

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ивановский государственный политехнический университет»

С.А. Никольская

ЭКОЛОГИЯ

*Рекомендовано научно-методическим советом ИВГПУ
в качестве учебного пособия
для студентов вузов*

Иваново 2015

Никольская, С.А. Экология: учебное пособие / С.А. Никольская.
– Иваново: ИВГПУ, 2015. – 160 с.

В пособии изложены те основы экологии, с которыми должен быть знаком каждый обучающийся в вузе вне зависимости от специальности: наиболее общие закономерности взаимоотношений организмов и их сообществ со средой в естественных условиях; специфическая роль человека, пути оптимизации взаимоотношений человека со средой; теоретические основы рационального природопользования; способы экологизации различных видов деятельности человека. Уделено внимание проблемам экологии Ивановской области. Отдельно рассмотрены экологические аспекты текстильной отрасли: пути минимизации её негативного воздействия на окружающую среду, создание экологически чистых текстильных материалов.

Предназначено для организации самостоятельной работы студентов всех направлений, повышения уровня их экологической культуры.

Рецензенты: кафедра ботаники и зоологии ИВГУ (зав. кафедрой канд. пед. наук, доц. Л.Ю. Минеева);
д-р биол. наук, доц. кафедры инфекционных и паразитарных болезней ИГСХА С.В. Егоров

Научный редактор канд. хим. наук, проф. В.В. Васильев

ВВЕДЕНИЕ

Термин **экология** был введен в употребление немецким естествоиспытателем Э. Геккелем в 1866 году. Так он назвал науку о взаимодействии живых организмов с окружающей средой. В дословном переводе с греческого языка экология означает науку о доме. С момента появления экология практически на протяжении целого века развивалась в рамках биологии. Человек в этих системах, как правило, не рассматривался: полагалось, что его взаимоотношения со средой подчиняются не биологическим, а социальным закономерностям и являются объектом общественно-философских наук.

В настоящее время термин «экология» существенно трансформировался. Экология стала больше уделять внимания влиянию хозяйственной деятельности человека в связи с ее исключительно масштабным и специфическим воздействием на среду. **Современная экология занимается изучением взаимоотношений организмов, в том числе и человека, со средой, определением масштабов и допустимых пределов воздействия человеческого общества на среду, возможностей уменьшения этих воздействий или их полной нейтрализации. В стратегическом плане экология – это наука о выживании человечества, его выходе из экологического кризиса, который приобрел глобальные масштабы.**

Человек очень мало знает о среде, в которой он живет, особенно о механизмах, которые формируют и сохраняют среду. Раскрытие этих механизмов (закономерностей) – одна из важнейших задач современной экологии и экологического образования. Содержание термина «экология» приобрело социально-политический, философский аспект. Экология рассматривается не только как самостоятельная дисциплина, но и как мировоззрение, призванное пронизывать все науки, технологические процессы и сферы деятельности людей. Решению этих крайне актуальных вопросов и должен помочь предлагаемый курс, т. к. без основательной общеэкологической подготовки человека экологизация его деятельности практически невозможна.

Наряду с экологическим образованием существенное внимание уделяется экологическому воспитанию, с которым связывается бережное отношение к природе, культурному наследию, социальным благам. Без серьезного общеэкологического образования решение этой задачи также весьма проблематично.

В целом основная задача дисциплины сводится к формированию у студентов общих основ системного взгляда на природные и техногенные процессы как базы для оптимизации деятельности и поведения человека в окружающем мире, поиска путей стабильного и устойчивого развития общества. Именно к этому призвала Конференция ООН по окружающей среде и развитию, состоявшаяся в Рио-де-Жанейро еще в 1992 году.

На первый взгляд можно при знакомстве с экологией как дисциплиной ограничиться ее прикладными аспектами и тем набором мероприятий по оздоровлению среды, которые сводятся в конечном счете к определенной системе технологических требований, административных запретов и санкций.

Однако такой подход недостаточен и односторонен, поскольку не позволяет видеть глубинные причины сложившейся экологической ситуации и тем более обоснованно прогнозировать возможные и часто трудно предсказуемые последствия планируемых или осуществляемых действий, в том числе и с самыми благими намерениями. Поэтому предлагаемое учебное пособие разбито на две части. Первая часть – «Общая экология» – формирует его базу: в ней рассмотрены особенности живой материи, уровни организации живых организмов в биосфере, окружающая их среда, взаимоотношения между ними. Практические проблемы рационального природопользования и охраны природы рассмотрены во второй части – «Прикладная экология».

І. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

1. БИОТА

1.1. Отличие живого от неживого. Уровни организации живой материи

Под биотой в экологии понимают всю совокупность живых организмов планеты Земля. Живое отличается от неживого в вещественном, структурном, энергетическом и функциональном планах.

В вещественном. В состав живого обязательно входят высокоупорядоченные макромолекулярные органические соединения – биополимеры (белки и нуклеиновые кислоты ДНК и РНК).

В структурном. Фундаментальным свойством живых систем является наличие структурной организации. Клетка – это своего рода атом в биологии. Точно так же, как разные химические соединения построены из атомов, живые организмы состоят из огромных скоплений клеток. Другая структурная особенность живого вещества обусловлена его уникальным физико-химическим свойством. Это вещество состоит из хирально чистых структур (закон хиральной чистоты Л. Пастера, 1848 г.). Хиральная чистота означает наличие исключительно объектов, несовместимых со своим зеркальным отражением, т. е. относящихся либо к D-, либо к L-стереохимическому ряду. Белки живого являются соединениями L-ряда, углеводы содержат структуры, относящиеся только к D-ряду. В неживых системах правых (D) и левых (L) форм всегда поровну.

В энергетическом. Особенность живого состоит в способности извлекать, превращать и использовать энергию внешней среды с увеличением своих энергетических запасов. Универсальным аккумулятором энергии для всех живых организмов является АТФ – аденозинтрифосфорная кислота, способная под действием ферментов отщеплять фосфатные группы с выделением энергии (42 кДж/моль). Эта химическая энергия трансформируется в молекулярную информацию и работу: химическую (осмос, активный транспорт веществ, биосинтез) и механическую (рост, мышечное сокращение, движение). Для восстановления израсходованного при этом запаса энергии, энергоносителей и каркасных структур и сохранения целостности организма необходим приток вещества и

энергии из окружающей среды. Процессы обмена веществ и энергии в живых организмах называют **метаболизмом**.

В функциональном. Для сохранения жизни организмы стремятся к самовоспроизведению и размножению. Большая стабильность генетической программы ДНК по сравнению с другими структурами биологической системы обуславливает свойство **наследственности**. Но наследственность не абсолютна. Под влиянием **мутаций** – случайных спонтанных или индуцированных изменений в генетическом аппарате – может происходить наследуемое изменение признаков. Отбор изменений, наиболее удачных с точки зрения приспособления к окружающей среде, приводит к видообразованию и увеличению биологического разнообразия, т. е. к биологической эволюции.

Не всегда удаётся чётко разграничить живое и неживое. Имеются переходные неклеточные формы. Вирусы вне клеток живых организмов не обладают свойствами живого тела. У них есть наследственный аппарат, но нет необходимых для обмена веществ ферментов, поэтому расти и размножаться они могут только в клетках живых организмов, используя их ферментативные системы.

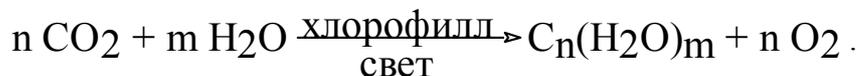
Обычно выделяют шесть главных уровней организации живой материи: молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, экосистемный и биосферный. Объектами экологии являются четыре последних уровня.

1.2. Организмы

Организм – дискретная самовоспроизводящаяся открытая система, связанная со средой обменом вещества, энергии и информации. На основании морфологических и биохимических различий надёжно зарегистрировано более 1,7 млн видов организмов. Есть основания считать, что за счет большого числа неидентифицированных низших форм фактическое общее число видов может быть в 3–5 раз больше. В литературе часто называют диапазон числа видов на планете от 5 до 30 млн, а количество отдельных организмов на планете, по некоторым оценкам, составляет от 10^{26} до 10^{28} – это больше, чем капель в океане.

В зависимости от способа извлечения энергии из окружающей среды, т. е. от способа питания, все организмы делятся на 2 группы: автотрофы и гетеротрофы.

Автотрофы (самопитающиеся) – это организмы, образующие органическое вещество своего тела из неорганических веществ – диоксида углерода и воды – посредством процессов *фотосинтеза* или *хемосинтеза*. В упрощённом виде процесс фотосинтеза можно выразить следующей химической реакцией:



Углеводы, образованные при фотосинтезе, характеризуются высоким запасом внутренней энергии (энергии их химических связей) и служат углеродным скелетом для построения всех органических соединений в клетке. Но содержащаяся в них энергия недоступна для непосредственного использования в химических реакциях, протекающих в живых организмах. Перевод этой потенциальной формы энергии в активную осуществляется в другом биохимическом процессе – дыхании, при котором углеводы (а также жиры и белки, особенно в животных организмах) в реакциях биологического окисления освобождают энергию, и она аккумулируется в АТФ. Фотосинтез и дыхание – это тесно сопряженные в клетках стороны общего энергообмена. Днём идут оба процесса. При этом количество выделяемого при фотосинтезе кислорода в 20–30 раз больше, чем его поглощение при дыхании. Ночью сохраняется только дыхание.

Основными группами фотосинтезирующих организмов на суше являются высшие растения. Фотосинтезирующие растения легко узнать по их зеленому цвету, иногда маскируемому красными или коричневыми пигментами; в гидросфере это водоросли разных цветов и размеров, цианобактерии (синезеленые водоросли), содержащие фитоцианин, обуславливающий их окраску.

Общая продуктивность фотосинтеза огромна: ежегодно растительность Земли связывает миллиарды тонн углерода, а также фосфора, серы и других элементов, в результате чего, по данным Р. Уиттекера (1980), синтезируется около $170 \cdot 10^9$ т (сухая масса) органических веществ, в которых заключены около $300\text{--}500 \cdot 10^{21}$ Дж энергии.

Существует и другой способ получения первичной биопродукции – **хемосинтез**, в котором органическое вещество получается за счет энергии химических связей. К нему способны некоторые хемосинтезирующие бактерии, в особенности характерные для экосистем подземных вод. Например, весьма богатым потенциальной энергией веществом является сероводород. В глубоких океанических впади-

нах, куда не проникает свет, но где в изобилии присутствует H_2S , хемосинтезирующие серобактерии осуществляют многостадийный процесс, суммарное уравнение которого выглядит так:



К хемосинтезирующим относятся также **нитрифицирующие бактерии**, окисляющие аммиак до оксидов азота или ионов NO_2^- , NO_3^- , и железобактерии, окисляющие Fe^{2+} до Fe^{3+} . Кстати, организмы, способные жить в отсутствии атмосферного кислорода, в анаэробных условиях (в почве, донных отложениях, глубоких толщах вод), называются **анаэробами**. К ним относятся некоторые виды бактерий, в том числе названные выше, а также дрожжи, простейшие организмы, черви.

Итак, фотосинтез и хемосинтез – основные способы получения живыми организмами энергии из неживой природы. Хемоавтотрофы в природных экосистемах играют относительно небольшую роль, за исключением чрезвычайно важных нитрифицирующих бактерий. Автотрофы составляют основную массу всех живых существ и являются основными производителями продукции – **продуцентами** экосистем.

Весь остальной живой мир получает необходимую химическую энергию из веществ, созданных автотрофами. Организмы, нуждающиеся в высокоэнергетических органических ресурсах, запасенных автотрофами, называются **гетеротрофами**. К гетеротрофам относятся человек, все животные, некоторые растения и микроорганизмы (большинство бактерий, грибов и др.). У некоторых групп бактерий, как и у большинства растений-паразитов (повилика, омела) и насекомоядных растений (пузырчатка), совмещаются автотрофные и гетеротрофные функции.

1.3. Популяции

Популяция – совокупность особей одного вида, более или менее изолированная в пространстве от других аналогичных совокупностей того же вида. **Биологический вид** – это совокупность особей, обладающих наследственным сходством, свободно скрещивающихся с образованием плодового потомства, приспособленных к определённым условиям жизни и занимающих в природе определённую область – ареал. В природе вид существует в форме

различных популяций. Популяция – это основной элемент экосистемы. Когда в своей практической деятельности человек изменяет окружающую среду, он всегда прямо или косвенно воздействует на популяции, причём нередко это приводит к снижению их численности. Для некоторых видов это снижение настолько значительно, что их заносят в Красную книгу как исчезающих или находящихся на грани уничтожения. Таким образом, знание законов, по которым функционируют различные популяции, позволит человеку максимально сохранить их. На результатах исследований популяций базируется планирование масштабов промысла, прогнозирование результатов изъятия особей из популяций в разных условиях. Эти вопросы имеют первостепенное значение для рыбного хозяйства. Оптимизация вылова рыбы, исключая нарушение условий структуры популяций, невозможна без детального изучения закономерностей роста, развития и размножения рыб определённых видов. Изучение популяций необходимо также при разработке комплекса мероприятий, направленных на управление динамикой численности вредителей сельского и лесного хозяйства, переносчиков болезней человека и сельскохозяйственных животных.

При описании популяции обычно используют две группы количественных показателей:

- статические, характеризующие состояние популяции в какой-то определённый момент времени;
- динамические, характеризующие процессы, которые протекают в популяции за некоторый промежуток времени.

1.3.1. Статические характеристики популяции

К статическим показателям относятся численность, плотность и структура популяции.

Численность, или объем, популяции выражается определенным количеством особей и для разных видов может очень сильно различаться. Например, в активном или очистных сооружениях популяции простейших или бактерий состоят из миллиардов особей, а популяции цапель обычно составляют 8–12 пар.

Плотность популяции – это её численность, отнесенная к единице занимаемого ею пространства, иными словами, это среднее число особей на единице площади или в единице объема. Для каж-

дого вида существуют оптимальные пределы плотности его популяций. Для многих видов плотность хорошо согласуется с формулой $N_{\Pi} = 32m^{-0,98}$, где N_{Π} – число особей/км²; m – средняя масса тела, кг. Чем меньше масса, тем больше плотность популяции. Крупным животным требуется больше жизненного пространства.

Каждая популяция имеет определенную структуру. Различают возрастную, половую, пространственную и генетическую структуры популяций.

Возрастная структура популяции – соотношение в составе популяции особей разного возраста. Она отражает интенсивность размножения, уровень смертности, скорость смены поколений. Возрастная структура часто иллюстрируется с помощью возрастных пирамид, которые показывают соотношение численности мужских и женских особей в популяции по возрастам. На рис. 1 показан пример такой пирамиды для популяции человека.

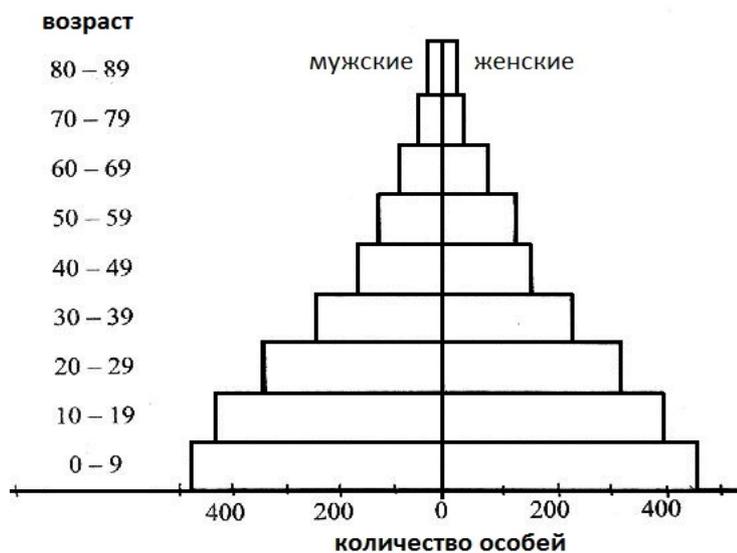


Рис. 1. Возрастная пирамида

В разных популяциях пирамиды могут принимать различные формы, обычно выделяют три типа (рис. 2):

1-я пирамида – с широким основанием и, следовательно, с большим процентом молодых особей: характерна для популяции с высокой рождаемостью и высокой смертностью (например, развивающиеся страны Азии и Африки);

2-я пирамида – выровненная: соответствует равномерному распределению особей по возрастам в популяции со сбалансированными рождаемостью и смертностью (например, США);

3-я пирамида – с узким основанием: соответствует популяции с

численным преобладанием старых особей над молодыми и характерна для сокращающихся популяций (например, развитые страны Европы).

