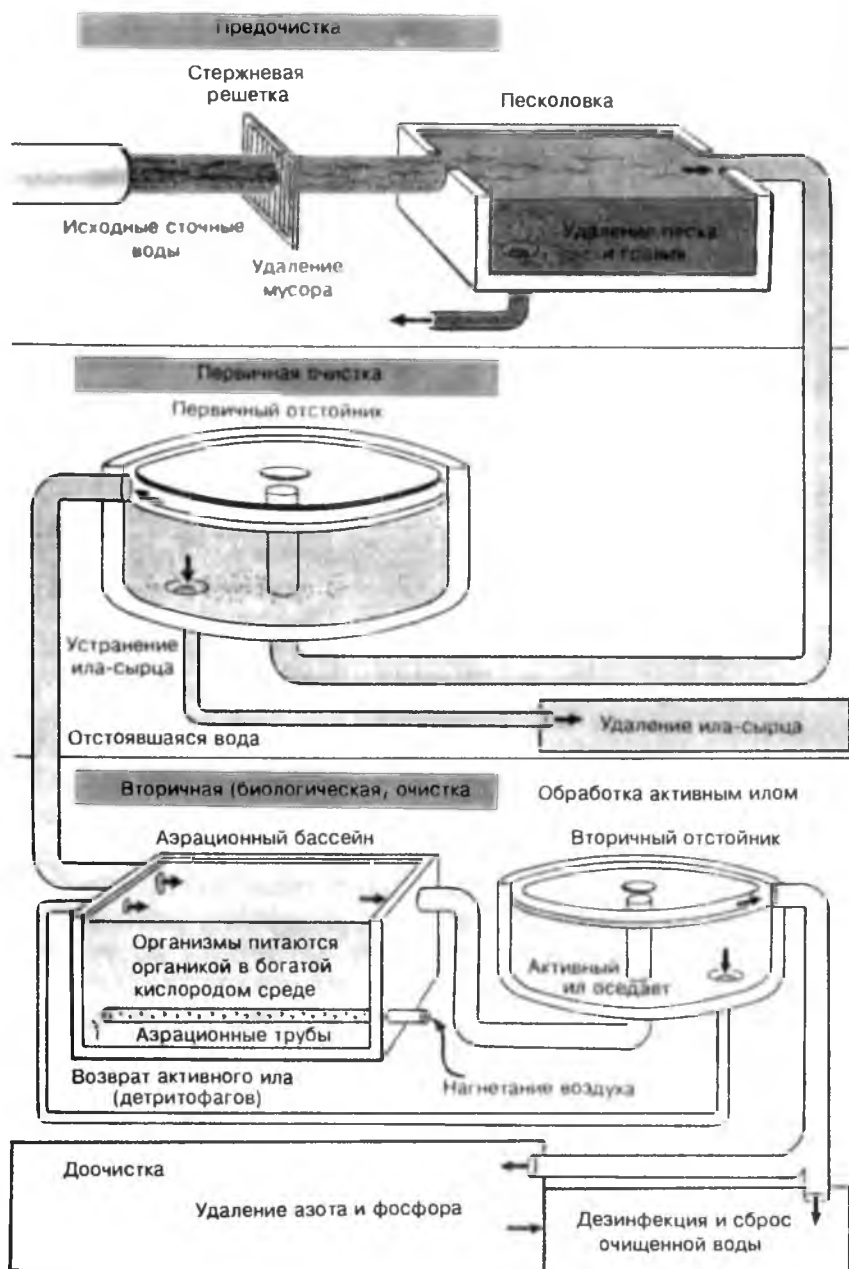


Рис. 76. Очистные сооружения

Под действием ультрафиолетового излучения молекулы кислорода (O_2) распадаются на свободные атомы, которые, в свою очередь, могут присоединяться к другим молекулам кислорода с образованием озона (O_3). Свободные атомы кислорода могут также реагировать с молекулами озона, образуя две молекулы кислорода. Таким образом, между кислородом и озоном устанавливается и поддерживается равновесие (рис. 74).

Однако загрязнители типа фреонов катализируют (ускоряют) процесс разложения озона, нарушая равновесие между ним и кислородом в сторону уменьшения концентрации озона.

Учитывая опасность, нависшую над планетой, международное сообщество сделало первый шаг к решению этой проблемы. Подписано международное соглашение, по которому производство фреонов в мире к 1999 г. должно сократиться примерно на 50%.

Массовое сведение лесов — одна из наиболее важных глобальных экологических проблем современности.

Вы уже знаете, что лесные сообщества играют важнейшую роль в нормальном функционировании природных экосистем. Они поглощают атмосферные загрязнения антропогенного происхождения, защищают почву от эрозии, регулируют нормальный сток поверхностных вод, препятствуют снижению уровня грунтовых вод и заиливанию рек, каналов и водохранилищ.

Уменьшение площади лесов нарушает процесс круговорота кислорода и углерода в биосфере.

Кислотные дожди, вызываемые, главным образом, диоксидом серы и оксидами азота, наносят огромный вред лесным биоценозам. Установлено, что от кислотных дождей страдают в большей степени хвойные породы.

Кислотные дожди оказывают и другие неблагоприятные воздействия на окружающую среду.

Только на территории нашей страны общая площадь лесов, пораженных промышленными выбросами, достигла 1 млн га. Значительным фактором деградации лесов в последние годы является загрязнение окружающей среды радионуклидами. Так, в результате аварии на Чернобыльской АЭС поражено 2,1 млн га лесных массивов.

Несмотря на то, что катастрофические последствия сведения лесов уже широко известны, уничтожение их продолжается.

Нерациональные вырубки лесов и пожары привели к тому, что во многих местах, некогда сплошь покрытых леса-

ми, к настоящему времени они сохранились лишь на 10—30% территории. Особенно интенсивно уничтожаются влажные тропические леса в Азии, Африке, Америке и некоторых других регионах мира. Значительно сократились площади лесов и в нашей стране.

Сведение лесов влечет за собой гибель их богатейшей флоры и фауны. Человек обедняет облик своей планеты. Последствия сокращения площади лесов человек ощущает уже сегодня (рис. 75).

Однако, кажется, человечество уже осознает, что его существование на планете неразрывно связано с жизнью и благополучием лесных экосистем. Серьезные предупреждения ученых, прозвучавшие в декларациях Организации Объединенных Наций, других международных организаций, начали находить отклик. В последние годы во многих странах мира стали успешно проводиться работы по искусственному лесоразведению и организации высокопродуктивных лесных плантаций.

Отходы производства. Серьезнейшей экологической проблемой стали отходы промышленного и сельскохозяйственного производств. В настоящее время делаются попытки уменьшить количество отходов, загрязняющих окружающую среду. С этой целью разрабатываются и устанавливаются сложнейшие фильтры, строятся дорогостоящие очистные сооружения и отстойники (рис. 76). Но практика показывает, что они, хотя и снижают опасность загрязнения, все-таки не решают проблему. Известно, что даже при самой совершенной очистке, включая биологическую, все растворенные минеральные вещества и до 10% органических загрязняющих веществ остаются в очищенных сточных водах. Воды такого качества могут стать пригодными для потребления только после многократного разбавления чистой водой.

Из анализа водопользования за пять-шесть прошедших десятилетий вытекает, что ежегодный прирост водопотребления, при котором использованная вода безвозвратно теряется для природы, составляет 4—5%. Перспективные расчеты показывают, что при сохранении таких темпов потребления и с учетом прироста населения и объемов производства к 2100 г. человечество может исчерпать все запасы пресной воды.

Очевидно, решение проблемы возможно при разработке и внедрении в производство совершенно новых, замкнутых, безотходных технологий. Это создаст условия для получения дополнительной нужной человеку продукции и обезопасит окружающую среду.

Сельское хозяйство. В сельскохозяйственном производстве важно строго соблюдать правила агротехники и следить за нормами внесения удобрений. Так как химические средства борьбы с вредителями и сорняками приводят к существенным нарушениям экологического равновесия, ведутся поиски путей преодоления этого кризиса в нескольких направлениях.

Проводятся работы по выведению сортов растений, устойчивых к сельскохозяйственным вредителям и болезням: создаются бактериальные и вирусные препараты избирательного действия, поражающие, например, только насекомых-вредителей. Изыскиваются пути и способы биологической борьбы, то есть ведется поиск и размножение естественных врагов, уничтожающих тех грызунов и насекомых, которые вредят хозяйству человека. Разрабатываются высокоизбирательные препараты из числа гормонов, антигормонов и других веществ, способных действовать на биохимические системы определенных видов животных и не оказывать ощутимого действия на другие организмы.

Производство энергии. Потребность в энергии — одна из основных жизненных потребностей человека. Энергия нужна не только для нормальной деятельности современного человеческого общества, но и для простого физического существования каждого отдельного человека. В настоящее время электроэнергию в основном получают на гидроэлектростанциях, тепловых и атомных станциях.

Гидроэлектростанции (ГЭС) на первый взгляд являются экологически чистыми предприятиями, не наносящими вреда природе. Теперь стало ясно, что строительство плотин на больших равнинных реках приводит к затоплению огромных территорий под водохранилища. Это связано с переселением большого числа людей и потерей пастбищных угодий.

Перегораживая реку, плотина создает непреодолимые препятствия на путях миграций проходных и полупроходных рыб, поднимающихся на нерест в верховья рек.

Вода в хранилищах застаивается, ее проточность замедляется, что сказывается на жизни всех живых существ, обитающих в реке и у реки.

Повышение воды влияет на грунтовые воды, приводит к подтоплению, заболачиванию, к эрозии берегов и оползням.

Этот список отрицательных последствий строительства ГЭС на равнинных реках можно продолжить. Крупные высотные плотины на горных реках также представляют собой источники опасности, особенно в районах с высокой сейсмичностью. В мировой практике известно несколько случаев, когда прорыв таких плотин привел к огромным разрушениям и гибели сотен и тысяч людей.

На *тепловых электростанциях* (ТЭС) вырабатывается более 60% общего объема электроэнергии в нашей стране. Не все знают, что уголь обладает небольшой природной радиоактивностью. Так как на ТЭС сжигаются огромные объемы топлива, то ее суммарные радиоактивные выбросы получаются значительными. Но этот фактор второстепенный по сравнению с главным бедствием, наносимым природе и людям выбросами в атмосферу химических соединений, являющихся продуктами сгорания.

На ТЭС в качестве топлива используют также мазут и газ. С экологической точки зрения энергетические установки, работающие на жидком топливе и особенно на газе, более чистые, чем на твердом. Перевод ТЭС на газ позволяет повысить КПД энергетических установок и резко улучшить экологическую обстановку, особенно в городах.

Хотя *атомные электростанции* (АЭС) считаются экологически более чистыми, чем просто электростанции, они таят в себе большую потенциальную опасность в случае серьезных аварий реактора. В этом мы убедились на примере Чернобыльской катастрофы.

Таким образом, энергетика ставит, казалось бы, неразрешимые экологические проблемы. Поиски решения проблемы ведутся в нескольких направлениях.

Экологи считают, что наиболее перспективным является использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Это, прежде всего, энергия Солнца и ветра, тепло земных недр, тепловая и механическая энергия океана. Во многих странах, в том числе и у нас, уже созданы не только опытные, но и промышленные установки на этих источниках энергии. Они еще сравнительно маломощные. Но многие ученые считают, что за ними большое будущее.