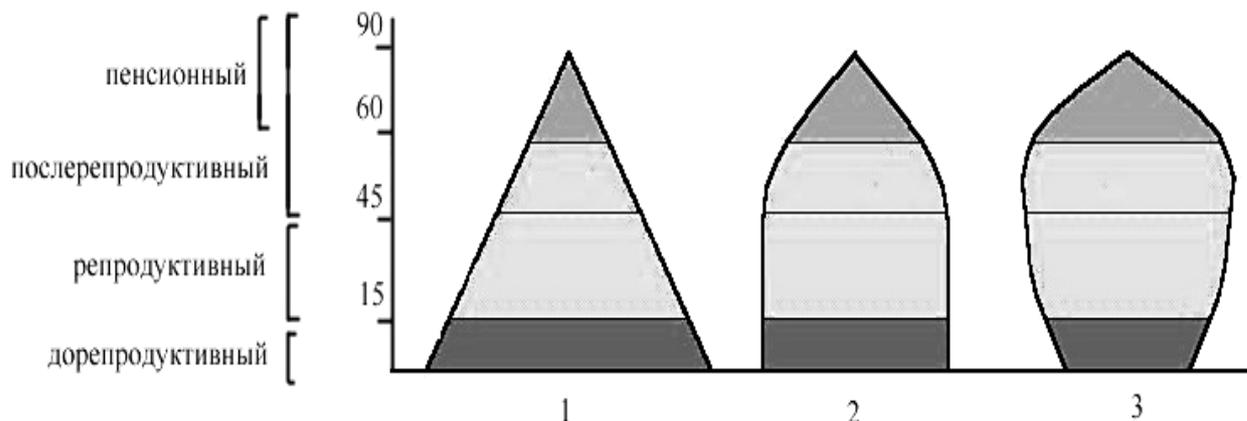


Рис. 2. Типы возрастных пирамид:
1 – с широким основанием; 2 – выровненная;
3 – с узким основанием

Половая структура популяции – соотношение особей разного пола. У многих организмов соотношение полов определяется различием хромосомных наборов у мужских и женских особей. Такое двухфакторное хромосомное определение пола обеспечивает равную численность полов. Но у некоторых растений и животных наблюдается не двух-, а трёх- и более факторное генетическое определение пола. Это приводит к тому, что в определённых условиях наряду с нормальными появляются и такие женские особи, которые приносят только самок (реже самцов). В результате соотношение полов в популяции отклоняется от 1:1. Так возникают у многих насекомых популяции, состоящие только из самок. Отклонение может быть вызвано также физиологическими, гормональными и экологическими факторами.

Пространственная структура популяции – это характер распределения отдельных членов популяции и их группировок на популяционной территории (ареале). Выделяют три основных распределения: случайное, регулярное, агрегированное (рис. 3). Строгую регулярность в природе найти трудно, но можно встретить нередко размещение больше регулярное, чем случайное. Равномерное распределение часто наблюдается при большой плотности растений одного вида. В густом ельнике, например, стволы соседних деревьев удалены друг от друга на расстояние, равное сумме радиусов двух

крон. Более или менее регулярное пространственное распределение нередко наблюдается и у животных, особенно тех, которым свойственна так называемая территориальность – охрана отдельными особями некоторой территории от вторжения других особей своего вида.

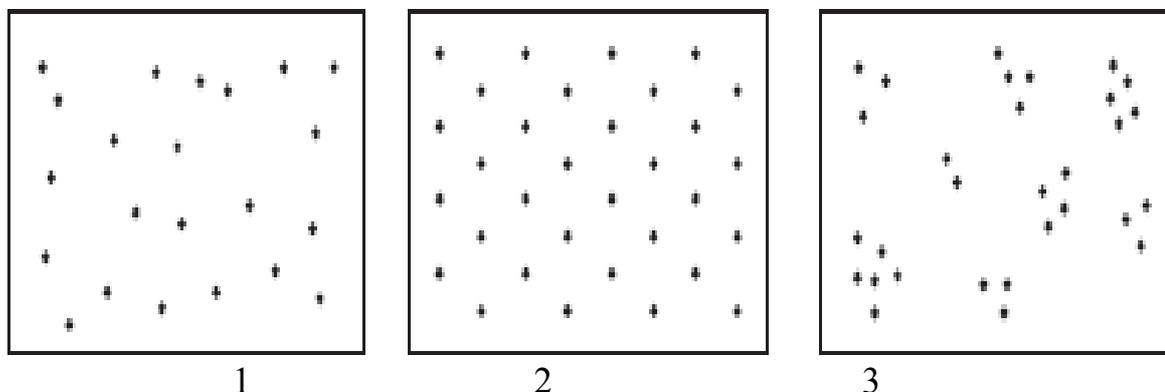


Рис. 3. Три основных распределения особей в популяции:
1 – случайное; 2 – регулярное; 3 – агрегированное

Территориальное поведение более выражено у хищников и менее у травоядных, обладающих широким спектром питания. Редко встречающееся случайное распределение наблюдается в среде, где слабо выражена конкуренция между особями и практически отсутствуют групповые формы поведения (пауки, моллюски). Наиболее распространено в природе агрегированное (групповое) распределение (колония, стадо, семья, прайд). Группе животных легче защищаться от хищников, добывать пищу, заботиться о потомстве.

Генетическая структура популяции определяется изменчивостью и разнообразием **генотипов** (генотип – совокупность генов данного организма) и частотами вариаций отдельных генов. Один и тот же генотип в разных условиях способен привести к появлению различающихся **фенотипов**. Фенотип формируется в течение жизни, это продукт чрезвычайно сложного взаимодействия генотипа и среды. Разнообразие генотипов зависит от размера популяции и внешних факторов, влияющих на ее структуру. Чем выше генетическая разнородность популяции, тем больше ее экологическая пластичность – возможность приспосабливаться к меняющимся условиям среды. В небольших изолированных и стабильных популяциях закономерно возрастает частота близкородственного скрещивания, что уменьшает их генетическое разнообразие и увеличивает угрозу вымирания.

1.3.2. Динамические характеристики популяции

К динамическим характеристикам популяции относятся *рождаемость, смертность, скорость популяционного роста*.

Рождаемость определяют как число особей, родившихся в популяции за некоторый промежуток времени: $N_p / \Delta t$.

Смертность – величина, противоположная рождаемости, и определяется числом особей, погибших за время Δt : $N_c / \Delta t$.

Разность рождаемости и смертности даёт **скорость популяционного роста**:

$$C = \frac{N_p - N_c}{\Delta t} .$$

Теоретически скорость естественного роста популяции в нелимитированной какими-либо факторами среде характеризуется экспоненциальным законом. Потенциальная способность к размножению у многих организмов огромна. У простейших в благоприятных условиях интервал между делениями может сокращаться до нескольких минут. Гриб склеропора (паразит кукурузы) порождает до 6 млрд спор на одно растение в день. Среди насекомых рекордсмен – матка термитов: она откладывает по одному яйцу в секунду на протяжении всей жизни (иногда до 12 лет). У млекопитающих в одном помете от одной (киты, слоны, приматы) до двадцати (серая крыса) половых клеток. Однако большинство гамет, зачатков, а также родившихся особей погибает из-за сопротивления среды: недостатка пищи, конкуренции, болезней, недостатка убежищ и т. п.

Экспоненциальный рост популяции показывает ее наследственно обусловленную способность к нему, т. е. биотический (репродукционный) потенциал. В природе иногда складываются условия для экспоненциального роста популяции (рис. 4, а). Например, в озерах наших широт после таяния льда в поверхностных слоях воды содержится большое количество обычно дефицитных для планктонных водорослей биогенных элементов (P, N, Si), поэтому сразу после прогрева воды наблюдается резкий, почти экспоненциальный рост численности диатомовых и зеленых водорослей. Однако он прекращается при исчерпании дефицитных элементов, т. е. скорость роста постепенно снижается до 0. По мере увеличения плотности популяции действие неблагоприятных факторов, т. е. сопротивление

среды, усиливается. Существует некоторая предельная численность K и плотность популяции, которые она превзойти не может, т. к. по их достижении вступают в действие ограничительные механизмы сопротивления среды. При этом возможны два варианта дальнейшей динамики популяции: либо численность ее стабилизируется, что графически выразится S-образной кривой, характерной для так называемой логистической модели роста популяции (рис. 4, б), либо после достижения предела численности наступит массовая гибель особей, возвращающая численность популяции к некоторому нижнему пределу, что выражает колоколообразная кривая (рис. 4, в).

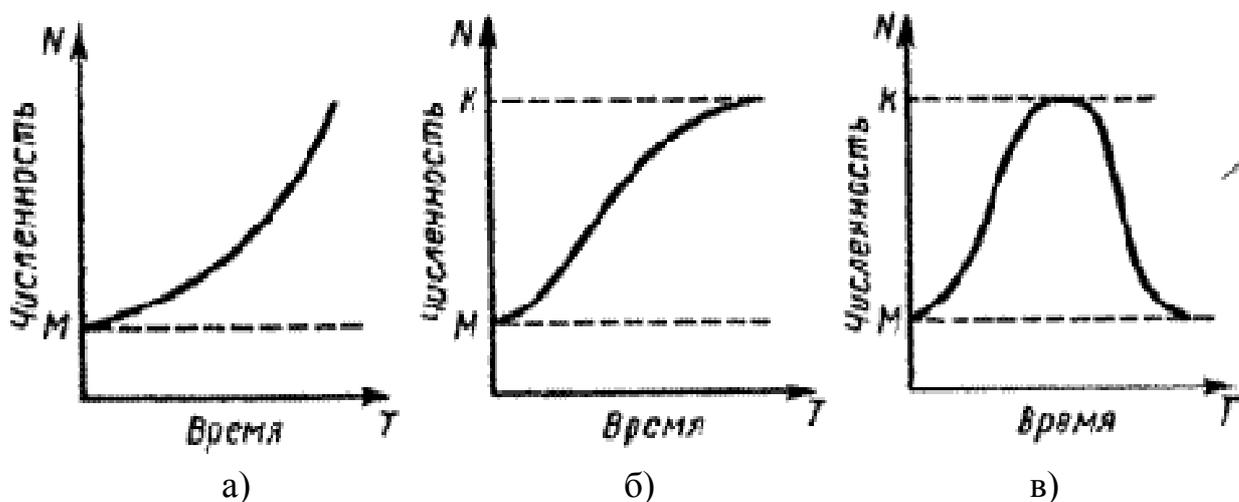


Рис. 4. Кривые изменения численности популяции:
 а – экспоненциальная; б – логистическая; в – колоколообразная

Размер популяции поддерживается вблизи K различными способами. У видов, живущих в условиях высокого сопротивления среды (низшие растения, паразитические черви, многие рыбы), репродукционный потенциал должен быть очень большим. Напротив, виды, живущие в стабильных местообитаниях с малым сопротивлением среды, или виды с развитой заботой о потомстве, образующие семьи или стада (орлы, киты, крупные копытные, гоминиды), обходятся малым репродукционным потенциалом.

Во многих случаях после резкого снижения численность популяции может вновь нарастать по экспоненте, т. е. будут наблюдаться колебания численности с правильной периодичностью, которые называются **осцилляциями** (рис. 5).

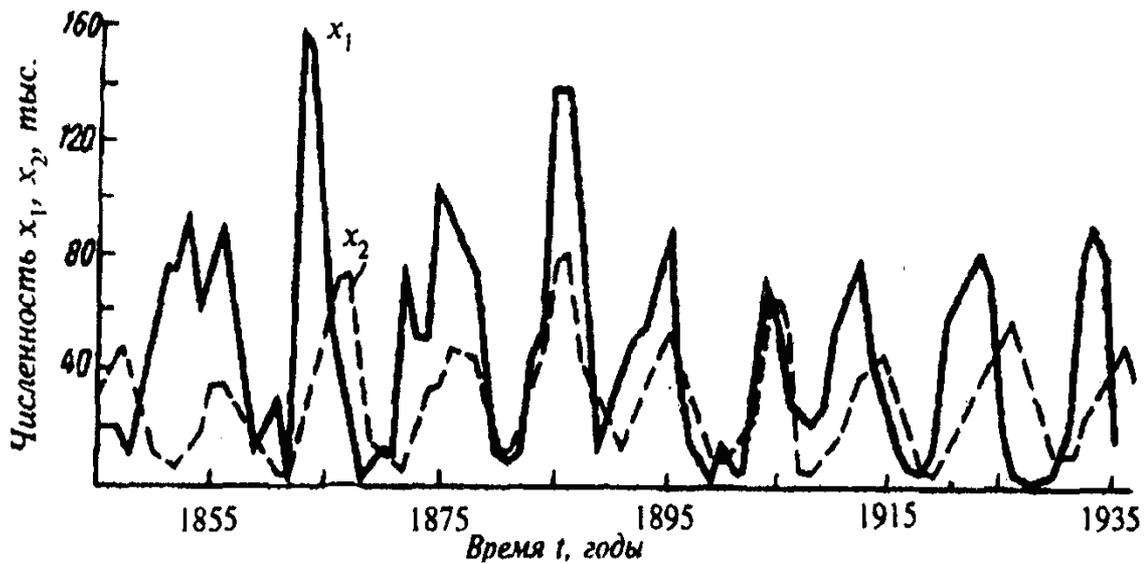


Рис. 5. Колебания численности американского зайца-беляка (x_1) и охотящейся на него рыси (x_2) в лесах Канады

Для каждого вида организмов существует и некоторая максимально возможная продолжительность жизни. Для бактерий в оптимальных условиях она может составлять несколько десятков минут, а для североамериканской сосны секвойя-дендрон – несколько тысячелетий. Распределение смертности по возрастам обычно представляют в виде кривых выживания, которые были введены в экологию Р. Перлем в 1920 году. Принято выделять 3 типа таких кривых (рис. 6).

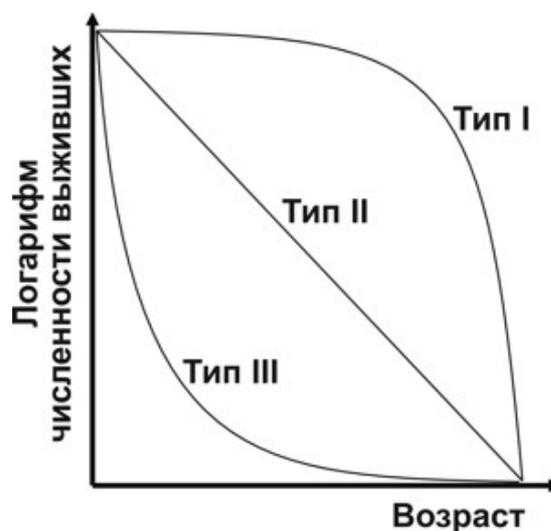


Рис. 6. Типы кривых выживания

I – смертность ничтожно мала в течение большей части жизни, но затем резко возрастает, и все особи погибают за короткий срок (дрозофилы, крупные млекопитающие, человек в развитых странах);

II – постоянная, независимая от возраста, смертность (птицы, многолетние растения);

III – массовая гибель в начальный период жизни, а затем относительно низкая смертность оставшихся особей (организмы с большой плодовитостью и отсутствием заботы о потомстве: рыбы, моллюски).

Реально встречающиеся кривые выживания чаще представляют собой некоторую комбинацию представленных типов. Так, кривая I для крупных млекопитающих почти всегда вначале падает вниз, что соответствует их высокой смертности сразу после рождения.

1.4. Экосистемы

Термин **экосистема** был предложен английским экологом А. Тэнсли в 1935 году. *Экосистема* – пространственно определённая совокупность живых организмов и среды их обитания, объединённых вещественно-энергетическими и информационными взаимодействиями. Понятие *экосистема* не ограничивается какими-то признаками размера, сложности или происхождения. Оно применимо как к относительно простым искусственным образованиям (аквариум, теплица, поле), так и к сложным естественным комплексам (озеро, лес, пустыня, океан). В каждой экосистеме есть:

– абиотический (неживой) компонент – **биотоп**, или **экотоп**, – участок с одинаковыми ландшафтными, климатическими, почвенными условиями;

– биотический (живой) компонент – **сообщество**, или **биоценоз**, – совокупность всех живых организмов, населяющих данный биотоп. Биоценозы состоят из представителей многих видов растений, животных и микроорганизмов.

Классификация экосистем проводится по их происхождению и по пространственно-структурным признакам. По происхождению все экосистемы делят на естественные (луг, тундра, лес, море и т. д.) и искусственные (город, агросистема, аквариум, космический корабль и т. д.), по пространственно-структурным признакам – на наземные (биоомы), пресноводные и морские (рис. 7).

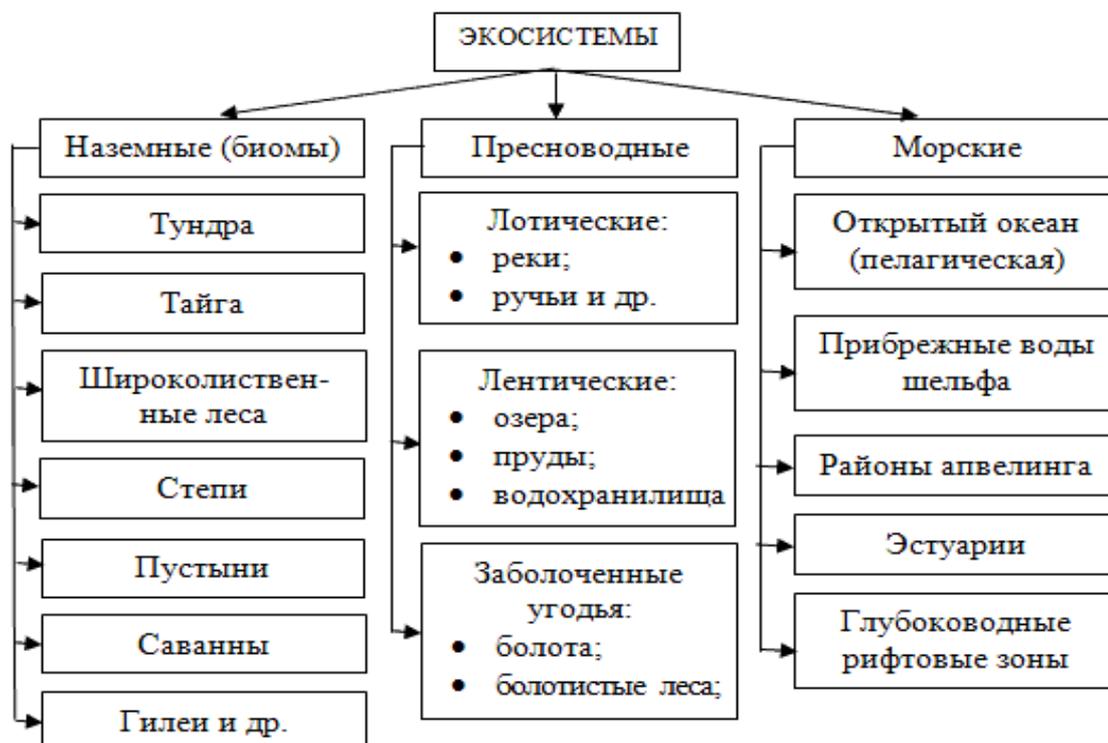


Рис. 7. Классификация экосистем по пространственно-структурным признакам

Параллельно с развитием понятия *экосистема* в первой половине XX века в экологии сформировалось учение о биогеоценозах. Термин *биогеоценоз* (от греч. *bios* – жизнь, *geo* – земля, *koinos* – общий) предложил советский ученый В.Н. Сукачёв (1880–1967). **Биогеоценоз** – это совокупность растений, животных, грибов и микроорганизмов, почвы и атмосферы на однородном участке суши, которые объединены обменом веществ и энергии в единый природный комплекс. *Биогеоценоз* и *экосистема* – понятия сходные, но не одинаковые. Важной особенностью биогеоценоза является то, что он связан с определенным участком земной поверхности. Биогеоценоз – это один из вариантов наземной экосистемы. Экосистема не имеет ранга и размерности, поэтому это понятие применимо как к простым (муравейник, гниющий пень) и искусственным (аквариум, водохранилище, парк), так и к сложным естественным комплексам организмов с их средой обитания. Биогеоценоз отличается от экосистемы определенностью объема. Если экосистема может охватывать пространство любой протяженности, от капли прудовой воды с содержащимися в ней микроорганизмами до биосферы в целом, то биогеоценоз – это экосистема, границы которой обусловлены характером растительного покрова, т. е. фитоценозом. Следовательно, любой биогеоценоз является экосистемой, но не всякая экосистема есть биогеоценоз.

1.4.1. Поток энергии в экосистеме. Трофическая цепь

В экосистеме образуется цепь последовательной передачи вещества и эквивалентной ему энергии от одних организмов к другим – **трофическая цепь** (от греч. *trophe* – питаюсь). Первым звеном в этой цепи являются продуценты, вторым – консументы первого порядка (фитофаги), третьим – консументы второго порядка (зоофаги). Консументы второго порядка могут стать пищей для консументов третьего порядка и т. д. (рис. 8). Цепи бывают относительно простыми (трава → заяц → лиса) и сложными (фитопланктон → зоопланктон → моллюски → 2–4 звена хищных рыб → тюлени → белый медведь). Как правило, каждый вид питается не одним-единственным видом, поэтому пищевые цепи переплетаются, образуя пищевую сеть (рис. 9).

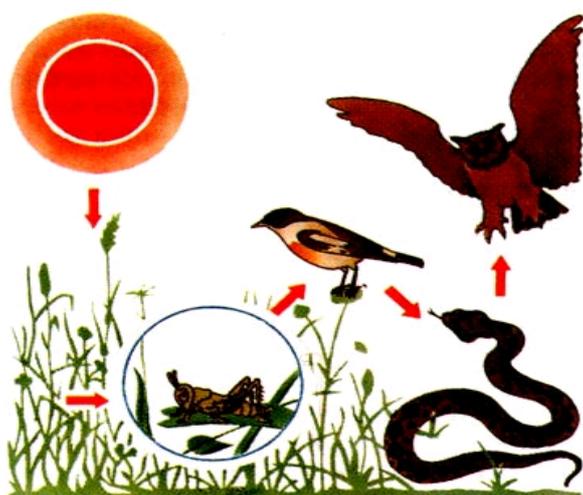


Рис. 8. Пример пастбищной трофической цепи

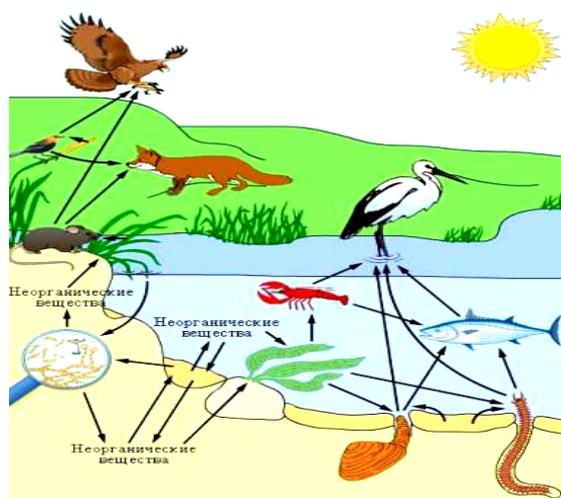


Рис. 9. Образование пищевых сетей

Представленные цепи называют **пастбищными цепями**, или цепями эксплуататоров. Для таких цепей при переходе с одного трофического уровня на другой характерно увеличение размеров особей при одновременном уменьшении плотности популяций, скорости размножения и продуктивности по биомассе.

В процессе питания на всех трофических уровнях появляются «отходы» (опадает листва, отмирают организмы, выделяются экскременты). Образующийся детрит является исходной ступенью **детритных цепей**, или цепей разложения, включающих детритофагов и редуцентов, например: опавшие листья → плесневые грибы → бактерии. **Детритофаги** – животные, питающиеся мертвым органическим веществом – остатками и продуктами жизнедеятельности растений и

животных. Это различные черви, членистоногие (клещи, многоножки, личинки насекомых, жуки-копрофаги) и другие животные – все они выполняют функцию очищения экосистем. Детритофаги участвуют в образовании почвы, торфа, донных отложений водоемов. **Редуценты** – бактерии и низшие грибы – завершают деструктивную работу детритофагов, доводя разложение органики до полной минерализации. Для детритных цепей характерно уменьшение размеров особей и увеличение плотности популяций при переходе с одного трофического уровня на другой. Получающиеся на выходе минеральные вещества и углекислый газ, выделяющийся при дыхании, вновь возвращаются к продуцентам и включаются в новый цикл. Так возникает биотический круговорот веществ (рис. 10), поддержание которого возможно благодаря постоянному притоку солнечной энергии.

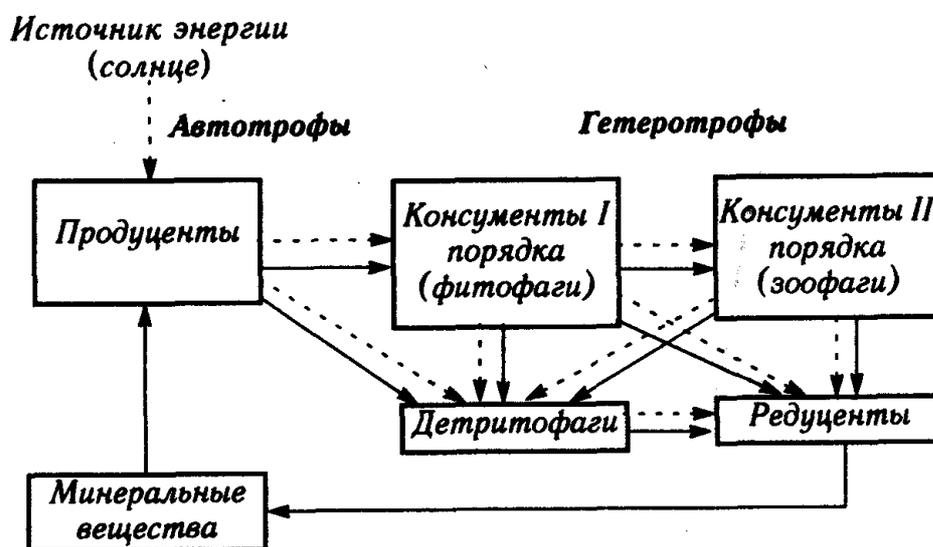


Рис. 10. Биотический круговорот в экосистеме

В функционирующей природной экосистеме не существует отходов, все организмы, живые или мертвые, потенциально являются пищей для других. В любой экосистеме происходит образование биомассы в пастбищных цепях и ее разрушение в детритных. При этом химические элементы циркулируют по характерным для них путям из внешней среды в организм и опять во внешнюю среду.

Одновременно с этим трофические цепи представляют собой поток энергии Солнца от продуцентов ко всем остальным звеньям. В отличие от вещества энергия не может передаваться по замкнутым циклам и использоваться повторно. Каждый джоуль энергии используется только один раз, и жизнь на Земле возможна только благодаря новому ежедневному поступлению солнечной энергии.

1.4.2. Продуктивность экосистем. Правило пирамиды

Любая экологическая система обладает определённой продуктивностью. Её оценивают как массу произведённого органического вещества (биомассу) или эквивалентной ему энергии в единицу времени. **Первичная валовая продукция** – это биомасса, синтезированная продуцентами в процессе фотосинтеза. Если из этой продукции вычесть часть, затраченную растениями на дыхание, то получится **чистая первичная продукция**.

Продуктивность различных экосистем зависит в основном от абиотических факторов – климата, почвы (табл. 1) Наиболее продуктивны экосистемы тропических лесов, широких устьев рек (эстуарии), заливных лугов, наименее продуктивны экосистемы пустынь.

Таблица 1

Продуктивность основных биомов Земли

Основные биомы, категория земель	Площадь, млн км ²	Биомасса (сухое вещество)		Готовая продукция	
		т/га	млрд т	т/га	млрд т
Тундры и лесотундры	4,2	9	4	5	2,1
Таежные и горные хвойные леса	12,8	227	290	9	11,5
Лиственный-хвойные бореальные леса	6,2	280	174	14	8,6
Широколиственные листопадные леса	7,6	325	248	15	11,4
Субтропические леса	5,3	482	255	21	11,3
Влажные тропические леса	10,3	960	990	36	37,1
Саванна	6,2	100	62	15	9,2
Степи, прерии	2,8	26	7	13	3,6
Пустыни	22,7	7	16	2	4,2
Пашня, обрабатываемые земли	15,1	26	39	12	21,1
Освоенные и окультуренные пастбища	26,3	16	42	7	18,3
Воды суши	2,4	5	1	2	0,5
Сооружения, дороги, горные выработки	9,8	–	–	–	–
Полярные и горные льды	17,2	–	–	–	–
Итого для всей суши	148,9	–	2128	–	139
Океан	361,1	–	7	–	80
Всего	510,0	–	2135	–	219

Вторичная продуктивность – продуктивность консументов – очень мала, поскольку лишь незначительную часть получаемого от продуцентов органического вещества консументы расходуют на увеличение своей массы. Большая часть идёт на дыхание, теплоотдачу, выполнение механической работы. При каждом переходе от одного трофического уровня к другому теряется до 90–99% энергии – **правило пирамиды**.

Соотношение различных трофических уровней в экосистеме принято изображать графически с помощью пирамид продукции. На рис. 11 представлены пирамиды биомасс продукции для наземной (слева) и водной (справа) экосистем.



Рис. 11. Пирамиды биомасс продукции

Кроме пирамиды биомасс, используют пирамиды чисел и пирамиды энергии. Эти три типа пирамид даны на рис. 12.

Пирамиды чисел (см. рис. 12, а), отображающие количество особей на каждом из трофических уровней, для травяных сообществ (луговых или степных биоценозов) имеют очень широкое основание (большое число продуцентов) и резкое сужение к конечным консументам. Например, для поддержания жизни одного льва требуется 50 зебр. При этом числа ступеней различаются не менее чем на один – три порядка. Для лесных сообществ картина резко искажается (на одном дереве могут кормиться тысячи фитофагов). Это искажение можно преодолеть с помощью **пирамид биомасс** (см. рис. 12, б). Но и здесь не удастся достигнуть единообразия. В наземных биоценозах биомасса растений всегда существенно больше биомассы жи-

вотных, а биомасса фитофагов всегда больше биомассы зоофагов. Иначе выглядят пирамиды биомасс для водных, особенно морских, сообществ, в которых биомасса животных обычно намного больше биомассы растений. Эта «неправильность» обусловлена тем, что пирамидами биомасс (как и пирамидами чисел) не учитываются продолжительность существования поколений особей на разных трофических уровнях и скорость образования и выедания биомассы. Например, главным продуцентом морских систем является фитопланктон, имеющий высокий репродукционный потенциал и быструю смену поколений. За то время, пока хищные рыбы, а тем более моржи и киты накопят свою биомассу, сменится множество поколений фитопланктона, суммарная биомасса которых намного больше. Вот почему универсальным способом выражения трофической структуры являются пирамиды скоростей образования живого вещества, которые называют **пирамидами энергии** (см. рис. 12, в).