Гидроэлектростанции (ГЭС). Теплоэлектростанции (ТЭС). Атомные электростанции (АЭС).



1. Какие основные экологические проблемы стоят перед человечеством? 2. В чем опасность исчезновения озонового

слоя атмосферы? 3. В чем опасность «парникового эффекта» для биосферы? 4. Какие экологические проблемы создали энергетические комплексы?



Предложите возможные пути решения одной из экологических проблем.

5.7. Основы рационального управления природными ресурсами и их использования

Цели и задачи рационального управления природными ресурсами. Природные ресурсы — важнейшие компоненты окружающей человека среды, используемые для удовлетворения материальных и культурных потребностей общества. Они весьма разнообразны (рис. 77), как и возможности их использования человеком. Ограничен-

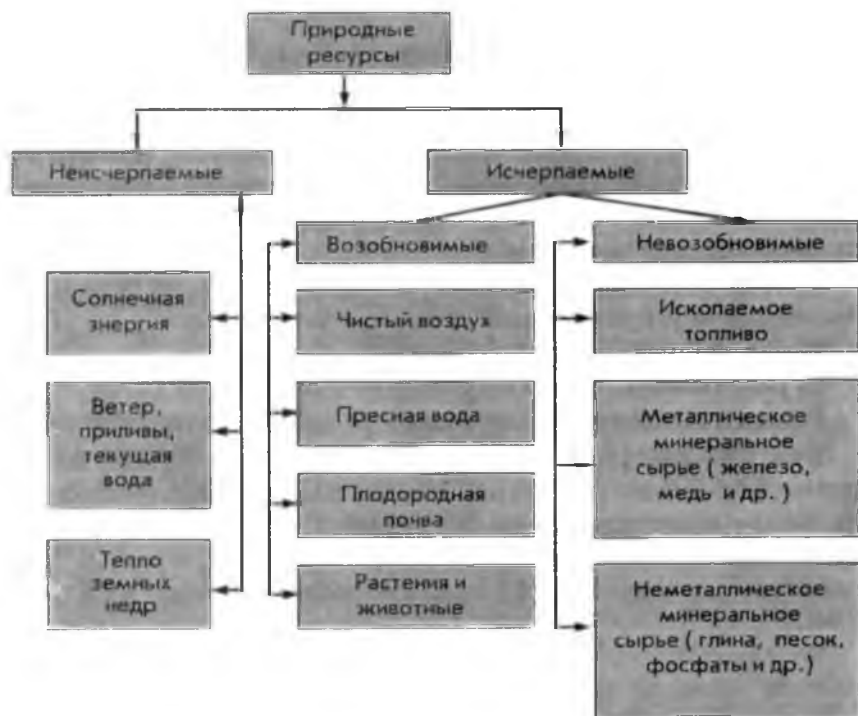


Рис. 77. Природные ресурсы

ность ресурсов Земли становится в настоящее время одной из наиболее актуальных проблем человеческой цивилизации. Поэтому одним из важнейших моментов современности можно считать решение задач по рациональному управлению природными ресурсами. Выполнение этого требует не только обширных и глубоких знаний закономерностей и механизмов функционирования экологических систем, но и определенного нравственного воспитания общества, осознания людьми своего единства с природой, необходимости перестройки системы общественного производства и потребления.

Речь в данном случае идет о формировании такой стратегии развития человеческого общества, которая позволяет гармонично сочетать его потребности с возможностями сохранения нормального функционирования биосферы. Это означает не только широкое распространение производственных способов (технологий) сбережения энергии и ресурсов, но и изменение характера потребностей людей, их потребительских идеалов.

В настоящее время мы живем в обществе, которое называют обществом одноразового потребления. Для него характерно нерациональное, расточительное использование природных ресурсов. Для сохранения человеческой цивилизации необходимо построить природосберегающее общество, основой которого должно стать разумное использование природных ресурсов (рис. 78).

Для сознательного и квалифицированного управления экономикой и природопользованием необходимо:

- 1) определить цели управления;
- 2) разработать программу их достижения;
- 3) создать механизмы реализации поставленных задач.

Вам уже известно, что энергетическим источником накопления биомассы первичной продукции (зеленых растений) на Земле является солнечная энергия. Для земледелия же пригодны лишь около 10% поверхности суши, которые при современных условиях позволяют снять ограниченный урожай.

Человечество уже приближается к пределу тех возможностей, которые могут быть обеспечены продукционными свойствами биосферы. Нужно ли говорить, что естественные ограничения затрагивают не только пищевые, но и

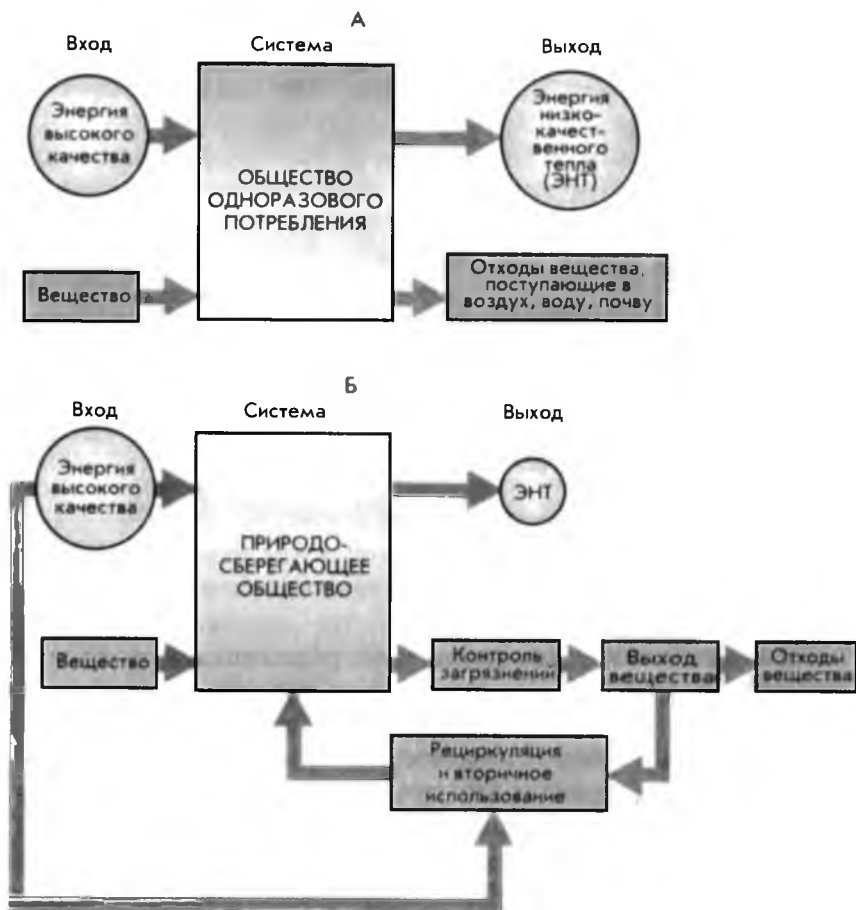


Рис. 78. Модели общества одноразового потребления и природосберегающего

иные природные ресурсы, удовлетворяющие потребности людей в тепле, жилище, одежде и др.

Таким образом, *рациональное природопользование* — единственный выход из ситуации.

Общая задача рационального управления природными ресурсами состоит в нахождении наилучших (по определенным критериям) или *оптимальных способов эксплуатации естественных и искусственных (например, сельскохозяйственных) экосистем.*

Основными принципами рационального природопользования являются изучение, охрана, освоение и преобразование природной среды (рис. 79).



Рис. 79. Принципы рационального природопользования

Природопользование принимает различные формы в зависимости от типов природных ресурсов: *расходуемых* (энергетические, сырьевые, пищевые, генофонд) и *ресурсов среды* (условия труда, отдыха и здоровья).

Подходы к управлению промысловыми популяциями. Любая *эксплуатируемая популяция* характеризуется определенной продуктивностью, производимой в единицу времени новой биомассой. При такой эксплуатации человек изымает часть биомассы в виде урожая, представляющего собой ту или иную долю биопродукции. Наличие внутривидовой или межвидовой конкуренции, воздействия неблагоприятных условий внешней среды и других факторов могут снижать продукцию (естественный прирост). И разница между ней и урожаем может заметно сократиться или даже стать отрицательной. В последнем случае изъятие будет превышать естественный прирост биомассы популяции.

Разумный подход к использованию биологических ресурсов состоит:

- в поддержании продуктивности популяции на максимально высоком уровне;
- сборе урожая, величина которого максимально близка к производимой популяцией продукции.

Такое регулирование предполагает глубокое знание экологии эксплуатируемой популяции, выработку и соблюдение норм и правил ее использования.

Как вам известно из главы 2, существуют всего три пути, по которым может осуществляться управление продуктивностью популяции. Это — рождаемость, смертность, скорость роста особей. Все эти характеристики находятся под влиянием многих факторов: пищевых ресурсов, состояния климата и почв, наличия влаги, света, тепла, степени плотности популяции, взаимодействия с другими видами, наличия паразитов, болезней и прочего.

Поддерживая благоприятные условия и подавляя отрицательные воздействия, человек может регулировать продуцирование (нарастание) биомассы, добиваясь максимальной скорости этого процесса. Изменяя интенсивность изъятия биомассы (то есть величину собираемого урожая), человек может оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на популяцию в биогеоценозе.

Вам уже известно, что одним из факторов, контролирующих процесс популяционной динамики, является сама плотность популяции. Внутренние механизмы регулирования, как правило, приводят к снижению продуктивности популяции при возрастании ее плотности (численности). Кроме того, у старых особей рост и плодовитость ниже, чем у молодых.

Изъятие из многочисленной популяции старых особей с высокой конкурентоспособностью, но пониженной плодовитостью будет приводить к ослаблению внутривидовой конкуренции и повышению продуктивности популяции в целом. Такое изъятие будет благоприятно сказываться на воспроизводстве эксплуатируемого запаса.

Наоборот, изъятие молодых особей не даст желаемого увеличения продуктивности, так как положительный эффект от снижения конкурентной борьбы будет поглощен сокращением рождаемости.

Подобные ситуации хорошо известны из опыта рыболовства. Изменяя размеры ячеи в орудиях лова, сроки и места добычи, можно регулировать возраст пойманной рыбы.

Подходы к управлению сельскохозяйственными экосистемами. Несмотря на то, что сельское хозяйство ориентируется на использование культурных растений и домашних животных, управление этим видом деятельности (в частно-

сти, применение удобрений, средств защиты растений, организация выпаса и откорма скота) и другие вопросы не так просты, как могут показаться.

Общая стратегия аграрного производства связана с интенсивным ведением земледелия и животноводства, использованием оптимальных приемов агротехники, поддержания плодородия почв, борьбы с вредителями. Это требует разработки новой сельскохозяйственной технологии, базирующейся на изучении и хорошем знании экологии агроценозов и процессов, происходящих в них, а также на их границах с природными системами.

Рациональное использование минеральных ресурсов; общие требования к охране окружающей среды. Перейдем теперь от эксплуатации природных биологических ресурсов и сельскохозяйственного производства к использованию *минеральных ресурсов*.