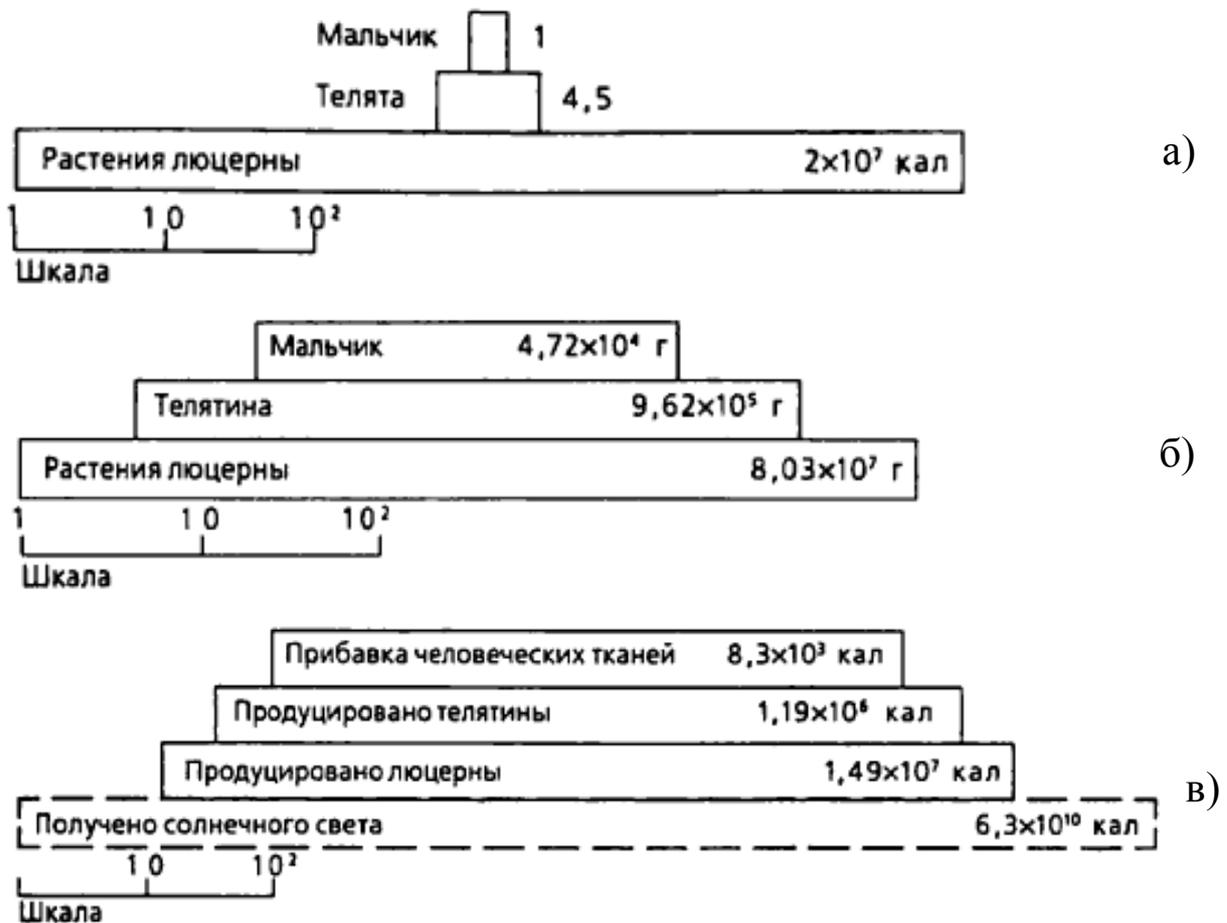


Рис. 12. Трофические пирамиды чисел (а), биомассы (б), энергии (в) для гипотетической пищевой цепи на 4 га «люцерна – телята – человек» (масштаб логарифмический)

1.4.3. Закономерности экосистем

Выявлены следующие закономерности экосистем:

1. Чем разнообразнее условия биотопов в пределах экосистем, тем больше видов содержит соответствующий биоценоз (островной эффект Дарлингтона: уменьшение площади острова в 10 раз сокращает число живущих на нем видов вдвое при прочих равных условиях).

2. Чем больше видов содержит экосистема, тем меньше особей насчитывают соответствующие видовые популяции. В биоценозах тропических лесов при большом видовом разнообразии популяции относительно малочисленны. Напротив, в системах с малым видовым разнообразием (биоценозы пустынь, сухих степей, тундры) некоторые популяции достигают большой численности.

3. Чем больше разнообразие биоценоза, тем больше экологическая устойчивость экосистемы; биоценозы с малым разнообразием подвержены большим колебаниям численности доминирующих видов (осцилляции).

4. Эксплуатируемые человеком системы, представленные одним или очень малым числом видов (агроценозы с сельскохозяйственными монокультурами), неустойчивы по своей природе и не могут самоподдерживаться.

5. Никакая часть экосистемы не может существовать без другой. Если по какой-либо причине в экосистеме происходит нарушение, сопровождающееся исчезновением группы организмов, то, по закону цепных реакций, может сильно измениться или даже разрушиться все сообщество. Но бывает и так, что исчезнувший вид замещается другим видом (дублером), выполняющим сходную функцию в экосистеме. Роль дублеров обычно выполняют виды, менее специализированные, но экологически более адаптивные, гибкие. Так, копытных в степи замещают грызуны; на мелководных озерах и болотах аистов и цапель замещают кулики и т. п. Решающую роль при этом играет близость экологических функций организмов.

1.4.4. Стабильность экосистем и их естественное развитие

Экологические системы в природе существуют в течение длительного времени – десятки и даже сотни лет (лес, степь, водоём). Они обладают определённой стабильностью во времени и пространстве, которая поддерживается сбалансированностью потоков вещества и энергии, процессов обмена веществ между организмами и ок-

ружающей их средой. Но эта стабильность не является абсолютной, неподвижной. Например, периодически увеличивается численность одних видов и уменьшается численность других. Эти процессы имеют более или менее правильную периодичность и в целом не выводят систему из равновесия. **Гомеостаз** (*gomeo* – тот же, *status* – состояние) – состояние динамического равновесия системы. Важным условием стабильности системы является видовое разнообразие. Например, если в экосистеме большое разнообразие видов растительной пищи, то при недостатке какого-либо из них фитофаг переключается на другой, тем самым сохраняя недостающий вид. В противном случае, если нет разнообразия, недостающий вид может быть навсегда уничтожен.

Несмотря на состояние подвижно-стабильного равновесия, экосистемы испытывают медленные, но постоянные изменения во времени, имеющие последовательный характер. Эти изменения в первую очередь касаются биоты. **Сукцессия** (*succedo* – следую) – это последовательная смена одного биоценоза другим, т. е. естественное развитие экосистемы, хотя она часто обусловлена вмешательством человека. Сукцессия происходит в природе, если в процессе своего развития сообщество изменяет среду так, что она становится благоприятнее для другого сообщества. Один из ярких примеров – постепенная смена озёрной экосистемы лесом. По мере того, как озеро заполняется илом и частицами почвы, оно из глубокого постепенно превращается в мелководное, затем в болото и, наконец, в лес. Так наземная экосистема постепенно заменяет водную. За время геологической истории нашей планеты озёра не раз возникали во время отступления ледников и все зарастали в процессе сукцессии. Другой пример – постепенное зарастание голой скалы с развитием на ней в конечном итоге леса. Споры мхов прорастают в мельчайших трещинах скал. Мхи задерживают на себе частицы почвы, приносимые ветром. Вырастает трава – слой почвы увеличивается, и появляются кустарники, слой почвы опять растёт, и появляются деревья. Описанные примеры относятся к первичной сукцессии. **Первичная сукцессия** – процесс развития и смены экосистем на незаселённых ранее участках. **Вторичная сукцессия** – восстановление ранее существовавшей экосистемы (рис. 13). Например, заброшенная пашня на месте хвойного леса сначала зарастает травой, затем кустарником, потом появляются более светолюбивые лиственные деревья и, наконец, хвойные. Так в течение 100 лет восстанавливается хвойный лес, вырубленный людьми под пашню.

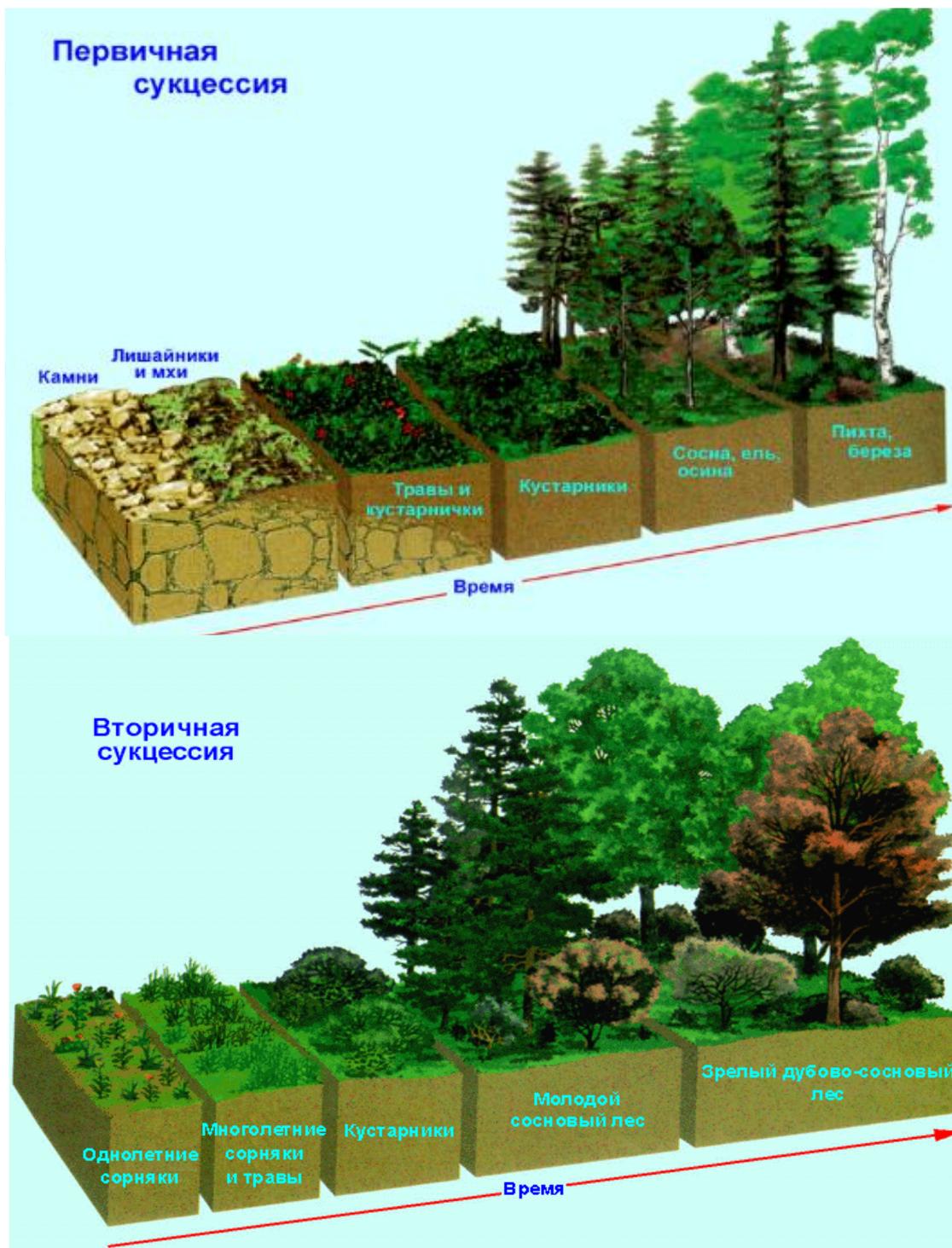


Рис. 13. Первичная и вторичная сукцессии

В завершение сукцессии наступает стадия, когда все виды экосистемы, размножаясь, сохраняют относительно постоянную численность и дальнейшей смены её состава не наблюдается. Такое равновесное состояние называется **климаксом**, а экосистема **климаксовой**. К климаксовым системам относятся биомы. **Биом** – совокупность экосистем одной природно-климатической зоны.

1.5. Биосфера

Самая крупная экологическая система на Земле – **биосфера**: оболочка Земли, заселённая живыми организмами, находящаяся под их воздействием и занятая продуктами их жизнедеятельности.

Термин *биосфера* был предложен австрийским геологом Эдвардом Зюссом в 1875 году. Современная концепция биосферы, которой ныне придерживаются во всем мире, принадлежит русскому ученому-энциклопедисту **В.И. Вернадскому** (1926). Он впервые отнёс живым организмам роль главной преобразующей силы планеты Земля, учитывая их деятельность не только в настоящее время, но и в прошлом. В его понимании биосфера – это особая геологическая оболочка Земли, резко отличающаяся от других наличием в ней **живого вещества** и энергетикой, включающей космические излучения. Живым веществом В.И. Вернадский называет совокупность всех живых организмов биосферы. Кроме живого, различают **косное** (неживое, традиционно изучаемое в курсе химии) и **биокосное** вещество. Биокосными, по Вернадскому, являются структуры, состоящие одновременно из живого и косного вещества. К ним относятся все почвы, воды морей, рек, озёр, их илы.

Живое вещество составляет всего 0,01% от массы биосферы, но играет совершенно уникальную роль грандиозного катализатора в процессах взаимодействия Земли и Солнца, Земли и Космоса.

1.5.1. Структура биосферы

Наша планета имеет неоднородное строение и состоит из концентрических оболочек (геосфер) – внутренних и внешних. К внутренним геосферам относятся ядро, мантия, а к внешним – литосфера, гидросфера, атмосфера и сложная оболочка Земли – биосфера (рис. 14). Биосфера занимает верхнюю часть литосферы, всю гидросферу – реки, озёра, болота, моря и океаны, нижние слои атмосферы до озонового слоя (тропосферу и частично стратосферу).

Основная масса живых организмов сосредоточена в верхнем слое почвы мощностью в 0,1–1,5 м и на ее поверхности. Проникновение зелёных растений вглубь литосферы невозможно из-за отсутствия света. Животные не находят там питания. Механические свойства горных пород, слагающих литосферу, также препятствуют распространению в них жизни. Наконец, с продвижением в недра Зем-

ли температура возрастает и на глубине более 3 км от поверхности достигает 100°C, живые организмы существовать здесь не могут.

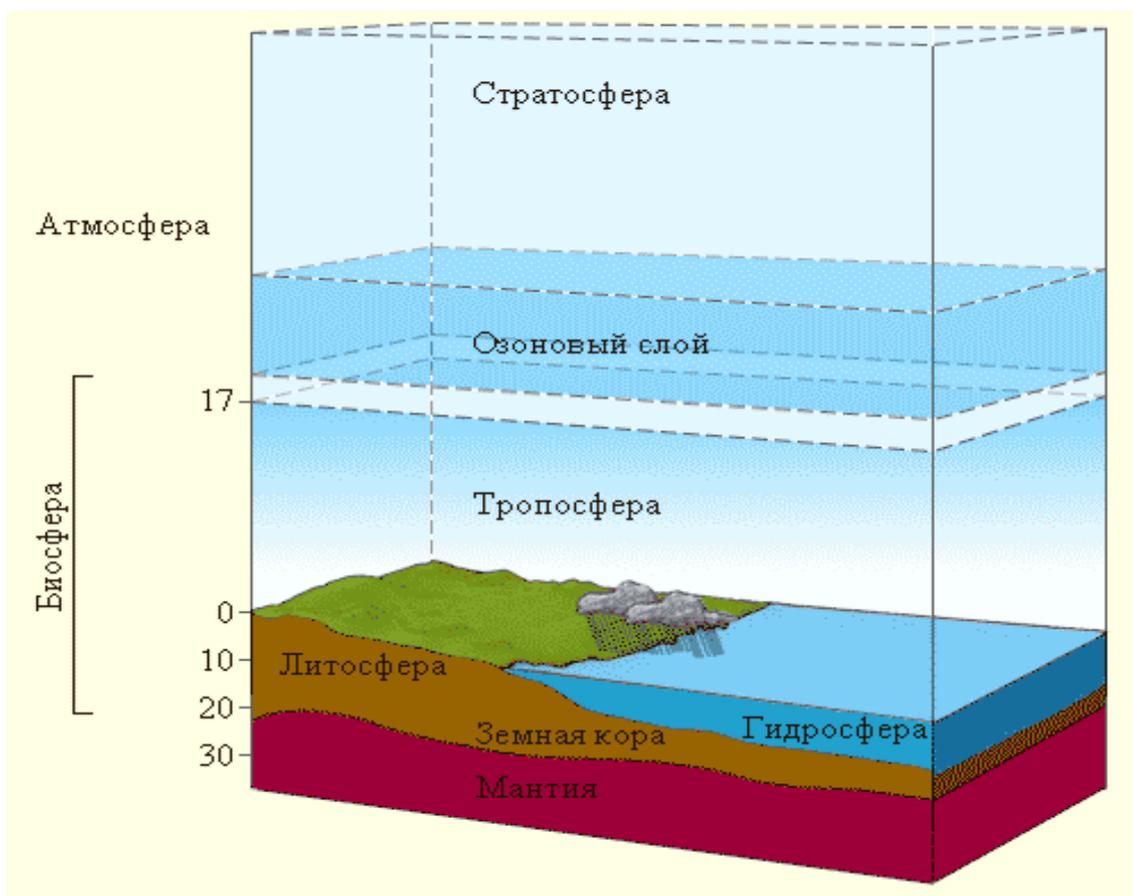


Рис. 14. Структура биосферы

С поверхности литосферы живые организмы проникают в нижние слои атмосферы: растения возносят свои зелёные кроны до нескольких десятков метров, на несколько сот метров в атмосферу проникают насекомые, летучие мыши и птицы. Восходящие потоки воздуха могут поднимать на несколько километров покоящиеся стадии животных и растений (споры, цисты, семена). Однако организмы, проводящие всю свою жизнь в воздухе, т. е. связанные с ним как с основной средой обитания, не известны науке.

Гидросфера, в отличие от литосферы и атмосферы, заполнена жизнью по всей своей толще. Тем не менее, хотя суша и занимает всего 1/4 площади всей планеты, её продуктивность в 2 раза выше продуктивности океана. Большая часть океана (более 90%) имеет крайне низкую продуктивность. Наиболее продуктивными зонами на суше являются тропические леса, а в океане – коралловые рифы и эстуарии.

1.5.2. Эволюция биосферы

С момента появления человеческого сознания люди пытались разгадать загадку жизни. Каждому из нас приходилось задумываться о сущности бытия и зарождении жизни. Современной наукой все точки над *i* в этих проблемах еще не расставлены. Существовали и до сих пор существуют разные **концепции происхождения жизни (биосферы)**. Наиболее распространённые из них следующие:

Креационизм – сотворение жизни Богом, как оно описано в I книге Моисея «Бытие».

Концепция вечности жизни В.И. Вернадского, считавшего вслед за голландским ученым XVII века Х. Гюйгенсом, что жизнь – это космическое явление, она существовала всегда и ее возникновение на Земле совпадает со временем возникновения самой планеты ($\approx 4,7$ млрд лет назад). Свое мнение В.И. Вернадский обосновывал скрупулезнейшим анализом всех гео- и биохимических данных о жизни, известных науке первой половины XX века.

Панспермизм – внеземное происхождение жизни. Знаменитый шведский физикохимик С.А. Аррениус, с которым В.И. Вернадский состоял в активной переписке, считал, что семена жизни заброшены на Землю из Космоса. Эта концепция опирается на обнаруженные при изучении метеоритов и комет органические соединения, которые, возможно, сыграли роль семян.

Абиогенная теория самопроизвольного зарождения жизни из неживого вещества является наиболее принятой в материалистической науке. Ее выдвинул в 1922 году советский биохимик А.И. Опарин. Эта теория вполне вписывается в современные представления о самоорганизации материи. Согласно концепции А.И. Опарина, возникновение жизни – результат длительной эволюции на Земле: сначала химической, а затем биотической. Основные её вехи и события отображаются в геохронологической таблице (табл. 2).

Таблица 2

Геохронологическая таблица эволюции жизни

Эра	Период	Начало (млн лет назад)	Эволюционные события
Кайнозойская	Четвертичный	2,4	Формирование ныне существующих сообществ, возникновение и эволюция человека
	Неогеновый	2,5	Появление человекообразных обезьян
	Палеогеновый	66	Начало развития антропоидов
Мезозойская	Меловой	136	Развитие млекопитающих и птиц
	Юрский	195	Появление птиц, развитие млекопитающих
	Триасовый	240	Появление динозавров и млекопитающих
Палеозойская	Пермский	285	Вымирание беспозвоночных
	Каменно-угольный	345	Первые рептилии
	Девонский	410	Первые амфибии и первые леса
	Силурийский	435	Первые животные, дышащие воздухом, растения на суше
	Ордовский	500	Появление первых позвоночных – бесчелюстных
	Кембрийский	570	Жизнь сосредоточена в морях. Эволюция водорослей; развитие многоклеточных форм. Расцвет морских беспозвоночных
Протерозойская	Поздний протерозой	1650	Развитие водорослей, различных многоклеточных примитивных организмов, не имеющих скелетных образований
	Ранний протерозой	2600	Развитие одноклеточных прокариотических и эукариотических фотосинтезирующих организмов
Архей	—	3500–3800	Возникновение жизни на Земле, появление первых клеток – начало биологической эволюции. Появление анаэробных автотрофных организмов, бактерий, цианобактерий
Катархей	—	3900	Химическая эволюция, приведшая к возникновению биополимеров

Химический этап. Первичная атмосфера Земли состояла преимущественно из водорода и гелия. Но эти лёгкие газы постепенно улетучивались, и в результате интенсивной вулканической деятельности сформировалась вторичная атмосфера, насыщенная CH_4 , NH_3 , H_2O , N_2 , CO_2 . Атмосфера была восстановительной (кислорода в ней не было), и это сыграло свою роль.

На восстановительную атмосферу воздействовали большие потоки энергии: излучение Солнца во всём диапазоне (защитного озонового слоя ещё не было), электрические разряды (грозы), потоки вулканического происхождения. Считается, что в этих условиях шёл активный химический синтез: из газов вторичной атмосферы образовывались сначала простые (этан, этилен, формальдегид, мочевины и др.), а затем сложные органические соединения-мономеры, а из них – полимеры. Ввиду того, что атмосфера была восстановительной, они не окислялись, а накапливались в океане. Так образовался «первичный бульон». Эта гипотеза подтверждается многочисленными модельными экспериментами, воспроизводящими условия на планете того периода.

Биотический этап (рис. 15). Одним из важнейших этапов эволюции вещества стало обусловленное случайными сгущениями (флуктуациями) органических молекул образование в океанских водах так называемых **коацерватов** – более или менее устойчивых полужидких (коллоидных) капель, способных избирательно поглощать вещества из окружающей среды и избавляться от ненужных им соединений. Коацерваты можно рассматривать как примитивные живые организмы – **протобионты**. С них уже начинается биотический этап эволюции. По мере совершенствования протобионты приобрели способность делиться, в результате произошел качественный скачок: сохраняться могли только те капли, которые при делении сохраняли свой химический состав и структуру, т. е. оказались способными к **самовоспроизведению**. Следующим важным шагом было образование мембраны, которая отграничивала смесь органических веществ от окружающей среды. Получилась клетка – «единица жизни», главное структурное отличие живого от неживого.

Протобионты в процессе эволюции разделились на прокариоты (без ядра) – бактерии и синезелёные водоросли и эукариоты (с ядром) – зелёные растения и все другие водоросли. Возможные остатки протобионтов – известковые отложения строматолиты, най-

денные на западе Австралии, которым около **3,5 млрд лет**. Это остатки одноклеточных фотосинтезирующих организмов без ядра (прокариоты), напоминающих синезелёные водоросли.

2 млрд лет тому назад появились простейшие организмы – одноклеточные с ядром. Самые простые из них – амёбы. Ископаемые простейшие – радиолярии и фораминиферы – основные части осадочных горных пород.



Рис. 15. Эволюция жизни на Земле

Большое влияние на жизнь оказывали геотектонические изменения планеты. Почти 2,5 млрд лет жизнь существовала только в океане: в виде микроскопических одноклеточных организмов. Но примерно 600 млн лет тому назад все континенты сошлись на Южном полюсе, нарушилась циркуляция воды, суша покрылась льдом. В этих жёстких условиях погибло более 70% живых организмов. Спустя несколько миллионов лет континенты опять разделились, Земля обогрелась. На дне океана, обогащённого кислородом (пришедшим с холодной водой, опустившейся на дно), появились первые многоклеточные беспозвоночные организмы.

Важнейшим этапом эволюции жизни является создание фотосинтеза. Он привёл к активному образованию органического вещества и свободного кислорода. **450 млн лет назад** благодаря деятельности фотосинтезирующих растений содержание кислорода в атмосфере Земли составило 10% от современного, начала формироваться озоносфера, и жизнь стала возможна на суше. Сначала на сушу вы-

шли растения, а за ними последовали животные. Спустя 50 млн лет суша кишела земноводными и пресмыкающимися.

250 млн лет назад на Земле произошли новые геотектонические преобразования. Все континенты соединились в один суперконтинент, сократилась протяжённость береговой линии, мелководье было затоплено. В то же время на месте современной Сибири образовался разлом длиной около 400 км, из которого извергались лава, пыль, газы (SO_2 и CO_2). Солнце скрылось, Земля замёрзла. Это продолжалось несколько миллионов лет, в результате чего погибли 80–90% фауны и флоры. Выжили виды, которые смогли приспособиться, – рептилии и зверообразные ящеры.

200 млн лет назад от зверообразных ящеров образовались млекопитающие, но на протяжении 170 млн лет на планете царствовали динозавры. Они вымерли **65 млн лет назад** из-за неблагоприятного стечения обстоятельств. На территорию современной Южной Америки упал небольшой метеорит (12 км), но в месте его падения залежали серосодержащие породы, поэтому произошёл мощный выброс в атмосферу серной кислоты. Кроме того, на территории современной Индии проснулись мощные вулканы. В результате всех этих событий скрылось Солнце, планету окутал мрак, и животные погибли. С уходом динозавров установилось царство млекопитающих.

1,5 млн лет тому назад появился архантроп – человек прямоходящий, который произошёл от одной из прогрессивных форм африканских высших узконосых обезьян, обитавших на деревьях (дриопитеки). Развитие человеческого общества, особенно последнего этапа, характеризующегося научно-техническим прогрессом (менее 200 лет), вызывает антропогенные экологические кризисы и становится негативным фактором эволюции.

1.5.3. Функции биосферы

Энергетическая функция. Живое вещество связывает и аккумулирует тепловую и световую энергию солнечных лучей, преобразуя ее в энергию химических связей, которая в виде растительной и животной массы, а также органического топлива (торфа, каменного угля, нефти) идет затем на поддержание множества других биосферных процессов и в огромных количествах расходуется человечеством.

Деструктивная функция – минерализация мертвого органического вещества и перевод минеральных веществ в форму, усваиваемую корнями растений.

Концентрационная функция обусловлена способностью различных организмов избирательно накапливать некоторые элементы, концентрируя их в сотни тысяч и миллионы раз по сравнению с содержанием в окружающей среде. Удаленность концентрации элементов между биотой и средой называется **биофильностью** элементов. Биофильность убывает в ряду: ${}^6\text{C}$, ${}^7\text{N}$, ${}^1\text{H}$, ${}^5\text{B}$, ${}^{15}\text{P}$, ${}^{35}\text{Br}$, ${}^4\text{Be}$, ${}^8\text{O}$, ${}^{17}\text{Cl}$, ${}^{32}\text{S}$, ${}^{30}\text{Zn}$.

Каталитическая функция. Все функции и процессы, происходящие в живом организме, можно описать в виде конкретных химических реакций, специфика которых заключается в единстве и взаимосвязи химической и биологической форм движения материи. Деструктивная и концентрационная активность живого в значительной мере обусловлена наличием в живых клетках эффективнейших катализаторов белковой природы – **ферментов**, способных в миллионы и миллиарды раз ускорять реакции по сравнению с их протеканием в абиогенной среде (например, фермент каталаза увеличивает скорость разложения пероксида водорода более чем на 10 порядков).

Информационная функция выражается в том, что живые организмы и их сообщества накапливают информацию, закрепляют её в наследственных структурах и передают последующим поколениям.

Средообразующая функция. За счет питания, дыхания и размножения живых организмов происходит непрерывная *биогенная миграция* химических элементов, перемещение и преобразование огромных количеств веществ. Глины, бокситы, известняки, железняки, химический состав гидросферы и атмосферы – все это результат жизнедеятельности бесчисленных поколений организмов.

Средорегулирующая функция – способность биосферы с большой точностью длительное время поддерживать на постоянном оптимальном уровне важнейшие параметры окружающей среды (среднегодовую температуру, химический состав атмосферы и др.), несмотря на исключительную сложность и динамичность регулируемой системы.

1.5.4. Круговорот веществ в биосфере

Все вещества на Земле находятся в процессе биохимического круговорота. Выделяют два основных круговорота: большой и малый.

Большой круговорот (геологический) длится сотни тысяч и миллионы лет. Он заключается в том, что горные породы подвергаются разрушению, выветриванию, а продукты выветривания, в том числе и растворимые в воде питательные вещества, сносятся потоками воды в Мировой океан. Здесь они образуют морские напластования и лишь частично возвращаются на сушу с осадками, с извлечёнными человеком из воды организмами. Крупные медленные геотектонические изменения (процессы опускания материков и поднятия морского дна, перемещение морей и океанов) возвращают эти напластования на сушу, и процесс начинается вновь.

Малый круговорот (биогеохимический цикл) является частью большого и происходит на уровне экосистемы (см. рис. 10). Это круговорот биогенных элементов, обусловленный синтезом и распадом органических веществ в экосистеме, в основе которого лежит реакция фотосинтеза. **Биогенные элементы** – химические элементы, постоянно входящие в состав организмов и выполняющие определённые биологические функции. Важнейшие биогенные элементы – O, C, H, N, P, S, Ca, K, Na, Cl.

Для равновесия в биосфере огромное значение имеет глобальная замкнутость круговоротов. Рассмотрим круговороты самых важных биогенных элементов.

Круговорот углерода (рис. 16). Главным участником биогеохимического круговорота является углерод как основа органических веществ. На Земле 22% всего углерода сосредоточено в атмосфере в составе углекислого газа. В ходе фотосинтеза атомы углерода из углекислого газа под действием солнечного света переходят в глюкозу и другие органические вещества, из которых и построены все растительные ткани. В дальнейшем часть углерода переносится по пищевым цепям и образует ткани всех организмов экосистемы. После их гибели редуценты вновь превращают органические вещества в неорганические и возвращают углерод в атмосферу в виде углекислого газа. Кроме того, в виде CO₂ выделяется углерод, затрачиваемый на дыхание. Несмотря на то, что фотосинтез и деструкция органики разделены в пространстве и во времени, проходит множество промежуточных этапов, которые обусловлены деятельностью колоссального числа различных экосистем, их равенство в биосфере в целом поддерживается с исключительно высокой точностью.

Круговорот азота (рис. 17). Азот входит в состав аминокислот, из которых построены все растительные и животные белки. Атмосфера, которая на 78% состоит из этого газа, является неиссякаемым резервуаром свободного молекулярного азота N_2 . Однако большинство растений азот в таком виде не усваивает. Они усваивают его только в связанном (фиксированном) виде. В биосфере фиксация азота осуществляется нитрифицирующими бактериями при нормальных температуре и давлении благодаря высокой эффективности биокатализа. Продукты биофиксации азота (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+) составляют основу азотного питания растений, грибов и большинства микроорганизмов, которые образуют аминокислоты и белки. Проходя через обмен веществ на всех трофических уровнях, эти соединения разлагаются с освобождением NH_4^+ , и цикл повторяется. Денитрофицирующие бактерии переводят избыток связанного азота в молекулярный азот.