В предыдущих разделах обсуждались проблемы ограниченности природных ресурсов, несовершенства технологии их добычи и переработки, следствием чего стало разрушение биогеоценозов, загрязнение окружающей среды, нарушение климата и биогеохимических циклов. Известны некоторые рациональные подходы к извлечению и переработке природных минеральных ресурсов (рис. 80).

Некоторые из современных производств и технологий уже удовлетворяют многим из этих требований, однако они все еще не стали нормой производственной сферы и природопользования в масштабах всей планеты.

Создание новых технологий должно сочетаться с компетентной грамотной экологической экспертизой всех, особенно широкомасштабных проектов в промышленности, строительстве, транспорте, сельском хозяйстве и других отраслях человеческой деятельности. Проводимая специальными независимыми органами, такая экспертиза позволит избежать многих просчетов и непредсказуемых последствий реализации этих проектов для биосферы.

В целом охрана окружающей среды и задачи восстановления природных ресурсов должны предусматривать следующие виды деятельности:

— локальный (местный), региональный и глобальный экологические мониторинги, то есть измерение и контроль



Рис. 80. Рациональные подходы к использованию минеральных ресурсов

состояния важнейших характеристик окружающей среды, концентрации вредных веществ в атмосфере, воде, почве;

- восстановление и охрана лесов от пожаров, вредителей, болезней;

- расширение и увеличение числа заповедных зон, эталонных экосистем, уникальных природных комплексов;

- охрана и разведение редких видов растений и животных;

- широкое просвещение и экологическое образование населения;

- международное сотрудничество в деле охраны среды.

Только активная работа во всех областях человеческой деятельности по формированию нового отношения к природе, разработка рационального природопользования, природосберегающей технологии будущего смогут решать экологические проблемы сегодняшнего дня и перейти к гармоничному сотрудничеству с Природой.



Рациональное природопользование. Оптимальные способы эксплуатации экосистем. Эксплуатируемые популяции. Биологические ресурсы. Минеральные ресурсы.



1. Каковы, на ваш взгляд, возможные критерии рациональной эксплуатации лесных экосистем?
2. Какие изменения могут происходить в популяциях и агроэкосистемах в тех случаях, когда собираемый урожай меньше величины чистой первичной продукции?
3. Какие вам известны основные требования управления эксплуатацией минеральных ресурсов?



Проанализируйте рисунок 78. В чем принципиальное различие моделей общества одноразового потребления и природосберегающего? На каких принципах они построены? Какое из них более прогрессивное? Почему?

Материал для обсуждения

Экологи сформулировали следующие принципы для рационального использования природных ресурсов:

1. Старайтесь использовать неисчерпаемые и возобновимые ресурсы. Возобновимые ресурсы должны использоваться со скоростью их естественного восполнения (принцип — сбалансированное использование).

2. Большая часть отходов и загрязнителей или может быть отнесена к ресурсам, которые мы по глупости не используем, или они настолько опасны, что не должны производиться вообще (принцип — никаких отходов природе).

3. Для уменьшения загрязнений, экономии ресурсов и сокращения количества отходов необходимо использовать ресурсы в первую очередь для удовлетворения жизненно важных потребностей с максимальной эффективностью (принцип — умеренность в эффективности).

Объясните, как вы понимаете данные принципы. Выполняются ли они в нашем обществе?

Краткое содержание главы 5

Из-за увеличения масштабов антропогенного воздействия (хозяйственной деятельности человека), особенно в последнее столетие, нарушается равновесие в биосфере, что может привести к необратимым процессам и поставить вопрос о возможности жизни на планете. Загрязнение биосферы связано с развитием промышленности, энергетики, транспорта, сельского хозяйства и других видов деятельности человека без учета возможностей природы Земли. Уже сейчас перед человечеством встали серьезные экологические проблемы, требующие незамедлительного решения.



Окружающая среда и здоровье человека

Химические загрязнения среды
и здоровье человека

Биологические загрязнения и болезни человека

Влияние звуков на человека

Физические факторы среды и самочувствие человека

Питание и здоровье человека

Ландшафт как фактор здоровья

Проблемы адаптации
человека к окружающей среде





Человек на протяжении веков стремился не приспособиться к природной среде, а сделать ее удобной для своего существования. Теперь мы осознали, что любая деятельность человека оказывает влияние на окружающую среду, а ухудшение состояния биосферы опасно для всех живых существ, в том числе и для человека. Всестороннее изучение человека, его взаимоотношений с окружающим миром привели к пониманию, что здоровье — это не только отсутствие болезней, но и физическое, психическое и социальное благополучие человека. Здоровье — это капитал, данный нам не только природой от рождения, но и теми условиями, в которых мы живем.

Прочитав эту главу, вы узнаете о том:

- как загрязнение биосферы влияет на здоровье человека;
- какова связь между физическими факторами среды и самочувствием человека;
- как взаимосвязаны питание и здоровье человека;
- как влияет ландшафт на самочувствие и здоровье человека;
- каковы возможности адаптации (приспособленности) человека к изменениям окружающей среды.

6.1. Химические загрязнения среды и здоровье человека

В настоящее время хозяйственная деятельность человека все чаще становится основным источником загрязнения биосферы. В природную среду во все больших количествах попадают газообразные, жидкие и твердые отходы производств. Различные химические вещества, находящиеся в отходах, попадая в почву, воздух или воду, переходят по экологическим звеньям из одной цепи в другую, попадая в конце концов в организм человека.

На земном шаре практически невозможно найти место, где бы не присутствовали в той или иной концентрации загрязняющие вещества. Даже во льдах Антарктиды, где нет никаких промышленных производств, а люди живут только на небольших научных станциях, ученые обнаружили различные *токсичные (ядовитые) вещества* промышленного происхождения. Их заносят сюда потоки атмосферы.

Вы знаете, что вещества, загрязняющие природную среду, очень разнообразны. В зависимости от своей природы, концентрации, времени действия на организм человека они могут вызывать различные неблагоприятные последствия. Кратковременное воздействие небольших концентраций ядовитых веществ может вызывать головокружение, тошноту, першение в горле, кашель. Попадание в организм человека токсичных веществ в большой концентрации может привести к потере сознания, острому отравлению и даже смерти. Примером подобного действия могут являться смоги, образующиеся в крупных городах в безветренную погоду, или аварийные выбросы токсичных веществ промышленными предприятиями в атмосферу.

Реакции организма на загрязнения зависят от индивидуальных особенностей человека: возраста, пола, состояния здоровья. Как правило, более уязвимы дети, пожилые и престарелые, больные люди.

При систематическом или периодическом поступлении в организм сравнительно небольшого количества токсичных веществ происходит *хроническое отравление*.

Признаками хронического отравления являются нарушение нормального поведения, привычек, а также нейропсихические отклонения: быстрое утомление или чувство постоянной усталости, сонливость или, наоборот, бессонни-

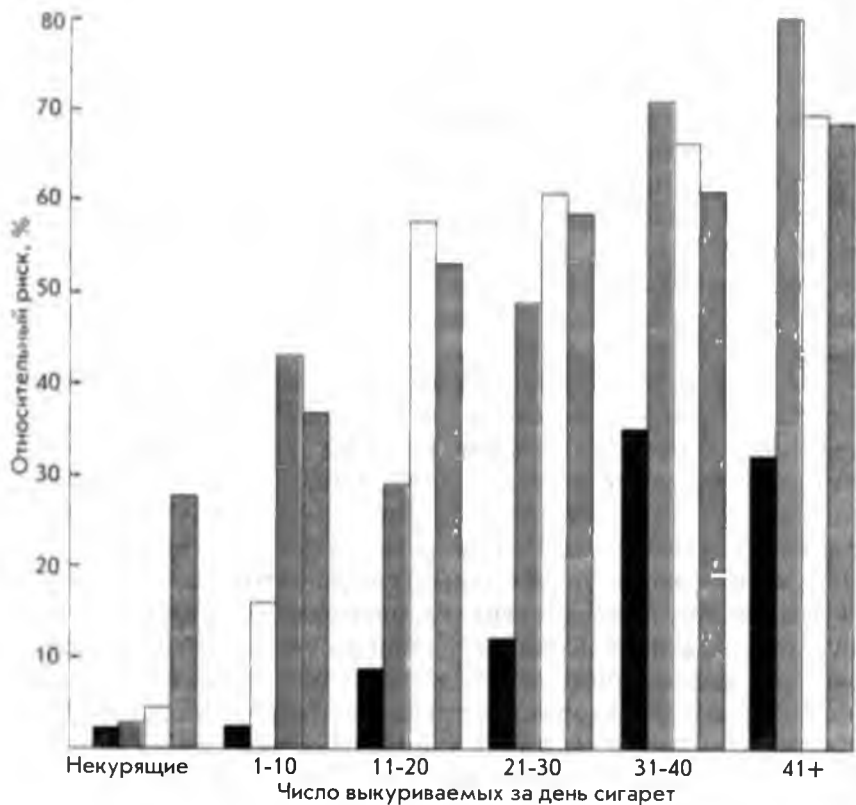


Рис. 81. Влияние курения на здоровье человека

ца, апатия, ослабление внимания, рассеянность, забывчивость, сильные колебания настроения.

При хроническом отравлении одни и те же вещества у разных людей могут вызывать различные поражения почек, кроветворных органов, нервной системы, печени.

Сходные признаки наблюдаются и при радиоактивном загрязнении окружающей среды. Так, в районах, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате Чернобыльской катастрофы, заболеваемость среди населения, особенно детей, увеличилась во много раз.

Лучевая болезнь может развиваться при внешнем облучении, а также при внутреннем, если радиоактивные вещества попадут в организм с воздухом, зараженной пищей или водой.

Различные радионуклиды могут накапливаться в определенных органах и создавать местное облучение. Так, радиоактивный стронций, попадая в организм даже в небольшом количестве, накапливается в костях и неблагоприятно воздействует на костный мозг, вызывая развитие лейкоза. На стадии развития эмбриона облучение не убивает зародыша, но является причиной рождения уродов, причем даже доза в 25 бэр, безопасная для организма матери, способна вызвать у эмбриона поражение мозга.

Высокоактивные в биологическом отношении химические соединения могут вызвать эффект отдаленного влияния на здоровье человека: хронические воспалительные заболевания различных органов, изменения нервной системы, действие на внутриутробное развитие плода, приводящее к различным отклонениям у новорожденных.

Огромный вред здоровью человека наносит курение (рис. 81). Курильщик не только сам вдыхает вредные вещества, но и загрязняет атмосферу, подвергает опасности других людей. Установлено, что люди, находящиеся в одном помещении с курильщиком, вдыхают даже больше вредных веществ, чем он сам.



Токсичные вещества. Хронические отравления.



1. Какие последствия может вызвать загрязнение окружающей среды у человека? 2. В чем опасность курения? 3. Почему не следует находиться в одном помещении с курящим человеком?



Составьте пищевую цепь, по которой химические вещества (пестициды, ядохимикаты) могут попасть в организм человека.

6.2. Биологические загрязнения и болезни человека

Кроме химических загрязнителей, в природной среде встречаются и *биологические*, вызывающие у человека различные заболевания. Это болезнетворные микроорганизмы, вирусы, гельминты, простейшие.

Наиболее опасны возбудители *инфекционных заболеваний*. Они имеют разную устойчивость в окружающей среде.

Одни могут жить вне организма человека всего несколько часов; находясь в воздухе, в воде, на разных предметах, они быстро погибают. Другие могут жить в окружающей среде от нескольких дней до нескольких лет. Для третьих окружающая среда является естественным местом обитания. Для четвертых — другие организмы, например дикие животные, являются местом сохранения и размножения.

Часто источником инфекции является почва, в которой постоянно обитают возбудители столбняка, ботулизма, газовой гангрены, некоторых грибковых заболеваний. В организм человека они могут попасть при повреждении кожных покровов, с немытыми продуктами питания, при нарушении правил гигиены.

Болезнетворные микроорганизмы могут проникнуть в грунтовые воды и стать причиной инфекционных болезней человека. Поэтому воду из артезианских скважин, колодцев, родников необходимо перед питьем кипятить.

Особенно загрязненными бывают открытые источники воды: реки, озера, пруды. Известны многочисленные случаи, когда загрязненные источники воды стали причиной эпидемий холеры, брюшного тифа, дизентерии.

В жарких странах широко распространены такие болезни, как амебиаз, шистоматоз, эхинококкоз и другие, которые вызываются различными паразитами, попадающими в организм человека с водой.

При воздушно-капельной инфекции заражение происходит через дыхательные пути при вдыхании воздуха, содержащего болезнетворные микроорганизмы. К таким болезням относится грипп, коклюш, свинка, дифтерия, корь и другие. Возбудители этих болезней попадают в воздух при кашле, чихании и даже при разговоре больных людей.

Особую группу составляют инфекционные болезни, передающиеся при тесном контакте с больным или при пользовании его вещами, например полотенцем, носовым платком, предметами личной гигиены и другими, бывшими в употреблении больного. К ним относятся венерические болезни (СПИД, сифилис, гонорея), трахома, сибирская язва, парша.

Человек, вторгаясь в природу, нередко нарушает естественные условия существования болезнетворных организмов и становится сам жертвой *природно-очаговых болезней*.

Люди или домашние животные могут заражаться *природно-очаговыми болезнями*, попадая на территорию природно-

го очага. К таким болезням относят чуму, туляремию, сыпной тиф, клещевой энцефалит, малярию, сонную болезнь.

Особенностью природно-очаговых болезней является то, что их *возбудители* существуют в природе строго на определенной территории вне связи с людьми или домашними животными. Они паразитируют в организме диких животных-хозяев. Передача возбудителей от животного к животному и от животного к человеку происходит преимущественно через переносчиков, чаще всего насекомых и клещей.

Возможны и другие пути заражения. Например, в некоторых жарких странах, а также в ряде районов нашей страны встречается инфекционное заболевание лептоспироз, или водяная лихорадка. В нашей стране возбудитель этой болезни паразитирует в организме полевки обыкновенной, широко распространенной на лугах около рек. Заболевание лептоспирозом носит сезонный характер, чаще встречается в период сильных дождей и в жаркие месяцы (июль, август). Человек может заразиться при попадании в его организм воды, загрязненной выделениями грызунов.

Такие болезни, как чума и орнитоз, передаются воздушно-капельным путем. Находясь в районах природно-очаговых заболеваний, необходимо соблюдать специальные меры предосторожности.



Биологические загрязнения. Инфекционные болезни. Природно-очаговые болезни. Возбудитель болезни. Переносчик инфекции.



1. Каковы пути передачи инфекции? 2. Какие природно-очаговые болезни вам известны? В чем их отличия от других инфекционных болезней? 3. Какие предосторожности следует соблюдать в районах, где установлены природно-очаговые болезни?



Заполните таблицу:

Название болезни	Возбудитель болезни	Способ заражения

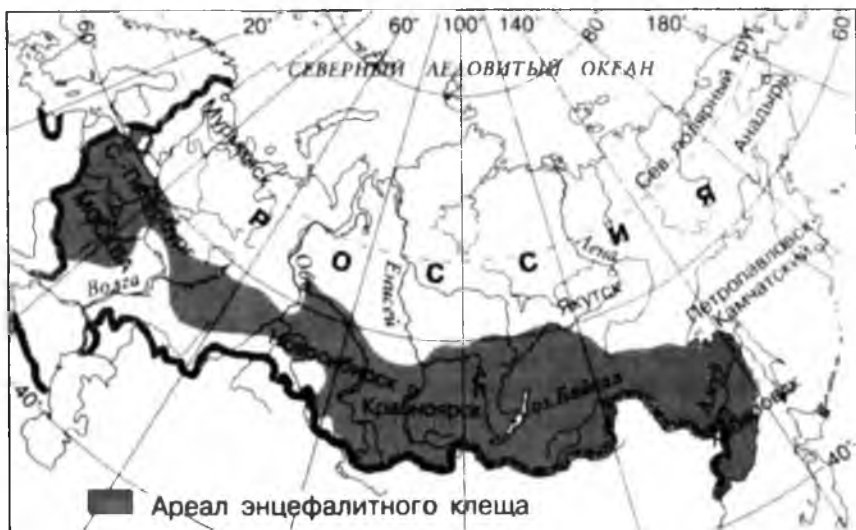


Рис. 82. Распространение клещевого энцефалита на территории России

Материал для обсуждения.

Клещевой энцефалит — заболевание, поражающее центральную нервную систему. Оно вызывается вирусом, который переносится клещами. Энцефалитные клещи занимают обширный ареал на территории России (рис. 82).

Половозрелые клещи наиболее активны весной и в начале лета, а неполовозрелые паразитируют обычно до конца теплого периода. Болеют клещевым энцефалитом в основном люди, связанные по роду своей деятельности с лесом. Но возможно заражение и через молоко коров и коз.

В России заболеваемость населения клещевым энцефалитом за последние 15 лет увеличилась более чем в два раза.

Обсудите, какие меры профилактики следует применять, если вы оказались в опасном районе.

6.3. Влияние звуков на человека

Человек всегда жил в мире звуков и шума. Звуком называют такие механические колебания внешней среды, которые воспринимаются слуховым аппаратом человека (от 16 до 20 000 колебаний в секунду). Колебания большей частоты называют *ультразвуком*, меньшей — *инфразвуком*. Шум — это громкие звуки, слившиеся в нестройное звучание.

Для всех животных и человека звук является одним из воздействий окружающей среды.

В природе громкие звуки редки, шум относительно слаб и непродолжителен. Сочетание звуковых раздражителей дает время животному или человеку, необходимое для оценки их характера, формирования ответной реакции. Звуки и шумы большой мощности поражают слуховой аппарат, нервные центры и могут вызвать болевые ощущения и шок. Так действует *шумовое загрязнение*.

Тихий шелест листвы, журчание ручья, птичьи голоса, легкий плеск воды и шум прибоя всегда приятны человеку. Они успокаивают его, снимают стрессы. Это используется в лечебных заведениях, в кабинетах психологической разгрузки. Но естественные звучания голосов Природы становятся все более редкими, исчезают совсем или заглушаются промышленными, транспортными и другими шумами.

Длительный шум неблагоприятно влияет на орган слуха, понижая чувствительность к звуку. Он приводит к расстройству деятельности сердца, печени, к истощению и перенапряжению нервных клеток. Ослабленные клетки нервной системы не могут достаточно четко координировать работу различных систем организма. Отсюда возникают нарушения их деятельности.

Уровень шума измеряется в децибелах — единицах, выражающих степень звукового давления. Это давление воспринимается не беспредельно. Уровень шума в 20—30 децибел (дБ) практически безвреден для человека, как естественный шумовой фон. Что же касается громких звуков, то здесь допустимая граница составляет примерно 80 децибел. Звук в 130 децибел уже вызывает у человека болевое ощущение, а 150 становится для него непереносимым. Недаром в средние века существовала казнь «под колокол». Гул колокольного звона мучил и медленно убивал осужденного.

Сравните силу звука различных источников (рис. 83).

Очень высок уровень промышленных шумов. На многих работах и в шумных производствах он достигает 90—110 децибел и более. Не намного тише и у нас дома, где появляются все новые источники шума — так называемая бытовая техника.



Рис. 83. Шкала уровней шума (в децибелах).
В скобках указаны расстояния от источника шума

Каждый человек воспринимает шум по-разному. Многое зависит от возраста, темперамента, состояния здоровья, окружающих условий.

Некоторые люди теряют слух даже после короткого воздействия шума сравнительно небольшой интенсивности.

Постоянное воздействие сильного шума может не только отрицательно повлиять на слух, но и вызвать другие вред-

ные последствия: звон в ушах, головокружение, головную боль, повышение усталости.

Очень громкая современная музыка также притупляет слух, вызывает нервные заболевания.

Шум обладает аккумулятивным эффектом, то есть акустические раздражения, накапливаясь в организме, все сильнее угнетают нервную систему. Поэтому перед потерей слуха от воздействия шумов возникает функциональное расстройство центральной нервной системы. Особенно вредное влияние шум оказывает на нервно-психическую деятельность организма.

Число нервно-психических заболеваний выше среди лиц, работающих в шумных условиях, нежели у лиц, работающих в нормальных звуковых условиях.

Шумы вызывают функциональные расстройства сердечно-сосудистой системы; оказывают вредное влияние на зрительный и вестибулярный анализаторы; снижают рефлекторную деятельность, что часто становится причиной несчастных случаев и травм.

Как показали исследования, неслышимые звуки также могут оказать вредное воздействие на здоровье человека.

Даже слабые инфразвуки могут оказывать на человека существенное воздействие, в особенности если они носят длительный характер. По мнению ученых, именно инфразвуками, неслышно проникающими сквозь самые толстые стены, вызываются многие нервные болезни жителей крупных городов.

Ультразвуки, занимающие заметное место в гамме производственных шумов, также опасны. Механизмы их действия на живые организмы крайне многообразны. Особенно сильно их отрицательному воздействию подвержены клетки нервной системы.

Шум коварен, его вредное воздействие на организм совершается незримо, незаметно. Нарушения в организме обнаруживаются не сразу. К тому же организм человека против шума практически беззащитен.

В настоящее время врачи говорят о *шумовой болезни*, развивающейся в результате воздействия шума с преимущественным поражением слуха и нервной системы.



**Шумовое загрязнение. Уровень шума.
Шумовая болезнь.**



1. Какое влияние могут оказывать звуки на человека?
2. Что такое шумовое загрязнение? Каковы его источники?
3. Какое влияние на здоровье человека может оказать повышенный уровень шума?
4. Как проявляется шумовая болезнь?

Материал для обсуждения

Исследования ученых показали, что шум наносит ощутимый вред здоровью человека, но и абсолютная тишина пугает и угнетает его. Так, сотрудники одного конструкторского бюро, имевшего прекрасную звукоизоляцию, уже через неделю стали жаловаться, что не могут работать в условиях гнетущей тишины. Они нервничали, теряли работоспособность. И, наоборот, ученые установили, что звуки определенной силы стимулируют процесс мышления, в особенности процесс счета.

Обсудите, какие практические рекомендации, способствующие повышению эффективности обучения, можно предложить, исходя из исследований ученых.