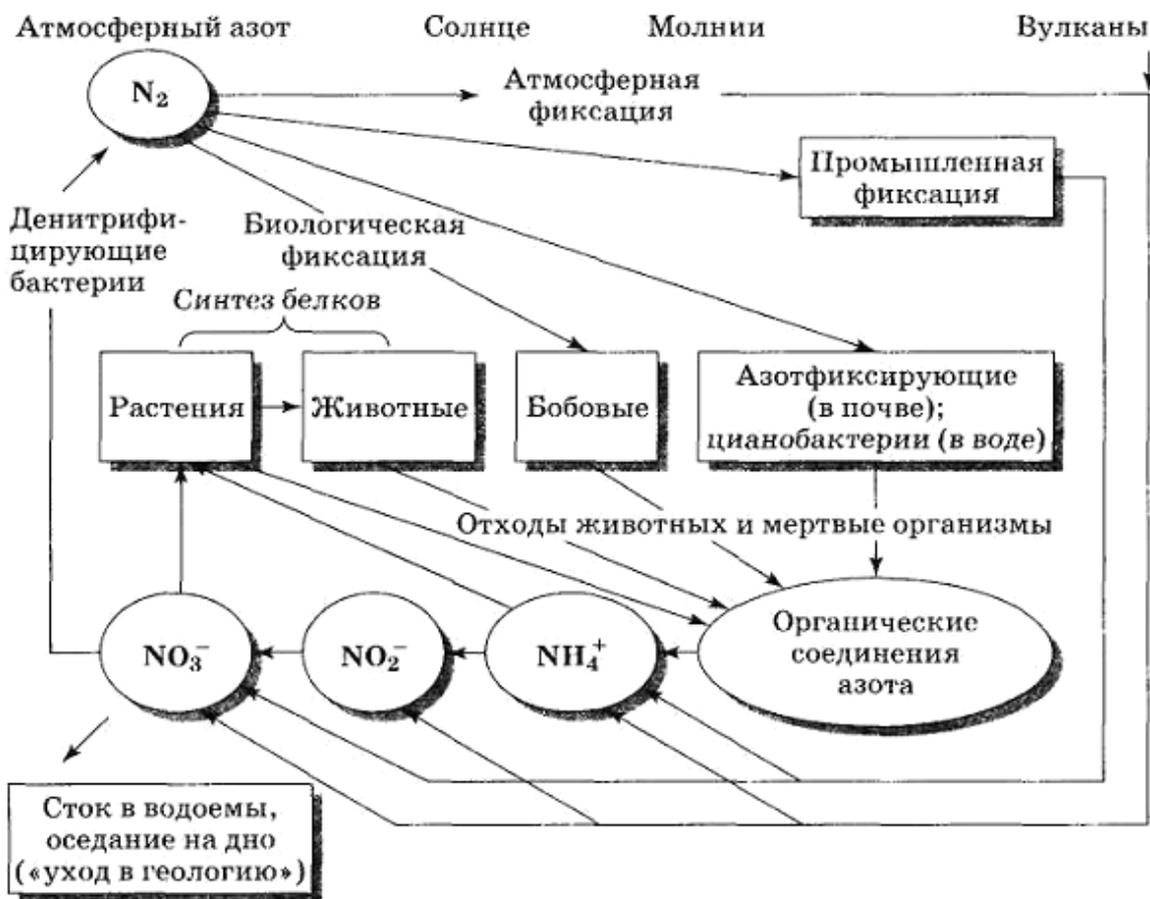


Рис. 17. Круговорот азота

Круговорот кислорода (рис. 18). Кислород – самый распространённый на Земле элемент. В отличие от азота, количество доступного для биоты кислорода неисчерпаемо. Он поступает ко всем живым организмам и выделяется ими в виде CO_2 в процессе дыхания. И, наоборот, кислород поглощается в виде CO_2 и выделяется в чистом виде всеми фотосинтезирующими организмами.

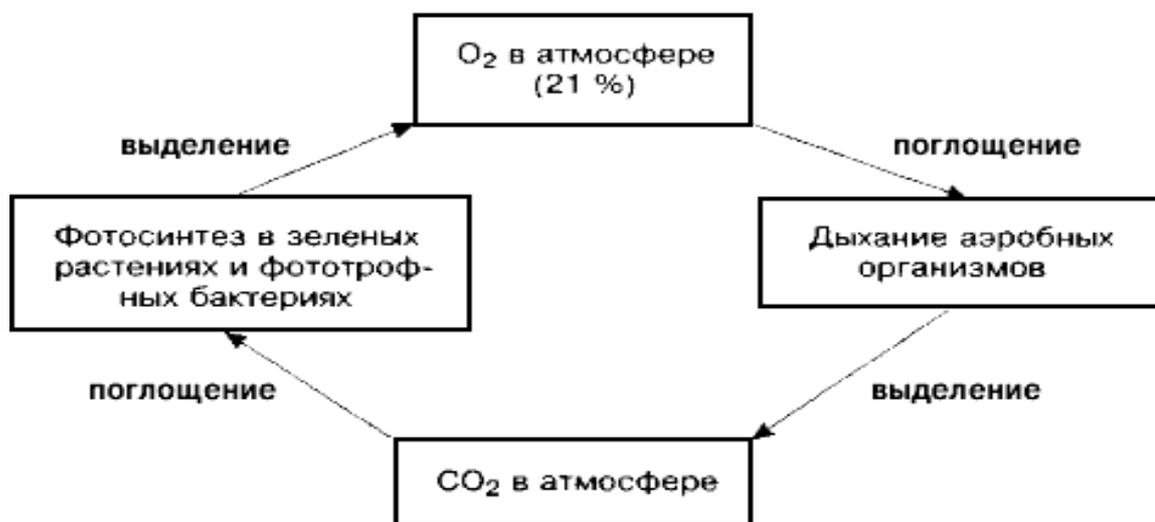


Рис. 18. Круговорот кислорода

Круговорот фосфора (рис. 19). Фосфор – один из наиболее важных биогенов, он входит в состав нуклеиновых кислот, клеточных мембран, костной ткани. Минеральный фосфор – редкий элемент в биосфере, в земной коре его содержание не превышает 1%. В виде иона PO_4^{3-} он содержится в континентальных водах и усваивается растениями из почвы. По пищевым цепям фосфор в составе органических соединений переносится ко всем организмам экосистемы, затем вместе с трупами, отходами и экскрементами возвращается в почву. Там он подвергается переработке микроорганизмами и снова включается в круговорот. В отличие от всех рассмотренных циклов, круговорот фосфора в биосфере существенно разомкнут, так как значительная часть континентального стока фосфатов остаётся в океанических осадках, откуда они могут вернуться только в результате геотектонических процессов, на что требуются миллионы лет. Эта разомкнутость существенно усиливается антропогенным вмешательством. Так, например, большое количество фосфора используется в настоящее время для производства синтетических моющих средств. Вместе со стоками они попадают в Мировой океан, где фосфаты остаются в океанических отложениях. В США уже запрещён выпуск фосфорсодержащих детергентов.

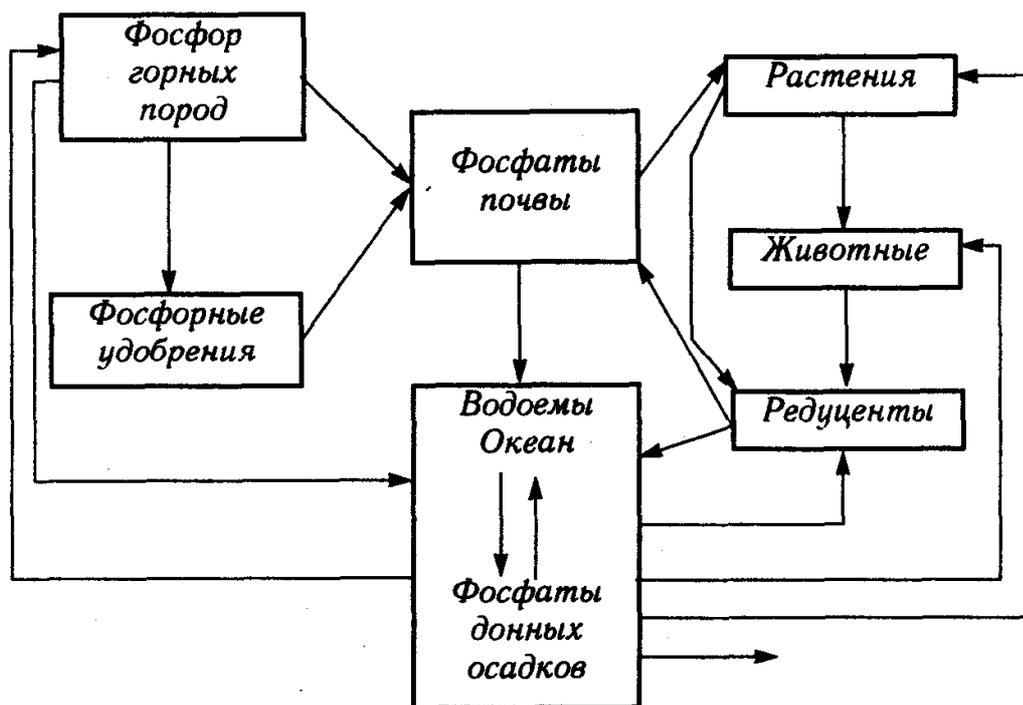


Рис. 19. Круговорот фосфора

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные отличия живых систем от неживых?
2. Что такое хиральная чистота?
3. Какое вещество является универсальным аккумулятором энергии для всех живых организмов?
4. Что такое мутации, какую роль они играют в биологической эволюции?
5. Назовите шесть главных уровней организации живой материи. Какие из них изучает экология?
6. Кто такие автотрофы?
7. Что такое фотосинтез? Какую роль он играет в создании первичной продукции?
8. Что такое хемосинтез? Назовите основные группы хемосинтезирующих бактерий.
9. Кто такие гетеротрофы?
10. Чем отличается популяция от биологического вида?
11. Чем отличается показатель численности популяции от показателя её плотности?
12. Что такое возрастная пирамида?

13. Какие бывают распределения живых организмов по популяционной территории?
14. Что отражает генетическая структура популяции?
15. Назовите динамические характеристики популяции.
16. Что такое биотический потенциал популяции?
17. Как графически выражаются различные сценарии изменения численности популяции во времени?
18. Что отражают кривые выживания популяции? Какие типы кривых выделяют?
19. Что такое экосистемы? Как они классифицируются?
20. Назовите основные компоненты экосистем.
21. Что такое трофическая цепь и чем она отличается от трофической сети?
22. Как совершается биотический круговорот в экосистеме?
23. Что такое первичная валовая и первичная чистая продукция?
24. Почему вторичная продукция значительно меньше первичной?
25. Что такое правило пирамиды?
26. Что иллюстрируют пирамиды продукции? Какие типы пирамид существуют?
27. Дайте определение гомеостазу.
28. Что такое сукцессия и чем отличается первичная сукцессия от вторичной?
29. Чем отличается климаксовая система от остальных?
30. Дайте определение биосферы и назовите оболочки Земли, в которые она распространяется.
31. Кто является автором учения о биосфере?
32. Из каких элементов состоит биосфера?
33. Назовите основные этапы эволюции биосферы.
34. В чём заключается энергетическая функция биосферы?
35. Какая функция биосферы реализуется при минерализации мёртвого органического вещества, а какая при избирательном накоплении химических элементов?
36. Каковы особенности средообразующей и средорегулирующей функций биосферы?
37. Чем отличается большой круговорот от малого в биосфере?
38. Как совершаются круговороты важнейших биогенных элементов в экосистеме?

2. СРЕДА

Под **средой** в экологии понимают всю совокупность тел и сил внешнего по отношению к живому организму мира. Это та часть природы, которая окружает живой организм и с которой он непосредственно взаимодействует.

На нашей планете живые организмы освоили четыре основные среды обитания, различающиеся по своим условиям. Водная среда была первой, в которой возникла и распространилась жизнь. Далее живые организмы овладели наземно-воздушной средой, затем создали и населили почву. Четвёртой специфической средой жизни стали сами живые организмы, каждый из которых представляет собой целый мир для населяющих его паразитов или симбионтов.

2.1. Факторы среды

Влияние окружающей среды на живой организм складывается из большого количества экологических факторов. Их делят на три категории: 1) абиотические факторы (неживой природы); 2) биотические факторы (живой природы); 3) антропогенные факторы (человеческой хозяйственной деятельности).

Абиотические факторы – тепло, освещённость, влажность, давление и другие климатические и геофизические факторы; химический состав среды – концентрация в ней различных веществ (солей, ионов водорода (рН), биогенных элементов). К абиотическим факторам относятся также физические поля – гравитационное, магнитное, электромагнитное – и радиация. Большинство абиотических факторов поддаётся количественному измерению.

Биотические факторы – это прямые или опосредованные воздействия других организмов, населяющих среду обитания данного организма. Все биотические факторы обусловлены внутривидовыми (внутрипопуляционными) и межвидовыми (межпопуляционными) взаимодействиями. Внутривидовые факторы – это контакты между членами семьи, группы, стада: отношение полов, уход за потомством, взаимопомощь или, наоборот, конкуренция. Межвидовые факторы – это контакты между особями и популяциями различных видов: разнообразные пищевые связи, паразитизм, мутуализм и др. Взаимодействия между живыми организмами сложнее абиотических воздействий и труднее поддаются прямому измерению.

Антропогенные факторы – особая группа факторов, порождённых деятельностью человека и его общества. Часть их связана с изъятием природных ресурсов: вырубка лесов, распашка степей, осушение болот, промысел растений, рыб, зверей. Другая часть обусловлена загрязнением природной среды – воздуха, водоёма, почвы – отходами производства и потребления.

2.1.1. Общие закономерности действия экологических факторов. Диаграмма выживания

Каждый живой организм может существовать и продолжать свой род только в определённой области значений какого-либо существенного фактора среды. Например, для кокосовой пальмы нужна температура не ниже 26°C и не выше 41°C , а для сибирской лиственницы средняя температура не должна превышать 16°C ; тунцы избегают даже слегка опреснённых реками участков океана, а щука не переносит даже 10-кратно разбавленной морской воды. Для нормального существования животных и человека существуют и нижние, и верхние пределы температуры, освещённости, концентрации кислорода в воздухе, атмосферного давления, даже объёма воспринимаемой информации.

Область значений какого-либо фактора среды, в пределах которой могут существовать организмы определённого вида, называют **биоинтервалом фактора**. Биоинтервал может быть установлен экспериментальным путём. О границах биоинтервала судят по разным проявлениям жизнедеятельности (биологической активности): интенсивности фотосинтеза, численности, продуктивности, скорости роста и т. д. Как недостаточное, так и избыточное действие фактора отрицательно сказывается на жизнедеятельности организма. Так, при длительном употреблении воды, бедной солями фтора (менее $0,5 \text{ мг/дм}^3$), у человека развивается кариес зубов; если же концентрация превышает 15 мг/дм^3 , возникает флюороз, который также ведёт к разрушению зубов.

На рис. 20 представлена диаграмма выживания, характеризующая влияние значения экологического фактора на живой организм. Вершина кривой находится в точке биологического оптимума (о) – наиболее благоприятного значения фактора среды. Вблизи биологического оптимума (в интервале а-о-а') возможно размножение и длительное существование организма и популяции. При приближении к

критическим значениям фактора (b , b') в организме наступают нарушения отдельных функций и нормальной жизнедеятельности в целом (состояние стресса). Критическим называют то значение фактора, при котором эти нарушения обратимы. В интервалах $a-b$ и $a'-b'$ возможны существование и рост особей, но ограничено их размножение. Если нарушения необратимы и ведут к неизбежной гибели организма, то это значение фактора называют летальным (точки c , c'), примыкающие к ним участки $b-c$ и $b'-c'$ – зоны угнетения (зоны пессимума).

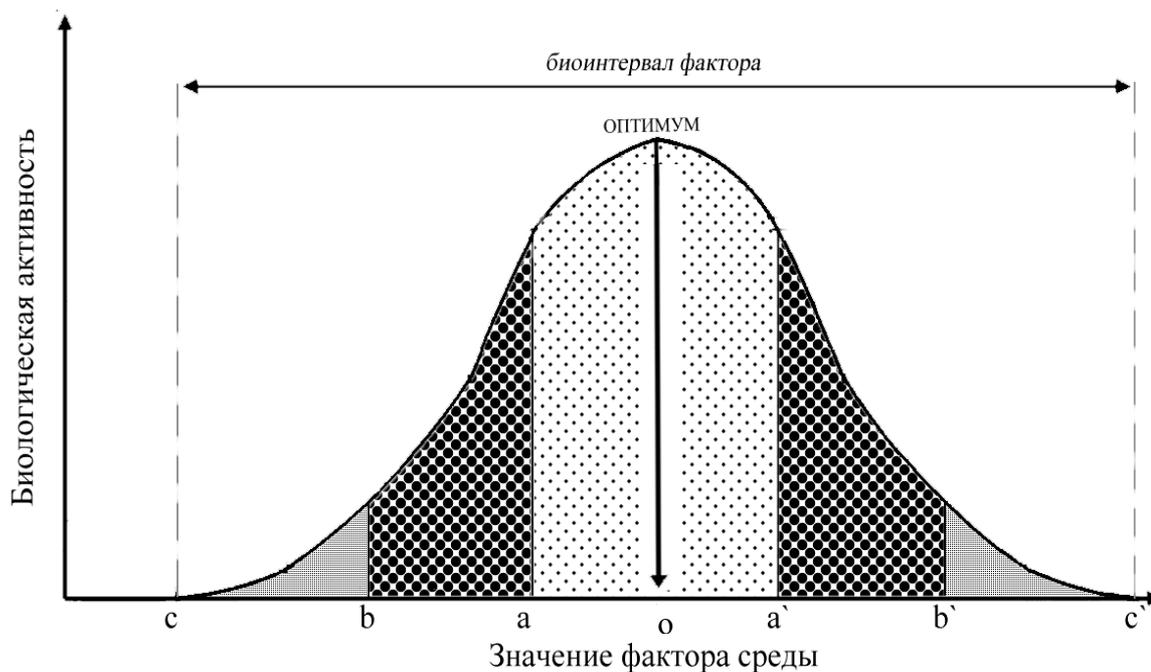


Рис. 20. Диаграмма выживания

Диаграммы выживания разных живых организмов по отношению к одному и тому же фактору среды могут отличаться положением биологического оптимума (a) и шириной биоинтервала (b), как это показано на рис. 21. В первом случае организмы различаются приспособленностью к низким и высоким значениям фактора. Это могут быть холодо- и теплолюбивые растения и животные, свето- и тенелюбивые растения и т. д. Во втором случае организмы различаются не столько положением оптимума, сколько шириной биоинтервала. Относительная степень выносливости выражается терминами с приставками *стено-* (узкий) и *эври-* (широкий). Организмы, обитающие в узком диапазоне значений фактора, обладают низкой экологической пластичностью и называются **стенобионтами**, а организмы, обитающие в широком диапазоне, – высокой экологической пластичностью и называются **эврибионтами**. Эврибионты – организмы с широкой приспособленностью, которые живут в разном

разных условиях (волк, бурый медведь, воробей, тростник и т. д.), стенобионты – организмы с узкой приспособленностью (панда, форель и т. д.).