6.4. Физические факторы среды и самочувствие человека

В любом явлении окружающей нас природы существует строгая повторяемость процессов: день и ночь, прилив и отлив, зима и лето. Ритмичность наблюдается не только в движении Земли, Солнца, Луны и звезд, но и является неотъемлемым и универсальным свойством живой материи, свойством, проникающим во все жизненные явления — от молекулярного уровня до уровня целого организма.

В ходе исторического развития человек приспособился к определенному ритму жизни, обусловленному ритмическими изменениями в природной среде и энергетической динамикой обменных процессов.

Каждый человек с рождения живет по своим биологическим часам. В настоящее время известно множество ритмических процессов в организме, называемых *биоритмами*. К ним относятся ритмы работы сердца, дыхания, биоэлектрической активности мозга. Вся наша жизнь представляет собой постоянную смену покоя и активной деятельности, сна и бодрствования, утомления от напряженного труда и отдыха. В организме каждого человека, подобно морским прили-

вам и отливам, вечно царит великий ритм, вытекающий из связи жизненных явлений с ритмом Вселенной и символизирующий единство мира.

Несовпадение внутренних ритмов человека с ритмами окружающей среды может стать причиной болезненных явлений (бессонница, потеря работоспособности и т. д.).

Центральное место среди всех ритмических процессов занимают *суточные ритмы*, имеющие наибольшее значение для организма. Реакция организма на любое воздействие зависит от фазы суточного ритма (то есть от времени суток). Эти знания вызвали развитие новых направлений в медицине: хронодиагностики, хронотерапии, хронофармакологии. Основу их составляет положение о том, что одно и то же средство в различные часы суток оказывает на организм различное, иногда прямо противоположное воздействие. Поэтому для получения большего эффекта важно указывать не только дозу, но и точное время приема лекарств.

Оказалось, что изучение изменений в суточных ритмах позволяет выявить возникновение некоторых заболеваний на самых ранних стадиях.

Климат также оказывает серьезное воздействие на самочувствие человека, влияя на него через погодные условия. *Погодные условия* включают в себя комплекс физических и химических факторов: атмосферное давление, влажность, движение воздуха, концентрацию кислорода, степень возмущенности магнитного поля Земли, уровень загрязнения атмосферы.

До сих пор еще не удалось до конца установить механизмы реакций организма человека на изменение погодных условий. А она часто дает себя знать нарушениями сердечной деятельности, нервными расстройствами. При резкой смене погоды снижается физическая и умственная работоспособность, обостряются болезни, увеличивается число ошибок, несчастных и даже смертных случаев.

Изменения погоды не одинаково сказываются на самочувствии разных людей. У здорового человека при изменении погоды происходит своевременное подстраивание физиологических процессов в организме к изменившимся условиям внешней среды. В результате усиливается защитная реакция, и здоровые люди практически не ощущают отрицательного влияния погоды.

У больного человека приспособительные реакции ослаблены, поэтому организм теряет способность быстро подстраиваться. Влияние погодных условий на самочувствие человека связано также с возрастом и индивидуальной восприимчивостью организма.



Биоритм. Погодные условия. Суточные ритмы.



1. Что такое биоритмы? 2. Какое влияние оказывает погода на самочувствие человека? 3. Почему больные люди более чувствительны к изменениям погоды?



Проведите наблюдения за своим самочувствием. Выясните, в какое время суток у вас наибольшая работоспособность.

Материал для обсуждения.

Большинство физических факторов внешней среды, во взаимодействии с которыми эволюционировал человеческий организм, имеют электромагнитную природу.

Хорошо известно, что возле быстро текущей воды воздух освежает и бодрит. В нем много отрицательных ионов. По этой же причине нам представляется чистым и освежающим воздух после грозы.

Наоборот, воздух в тесных помещениях с обилием разного рода электромагнитных приборов насыщен положительными ионами. Даже сравнительно непродолжительное пребывание в таком помещении приводит к заторможенности, сонливости, головокружениям и головным болям. Аналогичная картина наблюдается в ветреную погоду, в пыльные и влажные дни. Специалисты в области экологической медицины считают, что отрицательные ионы положительно влияют на здоровье, а положительные — отрицательно.

Обсудите, какие практические выводы следует сделать из приведенных фактов.

6.5. Питание и здоровье человека

Каждый человек знает, что пища необходима для нормальной жизнедеятельности организма.

На уроках биологии вы узнали, что в течение всей жизни в организме человека непрерывно совершаются обмены веществ и энергии. Источником необходимых организму

строительных материалов и энергии являются питательные вещества, поступающие из внешней среды в основном с пищей. Если пища не поступает в организм, человек чувствует голод. Но голод, к сожалению, не подскажет, какие питательные вещества и в каком количестве необходимы человеку. Мы часто употребляем в пищу то, что вкусно, что можно быстро приготовить, и не очень задумываемся о полезности и доброкачественности употребляемых продуктов.

Врачи утверждают, что полноценное *рациональное питание* — важное условие сохранения здоровья и высокой работоспособности взрослых, а для детей еще и необходимое условие роста и развития.

Для нормального роста, развития и поддержания жизнедеятельности организму необходимы белки, жиры, углеводы, витамины и минеральные соли в нужном ему количестве.

Нерациональное питание является одной из главных причин возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, заболеваний органов пищеварения, болезней, связанных с нарушением обмена веществ.

Регулярное переедание, потребление избыточного количества углеводов и жиров — причина развития таких болезней обмена веществ, как ожирение и сахарный диабет.

Они вызывают поражение сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной и других систем, резко понижают трудоспособность и устойчивость к заболеваниям, сокращая продолжительность жизни в среднем на 8—10 лет.

Рациональное питание — важнейшее и непереносимое условие профилактики не только болезней обмена веществ, но и многих других.

Пищевой фактор играет важную роль не только в профилактике, но и в лечении многих заболеваний. Специальным образом организованное питание, так называемое лечебное питание — обязательное условие лечения многих заболеваний, в том числе обменных и желудочно-кишечных.

Лекарственные вещества синтетического происхождения в отличие от пищевых веществ являются для организма чужеродными. Многие из них могут вызвать побочные реакции, например аллергию. Поэтому при лечении больных следует обязательно учитывать состав и качество пищи для больного, нормы питания, режим, влияние пищи на организм.

В продуктах питания многие биологически активные вещества обнаруживаются в равных, а иногда и в более высоких концентрациях, чем в применяемых лекарственных средствах. Вот почему с древнейших времен многие продукты, в первую очередь овощи, фрукты, семена, зелень, применяют при лечении различных болезней.

Многие продукты питания оказывают бактерицидные действия, подавляя рост и развитие различных микроорганизмов. Так, яблочный сок задерживает развитие стафилококка, сок граната подавляет рост сальмонелл, сок клюквы активен в отношении различных кишечных, гнилостных и других микроорганизмов. Всем известны антимикробные свойства лука, чеснока и других продуктов. К сожалению, весь этот богатый лечебный арсенал не часто используется на практике. Рациональное питание предусматривает необходимость при составлении суточного рациона учитывать, с одной стороны, потребности организма в основных питательных веществах и энергии, с другой — содержание этих веществ и их энергетическую ценность. Необходимо строго соблюдать санитарно-гигиенические правила приготовления пищи. Тщательно мыть, подвергать термической обработке продукты питания. Вы знаете, что это делается для того, чтобы в организм человека не попали биологические загрязнители, болезнетворные и паразитические организмы.

Но теперь появилась новая опасность — химическое загрязнение продуктов питания. Появилось и новое понятие — *экологически чистые продукты*.

Очевидно, каждому из вас приходилось покупать на рынке или в магазине крупные, красивые овощи и фрукты. Но, попробовав их, вы с огорчением выясняли, что они водянистые и совсем невкусные. Обычно это происходит, когда сельскохозяйственные культуры выращивают с применением большого количества удобрений и ядохимикатов. Такая сельскохозяйственная продукция может иметь не только плохие вкусовые качества, но быть опасной для здоровья.

Вы знаете, что азот — составная часть жизненно важных как для растений, так и для животных органических соединений, например белков.

В растения азот поступает из почвы, а затем через продовольственные и кормовые культуры попадает в организмы

животных и человека. Ныне сельскохозяйственные культуры чуть ли не полностью получают минеральный азот из химических удобрений, так как навоза и других органических удобрений уже не хватает для обедненных азотом почв. Однако в отличие от органических удобрений в химических не происходит свободного выделения в природных условиях питательных веществ.

Значит, не получается и гармонического питания сельскохозяйственных культур, необходимого им для роста. В результате происходит избыточное азотное питание растений и вследствие этого накопление в них *нитратов*.

Излишек азотных удобрений ведет к снижению качества растительной продукции, ухудшению ее вкусовых свойств, снижению выносливости растений к болезням и вредителям, что, в свою очередь, вынуждает земледельца увеличивать применение ядохимикатов. Они также накапливаются в растениях. Повышенное содержание нитратов приводит к образованию *нитритов*, вредных для здоровья человека. Употребление такой продукции может вызвать у человека серьезные отравления и даже смерть.

Особенно резко проявляется отрицательное действие удобрений и ядохимикатов при выращивании овощей в закрытом грунте. Это происходит потому, что в теплицах вредные вещества не могут беспрепятственно испаряться и уноситься потоками воздуха. После испарения они оседают на растения.

Растения способны накапливать в себе практически все вредные вещества. Вот почему особенно опасна сельскохозяйственная продукция, выращиваемая вблизи промышленных предприятий и транспортных магистралей.



Нитраты. Нитриты. Рациональное питание. Экологически чистые продукты.



1. Какую роль играет пища в жизни человека? 2. Какое питание считают рациональным? 3. В чем опасность биологических и химических загрязнителей пищи?
4. Что такое «экологически чистые продукты»?



Проанализируйте рацион своего питания. Оцените, насколько ваше питание рационально с экологической точки зрения.

Материал для обсуждения

Проведенные в последние годы исследования показали, что до 70% сельхозпродукции и продуктов питания содержали различное количество вредных для здоровья человека веществ. Наиболее опасными из них были пестициды — химические препараты для борьбы с сорняками, вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений. Все пестициды способны вызывать те или иные нарушения деятельности организма человека. Многие из них являются аллергенами, обладают высокой канцерогенностью, подавляют иммунную систему человека, отрицательно влияют на воспроизводительную способность мужчин и на протекание беременности.

Ввиду химической стойкости многих пестицидов, они могут накапливаться в больших количествах в разных организмах, например по цепочке: планктон водоемов — рыба — птица. Очень часто по пищевой цепи ядовитые вещества оказываются в организме человека.

Обсудите, к каким последствиям это может привести. Что, на ваш взгляд, следует предпринять для решения данной проблемы?

6.6. Ландшафт как фактор здоровья

Ландшафт в природе. Человек всегда стремится в лес, в горы, на берег моря, к реке или озеру. Здесь он чувствует прилив сил, бодрости. Недаром говорят, что лучше всего отдыхать на лоне природы. Санатории, дома отдыха строятся в самых красивых уголках природы. Это не случайность. Оказывается, что *окружающий ландшафт* может активно воздействовать на наше эмоциональное состояние. Созерцание красот природы стимулирует жизненный тонус и успокаивает нервную систему. Растительные биоценозы, особенно леса, оказывают очень сильный оздоровительный эффект. Их прохлада, гармония различных звуков и красок, многообразие запахов особенно приятны человеку.

Тяга к природным ландшафтам особенно сильна у городских жителей. Еще в средние века было замечено, что продолжительность жизни горожан меньше, чем у сельских жителей. Отсутствие зелени, узкие улочки, маленькие дворы-колодцы, куда практически не проникал солнечный

свет, создавали неблагоприятные условия для жизни человека. С развитием промышленного производства в городе и его окрестностях появилось огромное число отходов, загрязняющих окружающую среду.

Разнообразные факторы, связанные с ростом городов, в той или иной мере сказываются на формировании человека, на его здоровье. Это заставляет ученых все серьезнее изучать влияние среды обитания на жителей городов. Оказывается, от того, в каких условиях живет человек, какая высота потолков в его квартире и насколько звукопроницаемы ее стены, как человек добирается до места работы, с кем он повседневно общается, как окружающие люди относятся друг к другу, зависит настроение человека, его трудоспособность, активность, вся его жизнь.

В городах человек придумывает тысячи ухищрений для удобства своей жизни: горячую воду, телефон, различные виды транспорта, автодороги, сферу обслуживания и развлечений. Однако в больших городах особенно сильно проявляются и недостатки жизни: жилищная и транспортная проблемы, повышение уровня заболеваемости. В определенной степени это объясняется одновременным воздействием на организм двух, трех или более вредных факторов, каждый из которых обладает незначительным действием, но в совокупности приводит к серьезным бедам людей.

Так, например, насыщение среды и производства скоростными и быстродействующими машинами повышает напряжение, требует дополнительных усилий от человека, что приводит к переутомлению. Хорошо известно, что переутомленный человек больше страдает от последствий загрязнения воздуха, инфекций.

Городской ландшафт. Загрязненный воздух в городе, отравляя кровь окисью углерода, наносит человеку такой же вред, как и выкуривание курильщиком пачки сигарет в день. Загрязнение атмосферы наносит вред не только человеку, но и зеленым насаждениям города, приводит к разрушению памятников архитектуры.

Серьезным отрицательным фактором в современных городах является так называемое шумовое загрязнение.

Городской ландшафт не должен быть однообразной каменной пустыней. В архитектуре города следует стремиться к гармоничному сочетанию аспектов социальных (здания,

дороги, транспорт, коммуникации) и биологических (зеленые массивы, парки, скверы). В этом большую роль могут сыграть ландшафтные архитекторы.

Экосистема города. Современный город следует рассматривать как *городскую экосистему*, в которой должны быть созданы наиболее благоприятные условия для жизни человека. Следовательно, это не только удобные жилища, транспорт, разнообразная сфера услуг. Это благоприятная для жизни и здоровья человека среда обитания; чистый воздух; радующий глаз городской ландшафт; зеленые уголки, где бы каждый мог в тишине отдохнуть, любуясь красотой природы.

Учитывая способность зеленых насаждений благоприятно влиять на состояние окружающей среды, их необходимо максимально приближать к месту жизни, работы, учебы и отдыха людей.

Очень важно, чтобы город был биогеоценозом, пусть не абсолютно благоприятным, но хотя бы не вредящим здоровью людей. Здесь должна быть зона жизни. Для этого необходимо решить массу городских проблем. Так, вблизи жилых кварталов могут размещаться только те промышленные предприятия, которые не представляют опасности в гигиеническом отношении и необходимы для нужд города. Все предприятия, неблагоприятные в санитарном отношении, должны быть выведены за пределы городов. На улицах города и во дворах надо соблюдать чистоту, не мусорить, ничего не ломать.

Зеленые насаждения являются неотъемлемой частью комплекса мероприятий по защите и преобразованию окружающей среды. Они не только создают благоприятные микроклиматические и санитарно-гигиенические условия, но и повышают художественную выразительность архитектурных ансамблей.

Особое место вокруг промышленных предприятий и автострад должны занять защитные зеленые зоны. В них рекомендуется высаживать деревья и кустарники, устойчивые к загрязнению, например клен американский, тополь канадский, липу сердечную, можжевельник казацкий и виргинский, иву белую, крушину ломкую, дуб черешчатый, бузину красную.

В размещении зеленых насаждений необходимо соблюдать принцип равномерности и непрерывности. Сады, парки, скверы, внутригородские бульвары следует объединять как между собой, так и с насаждениями, расположенными за городом. Это обеспечит поступление свежего загородного воздуха во все жилые зоны города. Важнейшими компонентами системы озеленения города являются насаждения в жилых микрорайонах, на участках детских учреждений, школ, спортивных комплексов и др.

Ухаживая за зелеными насаждениями, оберегая и умножая их, каждый житель города может внести свой посильный вклад в улучшение экологии города.

Не случайно экологи считают, что в современном городе человек должен быть не оторван от природы, а как бы растворен в ней. Поэтому общая площадь зеленых насаждений в городах должна занимать больше половины его территории.



Ландшафт. Городской ландшафт. Экосистема города.



1. Почему человек стремится отдыхать на лоне природы?
2. Почему считают, что в сельской местности условия жизни для здоровья человека, как правило, более благоприятные, чем в крупных городах? 3. Можно ли создать благоприятную среду обитания для человека в крупных городах?



1. Выясните экологическую ситуацию в вашем населенном пункте. Расскажите об этом на уроке.

2. Постарайтесь что-либо сделать для улучшения экологической обстановки в вашем районе (например, участвовать в озеленении, привлечении птиц, соблюдении чистоты на улицах и в подъездах домов).

Материал для обсуждения

Города всегда отражали достигнутый тем или иным обществом уровень развития производительных сил и производственных отношений. До середины XX в. наиболее быстрыми темпами росло население небольших городов. В последнее время наблюдается быстрое увеличение числа городов-миллионеров (более миллиона жителей). В середине XIX в. на планете их было всего 4, в 1920 г. стало 25, в 1960 г. — 140, а в настоящее время их число приближается к 200.

Происходит не только рост отдельных городов, но и срастание их между собой, появляются гигантские городские образования, получившие название мегаполисов. Ученые считают, что в начале XXI в. более половины населения земного шара будет жить в городах. Расширяясь, поглощая рощи, поля, луга, водоемы и болота, покрывая землю асфальтом, устремляясь ввысь и вглубь, города изменяют облик нашей планеты.

Обсудите, какие проблемы возникают в связи с ростом городов. Какие пути решения данных проблем вы можете предложить?

6.7. Проблемы адаптации человека к окружающей среде

В истории нашей планеты (со дня ее формирования и до настоящего времени) непрерывно происходили и происходят грандиозные процессы планетарного масштаба, преобразующие лик Земли. С появлением могущественного фактора — человеческого разума — начался качественно новый этап в эволюции органического мира. Благодаря глобальному характеру взаимодействия человека с окружающей средой он становится крупнейшей геологической силой.

Производственная деятельность человека оказывает влияние не только на направление эволюции биосферы, но определяет и собственную биологическую эволюцию.

Специфика среды обитания человека заключается в сложнейшем переплетении социальных и природных факторов. На заре человеческой истории природные факторы играли решающую роль в эволюции человека. На современного человека воздействие природных факторов в значительной степени нейтрализуется социальными факторами. В новых природных и производственных условиях человек в настоящее время нередко испытывает влияние весьма необычных, а иногда чрезмерных и жестких факторов среды, к которым эволюционно он еще не готов.

Человек, как и другие виды живых организмов, способен адаптироваться, то есть приспособливаться к условиям окружающей среды. *Адаптацию человека* к новым природным и производственным условиям можно охарактеризовать как совокупность социально-биологических свойств и особенностей, необходимых для устойчивого существова-

ния организма в конкретной экологической среде. Жизнь каждого человека можно рассматривать как постоянную адаптацию, но наши способности к этому имеют определенные границы. Также и способность восстанавливать свои физические и душевные силы для человека не бесконечна.

В настоящее время значительная часть болезней человека связана с ухудшением экологической обстановки в нашей среде обитания: загрязнениями атмосферы, воды и почвы, недоброкачественными продуктами питания, возрастанием шума.

Находясь в неблагоприятных экологических условиях, организм человека испытывает состояние *напряжения, утомления*.

Напряжение — мобилизация всех механизмов, обеспечивающих определенную деятельность организма человека.

В зависимости от величины нагрузки, степени подготовки организма, его функционально-структурных и энергетических ресурсов снижается возможность функционирования организма на заданном уровне, то есть наступает *утомление*.

При утомлении здорового человека может происходить перераспределение возможных резервных функций организма, и после отдыха вновь появятся силы. Люди способны переносить самые суровые природные условия в течение относительно продолжительного времени. Однако человек, не привыкший к этим условиям, попадающий в них впервые, оказывается в значительно меньшей степени приспособленным к жизни в незнакомой среде, чем ее постоянные обитатели.

Способность адаптироваться к новым условиям у разных людей не одинакова. Так, у многих людей при дальних авиаперелетах с быстрым пересечением нескольких часовых поясов, а также при сменной работе возникают такие неблагоприятные симптомы, как нарушение сна, ухудшение самочувствия и настроения, невротические расстройства, обостряются хронические заболевания, падает работоспособность. Другие же адаптируются быстро.

Учитывать адаптивные особенности важно при отборе людей для работы в новых климатогеографических условиях, на конвейере, для обеспечения надежности и эффектив-

ности ночного труда, в частности в сфере критических профессий (летчики, шоферы, машинисты, шахтеры).

Изучение адаптивных возможностей человека и разработка соответствующих рекомендаций имеет в настоящее время важное практическое значение.



Адаптация человека.
Напряжение. Утомление.



1. Что такое адаптация? 2. Какое значение имеет адаптация в жизни человека? Почему необходимо учитывать адаптивные особенности человека?



Понаблюдайте за собой, за своими родственниками и друзьями. Определите, каковы адаптивные возможности каждого из них.

Материал для обсуждения.

Среди людей можно выделить два крайних адаптивных типа человека. Первый из них — спринтер, характеризующийся высокой устойчивостью к воздействию кратковременных экстремальных факторов и плохой переносимостью длительных нагрузок.

Второй тип — стайер, отличающийся высокой способностью переносить длительные, монотонные нагрузки.

Исследования показали, что в северных регионах страны среди населения преобладают люди типа стайер.

Обсудите, с чем может быть связана эта особенность, характерная для популяций людей на севере, а также в ряде других труднодоступных регионов страны.

Краткое содержание главы 6

Человек — часть биосферы, и ухудшение ее состояния опасно для него. Химические, биологические, шумовые и другие виды загрязнений биосферы оказывают вредное влияние на организм человека. Неблагоприятные экологические условия вызывают различные нарушения в организме, в результате которых человек может заболеть и даже умереть.

Очень важно изучать среду своего обитания, стараться улучшать ее экологические условия.

Заключение

Итак, вы познакомились с основными разделами экологии. Завершение любого курса из тех дисциплин, с которыми вы знакомитесь в школе, требует подведения некоторых итогов. Давайте задумаемся и еще раз вспомним о новых знаниях, которые вы получили на уроках экологии. Постараемся также ответить на вопрос, какое значение могут иметь эти знания в вашей повседневной жизни.