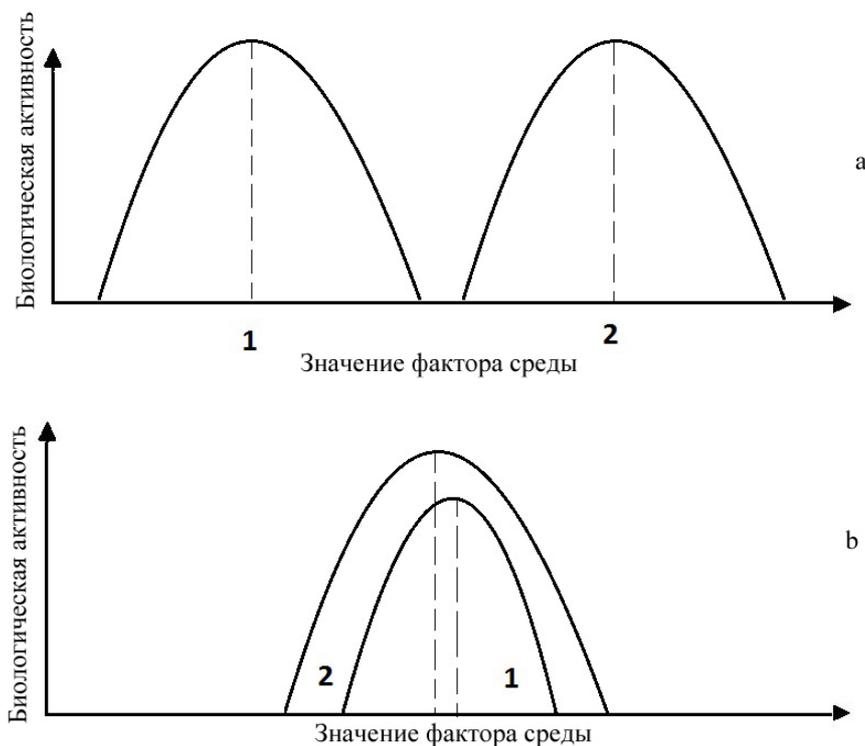


Рис. 21. Диаграммы выживания различных организмов

По отношению к конкретным факторам среды организмы делятся на следующие группы.

По отношению к температуре:

- на *термофилы* и *криофилы* (теплолюбивые и холодолюбивые);
- *эвритермы*, способные переносить значительные колебания температур (каarp существует при температуре 0–35°C);
- *стенотермы*, требующие строго определённых значений температуры (арктическая ледяная рыба живёт при температуре не выше 4°C).

По отношению к свету:

- на *гелиофиты* – светлюбивые растения, которые произрастают на открытых местах с хорошим освещением;
- *сциофиты* – тенелюбивые растения, которые не выносят сильного солнечного освещения, растут под пологом леса в постоянной тени;
- *факультативные гелиофиты* – произрастают при хорошем освещении, но легко переносят тень, легко произрастают в лесах.

По отношению к водному режиму:

- на *гигрофильные* – влаголюбивые;
- *ксерофильные* – сухолюбивые;
- *мезофильные* – предпочитающие умеренную влажность.

По отношению к пище:

– на *эврифаги* – неразборчивые в пище (почвенные организмы, крыса, медведь);

– *стенофаги* – питающиеся однообразно (колибри, панда) и т. д.

По типу теплообмена:

– на *пойкилотермные* – животные с неустойчивым уровнем обмена веществ, непостоянной температурой тела, полным отсутствием терморегуляции;

– *гомойотермные* – животные с более высоким уровнем обмена веществ, в процессе которого осуществляется терморегуляция и обеспечивается относительно постоянная температура тела;

– *гетеротермные* – занимают промежуточное положение: в активном состоянии у них поддерживается относительно высокая температура тела, в неактивном – все жизненные процессы резко замедляются.

Человек по отношению к абиотическим факторам среды – ярко выраженный эврибионт. Способность приспособления к различным условиям и широкое расселение по планете достигнуты им за счёт умения технологически создавать благоприятный микроклимат (отопление, кондиционирование, освещение и т. д.). Однако в биологическом смысле человек, лишённый минимальных средств защиты от холода, – настоящий стенотерм – примат тропического происхождения.

Изменение биологической активности в пределах биоинтервала одного фактора даёт двухмерное представление о диапазоне существования организма (см. рис. 21). Если рассматривать влияние на биологическую активность организмов двух факторов, то получится уже трёхмерное пространство. Так, на рис. 22 показано влияние на скорость фотосинтеза у вереска температуры окружающей среды и солнечной радиации. Но жизнедеятельность организма зависит не от одного или двух, а от значительно большего числа факторов. Например, для растений, кроме температуры и освещённости, очень важны влажность, концентрация биогенных элементов в почве, соседство с другими растениями. Поэтому реально мы получаем многомерное пространство экологических факторов, изобразить которое невозможно. Это многомерное экологическое пространство, образованное совмещением диаграмм выживания для существенных факторов среды данного вида, носит название **экологической ниши**. Реальные экологические ниши далеки от их «геометрического» представления. Их

образуют не только факторы, поддающиеся измерению (температура, влажность, концентрация биогенных элементов), но и другие факторы – внутривидовые и межвидовые взаимоотношения и т. д. По существу, экологическая ниша – это комплексная характеристика различных сторон и условий жизни популяции в реальной среде.

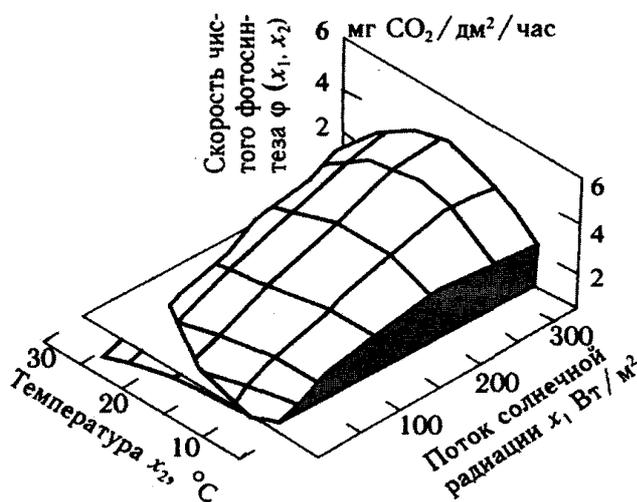


Рис. 22. Влияние температуры и интенсивности солнечной радиации на скорость фотосинтеза у вереска

2.1.2. Закон лимитирующих факторов

В совокупности условий существования почти всегда можно выделить фактор, который сильнее других влияет на состояние организма или популяции. Дефицит какого-либо одного важного ресурса (воды, света, тепла или элемента пищи) ограничивает жизнедеятельность даже тогда, когда все остальные условия оптимальны. **Закон минимума**, сформулированный выдающимся химиком и основателем агрохимии Ю. Либихом в 1840 году, гласит: «Выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей». Учёный доказал, что урожай растений можно эффективнее всего повысить, улучшив минимальный фактор (обычно увеличив количество азота или фосфора в почве). В качестве наглядной иллюстрации к своему закону Ю. Либих рисовал бочку, у которой образующие боковую поверхность доски имеют разную высоту (рис. 23). Длина самой короткой доски определяет уровень, до которого можно наполнять бочку водой. Следовательно, длина этой доски – лимитирующий фактор для наполнения бочки, длина других досок не имеет значения.

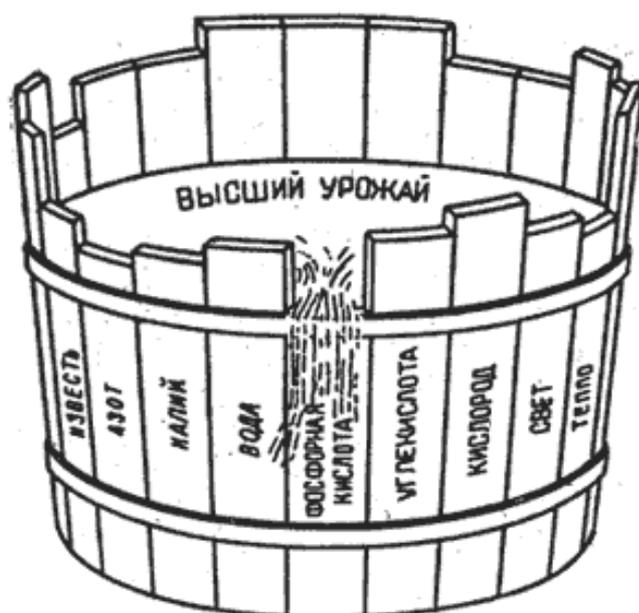


Рис. 23. «Бочка Либиха»

Поясним этот закон на конкретном примере. Допустим, в почве содержатся все элементы питания для данного растения, кроме одного, например азота. Рост растения будет замедлен или вообще невозможен. Увеличение концентрации других элементов и даже оптимальное значение всех их не будут иметь эффекта. Только введение азота приведёт к увеличению урожайности.

Лимитирующим образом могут действовать не только минимальные, как указывал Ю. Либих, но и максимальные значения фактора. Представление о лимитирующем влиянии максимума наравне с минимумом ввёл В. Шелфорд, сформулировавший в 1913 году **закон лимитирующих факторов**: лимитирующим фактором процветания организма (вида) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, диапазон между которыми определяет величину выносливости организма к данному фактору. Учение о лимитирующих факторах облегчает изучение сложных ситуаций во взаимоотношениях организмов и среды обитания. Так, если в водоёме в жару гибнет рыба, то в первую очередь должна быть измерена концентрация кислорода в воде, которая падает с увеличением температуры. В случае же гибели птиц следует искать другую причину, т. к. содержание кислорода в воздухе относительно постоянно и достаточно для наземных организмов.

2.1.3. Общие закономерности действия биотических факторов

Отношения между живыми организмами в природе очень разнообразны. Если в качестве главного критерия непосредственного взаимодействия принять влияние численности организмов одного вида на численность организмов другого вида, то окажется, что в биосфере представлены всевозможные комбинации взаимоотношений (табл. 3).

Таблица 3

Классификация межвидовых отношений в зависимости от влияния численности одного вида на изменения численности другого

Влияние 1-го вида на 2-й	Влияние 2-го вида на 1-й	Тип взаимодействия		Пример
0	0	Нейтрализм		Волк и капуста
-	0	Аменсализм		Грибы – продуценты антибиотиков и бактерии
+	0	Комменсализм		Лев и грифы-падальщики Акула и рыбы-прилипалы Дуплистые деревья и птицы
-	-	Конкуренция		Овцы и кролики Песец и полярная сова
+	-	Ресурс-эксплуатор		Капуста и коза
			Хищничество	Антилопы и львы
			Паразитизм	Животное-хозяин и глист-паразит
+	+	Симбиоз	Мутуализм	Лишайник (гриб + водоросль)
			Протокооперация	Цветущие растения и пчёлы-опылители

Нейтрализм (0, 0) лишь на первый взгляд выглядит как полное отсутствие зависимости. Лев не питается травой, но ему не безразлично состояние пастбища в саванне, от которого зависит плотность популяции антилоп.

Аменсализм (-, 0) – одностороннее угнетение. Примером может служить действие антибиотиков грибов актиномицетов или финто-

цидов растений на микроорганизмы. Другим примером является «цветение» воды, когда токсины размножившихся и гниющих сине-зелёных водорослей приводят к гибели или вытеснению многих видов зоопланктона и других водных животных.

Комменсализм (+, 0) – одностороннее благоприятствование. Этот тип взаимоотношений широко распространён в природе: «квартирование» птиц в дуплах деревьев, питание грифов-падальщиков или гиен остатками пищи хищников, сопровождение крупных акул рыбами-прилипалами и т. д.

Конкуренция (–, –) – двустороннее, взаимное угнетающее действие одних организмов на другие. Этот тип взаимоотношений является одним из главных механизмов регулирования числа организмов в природе и имеет место тогда, когда совпадают их экологические ниши и ограничена ёмкость среды. Совпадение ниш может быть абсолютным и частичным. Абсолютное совпадение экологических ниш встречается в одной популяции. При росте популяции, когда ее численность приближается к пределу ёмкости среды, вступает в действие механизм регуляции численности: смертность возрастает, а плодовитость снижается. Пространство и пища становятся предметом конкуренции. Внутривидовая конкуренция хорошо выражена во многих популяциях растений и животных: в загущенных посевах растений происходит «самоизреживание», в перенаселённых популяциях грызунов повышается агрессивность, возникает каннибализм, увеличивается смертность (включая эмбриональную) из-за стрессов. У разных видов экологические ниши всегда различаются: по пространству, по времени, по ресурсам. В результате длительной эволюции между ними установилось конкурентное равновесие, режим сосуществования. Поэтому в природе бывает лишь частичное совмещение экологических ниш, и межвидовая конкуренция встречается реже. Она имеет место в основном при интродукции видов. Примером может служить жестокая конкуренция за пастбища между овцами и кроликами в Австралии.

Ресурс-эксплуататор (+, –) – противостояние благоприятствования и угнетения. Примеры такого взаимодействия – травоядные животные и растения, хищник и жертва (хищничество), паразит и его хозяин (паразитизм).

Симбиоз (+, +) – взаимное положительное воздействие. Здесь выделяют *протокооперацию*, когда совместное существование вы-

годно для обоих видов, но не является его непременным условием (цветковые растения и опыляющие их насекомые), и *мутуализм*, когда совместное присутствие каждого из видов сложилось в ходе эволюции и стало обязательным (лишайник-гриб и водоросль, гриб защищает водоросль, а водоросль кормит его).

2.1.4. Адаптация организмов к неблагоприятным условиям среды

Приспособление организмов к среде называется **адаптацией**. Способность к адаптации – одно из основных свойств жизни вообще, т. к. адаптация обеспечивает саму её возможность: выживать и размножаться. В процессе приспособления к неблагоприятным условиям среды организмы смогли выработать три основных пути.

Пассивный путь связан с подчинением жизненных функций изменению факторов среды. Организм как бы покоряется ухудшению условий, но при этом всё время сохраняет способность восстановить биологическую активность при возвращении оптимальных значений фактора. Такие организмы называют **выносливыми** или **толерантными** (терпеливыми). К ним относятся растения и низшие животные. Так, с понижением температуры воздуха понижается и температура деревьев, и обмен веществ в них. Некоторые мелкие организмы могут полностью высухать на воздухе, а затем возвращаться к активной жизни после пребывания в воде. Это состояние мнимой смерти называется **анабиозом**. Переход в состояние глубокого анабиоза, при котором практически полностью останавливается обмен веществ, помогает выживать организмам в самых экстремальных ситуациях. Известно, что высушенные семена и споры растений, мелкие животные (коловратки, нематоды) способны выдерживать температуры ниже -200°C .