Из учебника вы узнали, что для понимания того, из каких элементов состоит живая природа и как она устроена, недостаточно знаний о строении отдельных организмов или сведений об их окружении — особенностях местности, климата, других внешних условий. Такие знания являются, конечно, необходимыми, но сами по себе они недостаточны для понимания процессов, происходящих в окружающем нас мире.

Живая природа насчитывает огромное количество видов организмов, каждый из которых характеризуется присущим ему набором признаков, свойств, жизненных привычек. Эти виды распространены в различных средах: они могут обитать в глубоких подземных пещерах, в почве, на поверхности земли, осваивать водную или воздушную среду.

В разных географических и климатических зонах мы обнаруживаем огромные изменения в составе животного и растительного мира. Изменения в составе населения организмов сопровождают нас даже в коротких экскурсиях, ставящих целью знакомство с жизнью различных участков леса, реки, озера. Открывающаяся нам природа оказывается настолько богатой и разнообразной, что часто ставит в тупик несведущего человека, задавшегося целью постичь ее устройство.

Как же понять жизнь природы и присущие ей закономерности?

Имеется ли что-то общее в деятельности и развитии биологических систем, что не зависит от их состава и местоположения?

Ответы на эти вопросы как раз и дает э ко л о г и я .

Знакомясь с ней, вы узнали, что устойчивое существование организмов в природе обеспечивается определенным способом их организации. Абсолютное их большинство существует в форме биологических популяций. Именно благодаря функционированию популяций создаются условия, способствующие поддержанию жизни.

Каждая популяция играет отведенную ей роль, составляя вместе с популяциями других животных и растений единство, развивающееся и функционирующее по своим законам сообщество.

Популяция — живая система, чутко реагирующая на изменения условий жизни изменениями своей численности, структуры, границ пространства, которое она занимает. Изменения, или динамика популяций, является результатом действия не только факторов внешней среды, но и собственных внутренних механизмов регуляции.

Каждая популяция обладает способностями к самовозобновлению своих организмов в таком количестве, которое, как правило, значительно превышает имеющиеся жизненные ресурсы. Именно высокая способность к воспроизводству приводит к вспышкам численности многих видов насекомых и мелких грызунов в годы с благоприятными для их размножения условиями. Часто такие вспышки сопровождаются значительными по протяженности миграциями животных.

Можно сказать, что присущая популяциям способность к росту является одним из основных средств борьбы за существование. Популяция как бы всегда готова использовать малейшие возможности для освоения новых ресурсов и территорий.

Наблюдая изменения популяций во времени, можно понять многие особенности взаимодействий организмов друг с другом. Это очень важный вопрос, ведь большинство организмов не могут синтезировать в своем теле белки из простых веществ (как это делают растения); они должны получать все необходимое, питаясь уже созданным биологиче-

ским веществом. В этом смысле мирное сосуществование организмов невозможно.

Питаясь, организмы соприкасаются друг с другом и с окружающим миром наиболее тесно. И здесь мы сталкиваемся еще с одним общим свойством биологических систем: какова бы ни была форма экологических взаимодействий (хищничество, комменсализм, конкуренция, паразитизм), все они, в конечном итоге, осуществляются по принципу взаимной регуляции. Хищники и даже паразиты регулируют численность своих жертв и хозяев, и наоборот: конкуренция регулирует особенности расселения организмов, их связи с другими видами, формируя, в конечном итоге, облик того, что в экологии называется сообществом.

Таким образом, вы получили новые знания о биологическом мире, рассмотрев такие его системы, которые включают в себя не отдельных особей, а их группы. Это системы другого, надорганизменного уровня, обладающие общими свойствами независимо от систематического положения или области географического распространения организмов.

Общие законы жизни и развития экологических систем наиболее отчетливо проявляются при рассмотрении биогеоценозов, то есть биологических сообществ вместе с их физической средой обитания, функционирующих как единое целое.

В любом сообществе существует ограниченное число трофических уровней, берущих начало от автотрофных организмов, способных использовать в пищу простые неорганические вещества, черпая световую энергию Солнца. Пищевым ресурсом гетеротрофных организмов, например животных, занимающих последующие уровни трофической цепи, являются растения или сами животные. Растительная или животная пища содержит в себе не только вещество, но и энергию, необходимую для построения тела и осуществления жизнедеятельности гетеротрофных организмов.

Одним из основных законов существования экосистем является то, что запас энергии, доступной гетеротрофным организмам, никогда не может превысить ее количества, полученного и запасенного в тканях расте-

ний. При переходе на каждый последующий трофический уровень этот запас энергии резко снижается, что в конечном итоге ограничивает и общее количество таких уровней.

В отличие от энергии вещество может неоднократно вовлекаться в биогеохимические круговороты (циклы). Их поддерживает деятельность микроорганизмов, грибов и других видов разлагателей, являющихся важной составной частью любой экосистемы.

Другим важным законом, управляющим развитием экологических систем, является закон экологической сукцессии, или изменения экосистемы во времени. Этот процесс управляется самим сообществом и не зависит от местоположения или видовой принадлежности составляющих его организмов.

Процессы изменения сообществ возникают всегда, когда энергия, накопленная в создаваемом биологическом веществе, превышает энергию, требующуюся организмам для жизнедеятельности. Излишки органического вещества в этом случае начинают активно использоваться гетеротрофными организмами; их численность и видовое разнообразие начинают возрастать до тех пор, пока скорость продуцирования и расход биологического вещества не уравновесят друг друга. Важно подчеркнуть, что независимо от причин, вызывающих нарушение баланса, изменение экологической системы будет всегда происходить в направлении равновесного состояния.

Устойчивое функционирование экологических систем во многом определяется их видовым разнообразием. За счет видового разнообразия сообщество обеспечивает себе как бы резерв выживаемости на случай неожиданных изменений условий жизни.

Вы узнали также и о том, что совокупность всех экосистем Земли в пределах трех геосфер (литосферы, гидросферы, атмосферы), с которыми взаимодействуют живые организмы, образует самую крупную экологическую систему нашей планеты — биосферу.

В биосфере протекают очень сложные процессы. Все живые организмы тесно взаимосвязаны и взаимодействуют между собой, а также со своим окружением, состоящим из элементов неживой природы (водой, воздухом, почвой и т. д.).

В настоящее время одним из важнейших факторов эволюции биосферы оказывается возрастающее влияние человеческого общества — антропогенный фактор. Превратившись в силу планетарного масштаба, человеческая цивилизация оказалась способной нарушить равновесие биосферы, ее структуру и процессы, происходящие в ней.

Какие шаги можно предпринять каждому из нас и человеческому обществу в целом, чтобы избежать этой угрозы? Ответ на этот вопрос очевиден: надо бережно относиться к природе! Что означает это на практике?

Вооруженный экологическими знаниями, человек должен понимать сложную взаимосвязь явлений природы. Он должен знать, что необдуманное вмешательство в ее жизнь может привести к неожиданным, тяжелым последствиям. Не следует пытаться улучшать природу, если последствия этого трудно предвидеть.

С точки зрения общества, необходима выработка новой стратегии его развития. Эта стратегия касается не только перестройки всей системы хозяйствования, но и изменения нравственных и социальных ценностей, отношения к природе.

Один из принципов новой стратегии заключается в том, что биосфера и человечество как ее неотъемлемая часть переживают новую революцию перехода к очередной стадии развития — ноосфере, то есть сфере разума, которая от стихийного и неуправляемого движения попадает в область сознательного регулирования, приобретая с помощью человечества способность к целенаправленному развитию.

Биосфера существовала до человека, может существовать и без него, но человек без биосферы существовать не может. Реализация принципа перехода к ноосфере, коэволюции (совместного гармоничного развития) человека и биосферы, — процесс трудный и длительный, однако требует уже сейчас формирования основ прогрессивного общественного устройства, рационального природопользования.

Происходящие на наших глазах изменения природной среды создают серьезную угрозу экологического кризиса на планете. В значительной мере это является следствием незнания основных законов, по которым функционируют и развиваются природные экосистемы.

Ныне, перед лицом этой угрозы, должны уйти в прошлое социальные, экономические и национальные противоречия. Должны победить стремление избежать войн и ответственность за сохранение рода человеческого, за судьбу планеты. Преодоление противоречий Природы и Общества в социальном плане должно идти через поддержку общих интересов, способность к компромиссам, формирование Институтов согласия. Необходимо формировать и всячески развивать различные формы общепланетарной жизни общества. Многие международные организации, такие, как ЮНЕСКО (Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки, культуры), ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), работающие под эгидой ООН (Организации Объединенных Наций), являются ростками нового общественного устройства всего человечества.

Для осуществления разумного управления состоянием биосферы необходимо не только знать устройство и механизмы этой сложной и огромной системы, но и иметь возможность влиять на ее процессы в желаемом направлении. И молодежь может внести свой посильный вклад в природоохранную деятельность человечества (рис. 84).

Даже совершенное знание биосферных механизмов и ясное понимание того, что надо делать, не дадут реальных плодов при отсутствии определенного уровня зрелости и культуры общества. Здесь ключевым моментом является формирование новой социальной и экологической нравственности. На смену лозунгам типа «Человек — царь природы!» или «Нельзя ждать милостей от природы, взять их у нее — наша задача!» должны прийти установки на разумное и бережное отношение к тому, благодаря чему мы только и существуем — «К природе, нашему общему и единственному дому — планете Земля».

Разработка совершенного экологического законодательства и создание эффективных механизмов его реализации являются непрямым элементом построения общества, находящегося в гармонии с природой.

В эпоху ноосферы может вступить лишь высокообразованное общество, понимающее свои цели, способное соотносить свои потребности с теми возможностями, которые дает ему Природа.

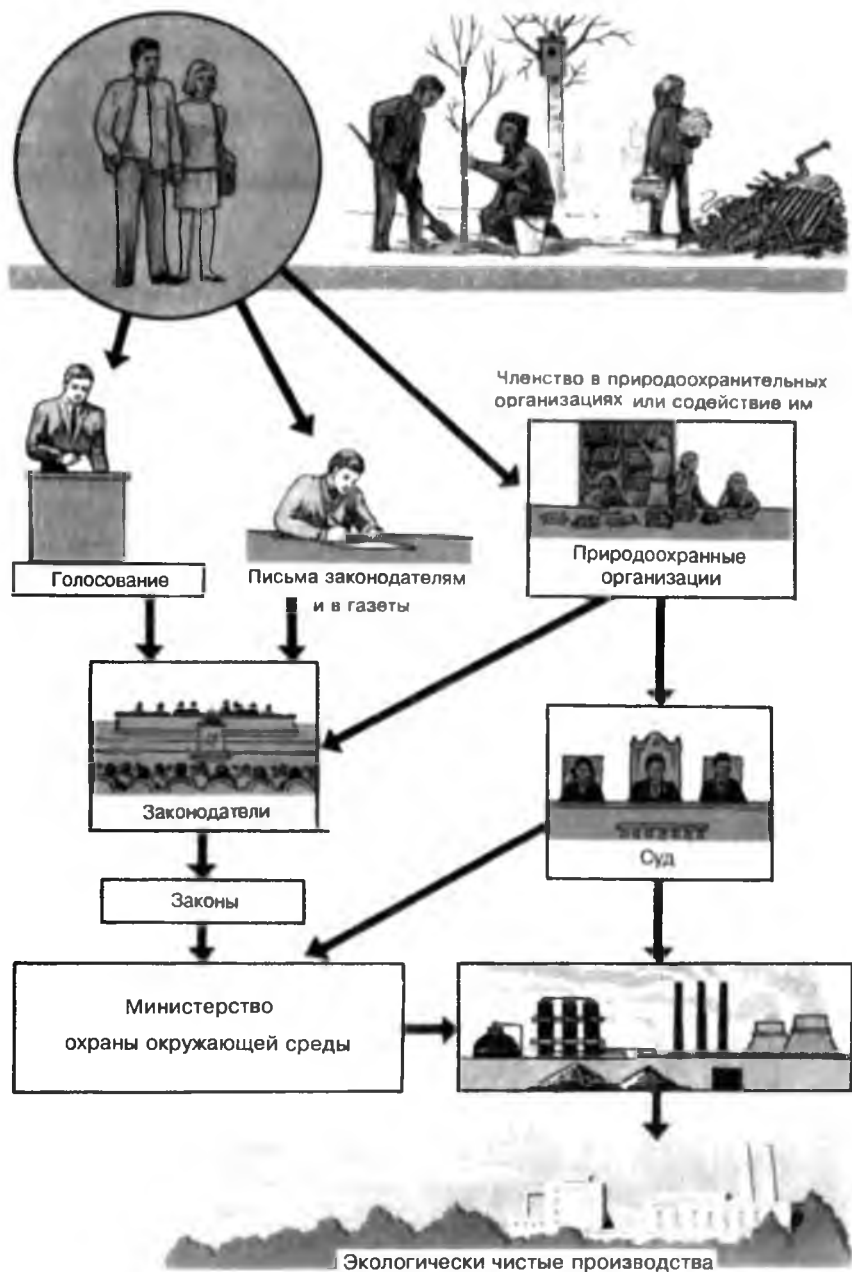


Рис. 84. Возможности природоохранной деятельности

Осознание общих целей и трудностей, стоящих на пути, неизбежно будет рождать ощущение общепланетарного единства людей. Нам необходимо научиться чувствовать себя членами одной семьи, судьба которой зависит от каждого из нас. Осознание единства человечества — одна из основ экологической нравственности и гуманизма.

Предметный указатель

- Абиотические факторы — 29
Автотрофная сукцессия — 153
Автотрофное сообщество — 143
Адаптация — 36, 236
Акклиматизация — 36
Аменсализм — 89
Антропогенные факторы — 29, 30, 33
Антропогенный тип ландшафта — 125
Биомасса — 138, 147, 148, 149
Биогенные (питательные) вещества — 150
Биогеохимический цикл — 144
Биогеоценоз — 123
Биокосное вещество (почва) — 20, 180
Биологическое испарение (транспирация) — 188
Биоритмы — 226
Биосфера — 7, 19, 125, 160, 162, 167
Биотические факторы — 29
Биотоп — 6
Биоценоз (сообщество) — 6, 152
Борьба за существование — 13
Видовая структура — 126
Видовое разнообразие — 127
Видовой состав — 126
Водная среда — 20
Возбудители заболеваний — 221
Возрастная структура популяции — 72
Возрастное распределение популяции — 72
Возрастной спектр популяции — 72
Возрастные группы — 72
Гетеротрофная сукцессия — 153
Гетеротрофное сообщество — 143
Гумус — 28, 182
Демографические показатели — 64
Деструкторы — 131
Детрит — 180
Детритная пищевая цепь — 139, 141
Динамика популяций — 75
Естественный отбор — 42
Жизненные ресурсы — 7
Жизненные формы — 44, 45, 46
Жизненный цикл — 114
Жнецы — 50
Загрязнение тепловое — 190
Загрязнение химическое — 217
Загрязнение шумовое — 223
Загрязнение природное — 170
Загрязнение антропогенное — 170, 178
Загрязнение биологическое — 219
Загрязнение (природной) среды — 169
Заражение радиоактивное — 195
Звук — 222
Зональные типы (ландшафты) — 125
Изменения среды — 46

- Изменения среды направленные — 46
- Изменения среды хаотические — 46
- Изменения среды циклические — 46
- Индекс численности — 66
- Индикатор состояния среды — 126
- Инфекционные заболевания — 219
- Инфекция — 220
- Испарение — 188
- Кислотный дождь — 200
- Колебания численности — 79
- Комменсализм — 89
- Конвергентная эволюция — 44
- Конкуренция — 92, 99
- Конкуренция межвидовая — 95, 97
- Конкуренция внутривидовая — 95, 96
- Консумент — 131
- Козволюция — 105
- Кривая роста популяции — 77
- Кривая толерантности — 36
- Кривая выживания — 70, 71
- Круговорот азота — 177
- Круговорот веществ — 136, 144
- Круговорот воды — 187
- Круговорот кислорода — 174, 175
- Круговорот углерода — 175, 176
- Ландшафт — 124, 232
- Ландшафт городской — 233
- Ландшафтные зоны — 125
- Макроконсументы — 131
- Макропаразиты — 113
- Миграции — 48
- Микрогруппировки сообщества — 129
- Микроконсументы — 131
- Микропаразиты — 113
- Минеральные ресурсы — 212
- Мониторинг — 171
- Морфологические адаптации — 45
- Морфологическая структура — 127
- Мутуализм — 92
- Наземно-воздушная среда — 20
- Ноосфера — 14
- Нуклиды — 193
- Обилие — 64
- Облучение человека — 193
- Общая численность — 64
- Озоновые дыры — 198
- Озоновый слой — 174, 198
- Особь — 4
- Отравление хроническое — 217
- Отходы производства — 201
- Охотники — 50
- Очистные сооружения — 202, 203
- Паразит — 94, 111
- Паразитизм — 94, 111
- Паразитоиды — 111
- Параллельная эволюция — 44
- Парниковый эффект — 197
- Пастбищная пищевая цепь — 141
- ПДК (предельно допустимая концентрация) — 171
- ПДС (предельно допустимый сброс) — 171
- Первичная продукция — 148
- Переносчик инфекции — 113, 221
- Пирамида численности — 138
- Пирамида биомассы — 138
- Питание рациональное — 229
- Пищевая (трофическая) сеть — 129
- Пищевая (трофическая) цепь — 129
- Плодовитость — 67
- Плодородие — 182, 184
- Плотность популяции — 65
- Популяция — 5, 61, 210

- Поток энергии и вещества — 135
- Почва — 20, 180
- Природоохранная деятельность — 245
- Продуктивность — 147
- Продукция вторичная — 148
- Продукция — 147
- Продуцент — 131
- Протокооперация — 92
- Радияция — 192
- Радиоактивность — 192
- Расхождение (смещение) экологических ниш — 100
- Регуляция численности популяции — 83
- Редуценты — 131
- Ресурсы — 38, 212
- Ресурс пищевой — 39
- Ресурс энергетический — 39
- Рождаемость экологическая — 68
- Рождаемость — 66
- Рождаемость максимальная — 67
- Рост популяции — 76
- Самовоспроизводство — 61
- Симбиоз — 91
- Система редуцентов — 140
- Смертность — 68
- Сообщество (биоценоз) — 6
- Среда обитания — 20
- Стадии сукцессии — 158
- Стадия инфекционная — 104
- Структура сообщества — 126
- Сукцессионные изменения — 156
- Сукцессия — 152, 155, 157
- Сукцессия вторичная — 154
- Сукцессия первичная — 154
- Суточные ритмы — 227
- Тепловой баланс — 51
- Территориальность — 50, 95
- Токсичное (ядовитое) вещество — 217
- Толерантность — 36
- Транспирация — 188
- Трофическая структура — 129, 133
- Трофическая цепь — 129
- Трофическая сеть — 129
- Трофический уровень — 131
- Уровень шума — 223
- Условия погодные — 227
- Устойчивость сообщества — 127
- Утомление — 237
- Факторы окружающей среды — 4
- Фитоценоз — 124
- Хищник — 93, 104, 110
- Хищничество — 93, 103
- Хозяин — 114
- Хозяин основной — 116
- Хозяин промежуточный — 116
- Циклические колебания условий жизни — 80
- Численность популяции — 83
- Шум — 222
- Шумовая болезнь — 225
- Экологическая ниша — 54, 55, 56, 57
- Экологическая система (экосистема) — 7, 123
- Экологическая сукцессия — 151, 152, 158
- Экологические факторы — 29
- Экология — 3, 6, 7
- Экосистема города — 234
- Эксплуатируемая популяция — 210
- Эктотермные организмы — 52
- Эндотермные организмы — 52
- Энергетический бюджет — 49, 50
- Энергия — 38
- Эрозия почвы — 183
- Ярусность сообщества — 128

Оглавление



Введение

1. Что изучает экология? 3
2. История развития экологии как науки 11



ГЛАВА 1.

Организмы и среды их обитания

- 1.1. Среда жизни 19
- 1.2. Средообразующая деятельность организмов 26
- 1.3. Экологические факторы. Условия среды. 29
- 1.4. Общие закономерности влияния экологических факторов среды на организмы 35
- 1.5. Экологические ресурсы 38
- 1.6. Соответствие между организмами и средой их обитания . . 41
- 1.7. Энергетический бюджет и тепловой баланс организма . . . 49
- 1.8. Экологическая ниша 54



ГЛАВА 2.

Экология популяций

- 2.1. Популяция и ее основные характеристики. 61
- 2.2. Популяционное обилие и его показатели. 64
- 2.3. Рождаемость и смертность 66
- 2.4. Возрастная структура популяции 72
- 2.5. Динамика популяций 75

ГЛАВА 3.

Биотические взаимоотношения организмов

3.1. Типы экологических взаимодействий	89
3.2. Конкурентные отношения	95
3.3. Хищничество	103
3.4. Паразитизм	111

ГЛАВА 4.

Организация и функционирование сообществ

4.1. Сообщество, экосистема, биогеоценоз, биосфера	123
4.2. Структура сообщества	126
4.3. Потоки энергии и вещества в экосистемах	135
4.4. Пастбищные и детритные цепи	140
4.5. Круговорот веществ в экосистеме	144
4.6. Продуктивность сообщества	147
4.7. Экологическая сукцессия	151
4.8. Сукцессионные изменения. Значение сукцессии	156
4.9. Биосфера и ее эволюция	160

ГЛАВА 5.

Антропогенное воздействие на биосферу

5.1. Современное состояние природной среды	167
5.2. Атмосфера — внешняя оболочка биосферы. Загрязнение атмосферы	173
5.3. Почва — биокосная система. Загрязнение почвы	180
5.4. Вода — основа жизненных процессов в биосфере. Загрязнение природных вод	186
5.5. Радиоактивность в биосфере	192
5.6. Экологические проблемы биосферы	196
5.7. Основы рационального управления природными ресурсами и их использования	207

ГЛАВА 6.

Окружающая среда и здоровье человека

6.1. Химические загрязнения среды и здоровье человека	217
6.2. Биологические загрязнения и болезни человека	219
6.3. Влияние звуков на человека	222
6.4. Физические факторы среды и самочувствие человека. . . .	226
6.5. Питание и здоровье человека.	228
6.6. Ландшафт как фактор здоровья.	232
6.7. Проблемы адаптации человека к окружающей среде	236
<i>Заключение</i>	239
<i>Предметный указатель</i>	247