Активный путь. Другие организмы в аналогичных условиях включают различные механизмы защиты от неблагоприятных воздействий, сопротивления им. Такие организмы называются **устойчивыми**. Примером высокой физиологической устойчивости служит постоянство температуры тела у птиц и млекопитающих при значительных изменениях температуры среды, постоянство солевого состава и осмотического давления крови у животных в среде с совершенно другими свойствами.

Избегание неблагоприятных воздействий. Примером реакции избегания являются миграции животных (сайгаки на зиму уходят в южные полупустыни), перелёты птиц, создание и использование убежищ у животных, кондиционирование воздуха у человека.

Часто приспособление вида к среде обитания осуществляется сочетанием всех путей адаптации. Рассмотрим разные виды адаптаций.

Морфологические адаптации связаны с особенностью внешнего строения организма, которое способствует выживанию в обычных для него условиях. Например, форма тела кита способствует скоростному плаванию, строение пустынных растений приспособлено к минимальным потерям влаги и т. д.

Поведенческие адаптации проявляются в самых разнообразных формах: суточные и сезонные кочёвки животных и птиц, создание убежищ, затаивание жертвы и т. д.

Физиологические адаптации. Если морфологической и поведенческой адаптации оказывается недостаточно, сопротивление неблагоприятным условиям достигается с помощью **физиологической регуляции**. Так, понижение концентрации кислорода в среде вызывает у животных усиление жаберной или лёгочной вентиляции и ускорение кровообращения. Но и физиологической регуляции может оказаться недостаточно при длительном напряжении физиологических функций. Стресс приводит к истощению ресурсов организма и может иметь отрицательные последствия. Поэтому во многих случаях при стойких отклонениях условий среды от биологического оптимума происходит **физиологическая адаптация (акклимация)**. Это такие изменения физиологической регуляции, которые повышают её эффективность и уменьшают общее функциональное напряжение организма. Так, усиление вентиляции лёгких и интенсификация кровообращения при недостатке кислорода, например, в условиях высокогорья не могут сохраняться сколь угодно долго, так как это требует больших затрат энергии. Поэтому в разных системах организма наступают перестройки. В первую очередь увеличиваются кислородная ёмкость и кислородотранспортная функция крови за счёт увеличения количества эритроцитов и особой формы гемоглобина. Затем расширяются артерии сердца и мозга, в тканях сгущается капиллярная сеть – облегчается доставка кислорода.

В природных условиях значение акклимации связано в основном с приспособлением растений и животных к сезонным измене-

ниям в окружающей среде: линька, накопление подкожного жира и т. д. Новые качества, приобретаемые при акклимации, утрачиваются при возвращении в оптимальные условия. Этим физиологическая адаптация отличается от видовой генетической адаптации.

Генетическая адаптация происходит на протяжении ряда поколений. Примером такой адаптации к абиотическим факторам может служить приспособление к холоду (зимняя спячка у животных, деревья сбрасывают листву), а к биотическим – защита от хищников (быстрый бег, длинные иглы, отпугивающий запах, покровительственная окраска) или привлечение полового партнёра (яркое оперение, пение, своеобразные танцы).

2.2. Важнейшие ресурсы биосферы

Под ресурсами биосферы понимают все то, что необходимо для жизнедеятельности живых организмов, включая человека. Рассмотрим наиболее важные ресурсы биосферы – энергетические, атмосферу, воду, почву – и приспособление к ним живых организмов.

2.2.1. Энергетические ресурсы

Главным источником биологически используемой энергии на Земле является солнечный свет, а также пища, в которой тоже аккумулирована солнечная энергия. Излучение Солнца, достигающее верхней границы биосферы, составляет $8,3 \text{ Дж/см}^2$ в 1 мин и называется **солнечной постоянной**. Распределение излучения показано на рис. 24. Около 19% его поглощается атмосферой, 34% отражается обратно в космическое пространство и лишь 47% достигает земной поверхности. Эта доля состоит на 24% из прямой радиации (почти параллельных лучей, идущих непосредственно от Солнца и несущих наибольшую энергетическую нагрузку), на 23% из рассеянной радиации (лучей, поступающих к Земле со всех точек небосвода, рассеянных молекулами газа воздуха, капельками водных паров, кристалликами льда, частицами пыли, а также отражённых от облаков). В достигающей поверхности Земли потоке радиации около 50% мощности приходится на видимый свет (длины волн 390–780 нм), ~ 1% – на ультрафиолетовые лучи (<390 нм), остальное – на инфракрасные лучи (>780 нм).

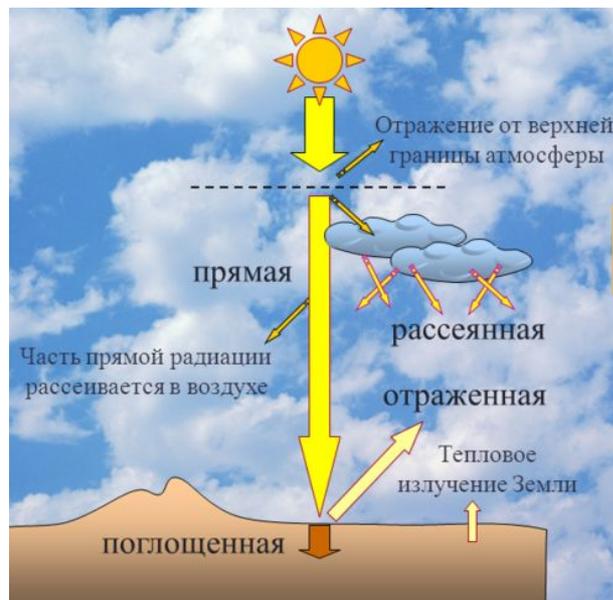


Рис. 24. Баланс солнечной радиации на земной поверхности

Около 56% достигающей Земли солнечной энергии идет на испарение воды. При конденсации влаги эта теплота выделяется и вместе с остальными 44% расходуется на нагрев атмосферы, воды, почвы. И лишь менее 1% солнечного излучения идёт на реакции фотосинтеза. Морфология растений, структура растительного покрова (ярусность) организованы таким образом, чтобы максимально поглощать световую энергию. Светоприёмная поверхность земной флоры в 4 раза больше поверхности планеты.

Вследствие вращения Земли вокруг собственной оси и движения вокруг Солнца развитие жизни на планете происходило в условиях регулярной смены дня и ночи, а также чередования времён года. Подобная ритмичность создала свою периодичность условий в жизни большинства видов. Физиологическое состояние и поведение организмов приспособлены к циклическим изменениям внешней среды – освещённости, температуры, влажности и т. д. Выделяют суточные, годовые и приливно-отливные ритмы жизнедеятельности.

Суточные ритмы приспособливают организмы к смене дня и ночи. Так, у человека около ста физиологических характеристик подчиняются суточному циклу: кровяное давление, температура тела, ритм дыхания, частота сокращений сердца и т. д.

Годовые ритмы приспособливают организмы к сезонной смене условий (линька, наступление зимней спячки, миграции и т. д.). Самые уязвимые для многих видов процессы размножения и выращивания потомства приходятся на наиболее благоприятный сезон.

Приливо-отливные ритмы наблюдаются у организмов, обитающих в прибрежной части морей и океанов. Так, самки некоторых рыб откладывают икру у кромки воды в самый высокий прилив, закатывая её в песок. При отливе икра созревает в нём, а выходят мальки через полмесяца во время следующего большого прилива.

Гетеротрофы не участвуют в процессе фотосинтеза, а получают энергию через пищу. Количество пищи на Земле определяется чистой первичной продукцией растений – около 200 млрд т в год сухого вещества фитомассы, в которой заключено $3,5 \times 10^{21}$ Дж энергии. Всё это вещество за год используется гетеротрофами, чья биомасса на порядок меньше. Эффективность использования пищи для роста и размножения различна у разных организмов. У крупных рыб и рептилий она составляет до 40%, у птиц и млекопитающих в среднем меньше 10%, только у высокопродуктивных сельскохозяйственных животных – молочных коров, свиней и птиц – она может достигать до 25–30%.

В случае несоответствия между питанием и энерготратами образуется энергетический резерв организма в виде запаса органических веществ (жира, гликогена). Благодаря им переносятся голодание, сезонные и репродукционные миграции рыб и птиц, зимняя спячка животных и т. д.

2.2.2. Атмосфера

Атмосфера – газовая оболочка Земли. Она имеет слоистое строение и состоит из нескольких сфер, между которыми располагаются переходные слои – паузы. В сферах изменяются состав воздуха и температура (рис. 25).

Наиболее плотный слой воздуха, прилегающий к земной поверхности, носит название **тропосферы**. Толщина её составляет 7–18 км. В тропосфере сосредоточено более 80% массы земной атмосферы. Из-за неравномерности нагрева земной поверхности в тропосфере образуются мощные вертикальные потоки воздуха, отмечается неустойчивость температуры, относительной влажности, давления и т. д. Температура воздуха в тропосфере по высоте уменьшается на $0,6^\circ\text{C}$ на каждые 100 м и колеблется от $+40$ до -50°C .

Выше тропосферы находится **стратосфера**. Между ними расположена тропопауза. Стратосфера имеет протяжённость около 40 км. Воздух в ней разрежен, влажность высокая. Температура воздуха от границы тропосферы до высоты 30 км постоянная – около -50°C , а

затем она начинает повышаться и на высоте 50 км достигает 10°C . В стратосфере под воздействием космического излучения и коротковолновой части ультрафиолетового излучения Солнца молекулы воздуха ионизируются, в результате чего образуется озон. Высокая температура стратосферы, вероятно, является результатом полного поглощения солнечной радиации озоновым слоем.

Стратопауза отделяет стратосферу от лежащей выше **мезосферы**. В мезосфере количество озона уменьшается, поэтому средняя температура там значительно ниже. На высоте около 80 км она равна 70°C .

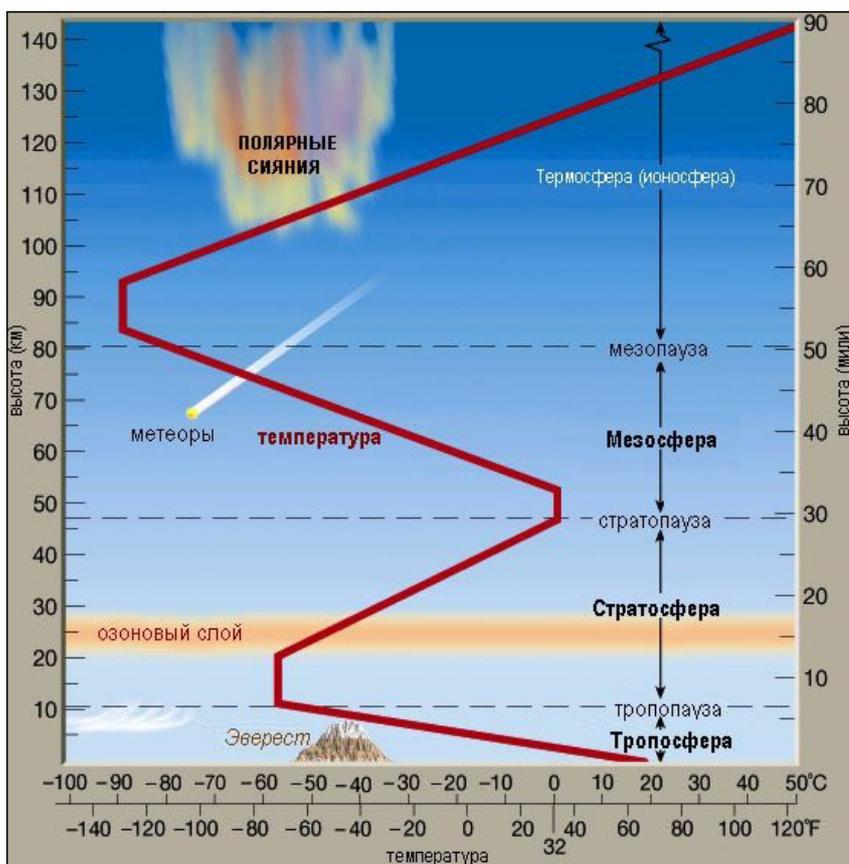


Рис. 25. Строение атмосферы

Выше мезосферы расположена **термосфера** (или ионосфера), между ними имеется мезопауза. Для термосферы характерно непрерывное повышение температуры с увеличением высоты. На высоте 150 км температура достигает $200\text{--}240^{\circ}\text{C}$, а на высоте 500–600 км она превышает 1500°C . В термосфере газы очень разрежены. Молекулы их движутся с большой скоростью, но редко сталкиваются между собой и поэтому не могут вызвать даже небольшого нагревания находящегося здесь тела.

Наиболее удалена от Земли **экзосфера** (800–1600 км). В ней ещё обнаруживаются газы атмосферы.

До высоты 100 км химический состав воздуха существенно не меняется: атмосфера состоит в основном из молекулярных кислорода и азота. На высоте 110–120 км кислород почти весь становится атомарным. Предполагается, что выше 400–500 км и другие газы, составляющие атмосферу, находятся в атомарном состоянии. Кислородно-азотный состав сохраняется примерно до высоты 400–600 км. Выше 600 км в атмосфере начинает преобладать гелий. «Гелиевая корона» Земли простирается примерно до высоты 1600 км, а выше 2000–3000 км преобладает водород.

Значение атмосферы для жизни на Земле огромно. Атмосфера регулирует тепловой режим планеты, способствует перераспределению тепла по земному шару. Благодаря ей на Земле не бывает резких перепадов температуры. При отсутствии атмосферы в течение только одних суток амплитуда колебаний температуры достигла бы 200°C: днём стояла бы сильная жара (более 100°C), а ночью – мороз (–100°C). Ещё большая разница была бы между зимними и летними температурами.

Газовая оболочка спасает все живые организмы от губительных ультрафиолетовых, рентгеновских и космических лучей. Она придаёт нашему небу голубой цвет, так как молекулы основных элементов воздуха и различные примеси, содержащиеся в нём, рассеивают главным образом лучи с короткой длиной волны, т. е. фиолетовые, синие и голубые. По мере удалённости от Земли, а следовательно, уменьшения плотности и засорённости воздуха цвет неба становится темнее, оболочка приобретает густо-синюю, а в стратосфере чёрно-фиолетовую окраску. Атмосфера является средой, в которой распространяются звуки. Без воздуха на Земле царила бы тишина.

Воздушная наземная среда самая сложная по экологическим условиям. Она была освоена живыми организмами в процессе эволюции значительно позже водной. Жизнь на суше потребовала таких приспособлений, создание которых возможно лишь при высоком уровне организации растений и животных. Низкая плотность воздуха не обеспечивает его опорность. Поэтому организмы, обитающие в воздушной наземной среде, должны обладать собственной опорной системой, поддерживающей тело: растения – разнообразными механическими тканями, животные – твёрдым скелетом. Многие организмы использовали низкую плотность воздуха и в процессе эво-

люции научились летать. К активному полёту способны 75 % видов всех наземных животных, преимущественно насекомые и птицы.

Главными химическими компонентами атмосферы в её низших слоях (в тропосфере), где сосредоточена жизнь, являются: азот – 78%; кислород – 21%; аргон – 0,9%. Доля остальных веществ не превышает 0,1%.

Поток солнечной энергии вызывает целый ряд теплофизических процессов в атмосфере, которые реализуются в виде различных проявлений климата. Зональные различия в распределении солнечной энергии определяются географической широтой, прозрачностью атмосферы, облачностью, характером растительного покрова. Макроклимат местности характеризуется такими показателями, как среднегодовая температура, её абсолютный минимум и максимум, количество осадков, сила и направленность ветров, влажность воздуха и др. Макроклимат определяет распространение организмов, положение и размеры их ареалов, облик биомов. Некоторые биотопы могут иметь свой микроклимат, заметно отличающийся от макроклимата (микроклимат опушки леса, склона холма, гнезда, норы, помещения и т. д.).

Температура имеет наибольшее экологическое значение из всех климатических факторов. Температура воздуха на Земле колеблется от $-89,2^{\circ}\text{C}$ (станция «Восток», Антарктика) до $+58,7^{\circ}\text{C}$ (Гарьян, Ливия). Средняя годовая температура приземного слоя воздуха над континентами и океаном (исключая Антарктиду) равна $+15,7^{\circ}\text{C}$. Термическое равновесие атмосферы поддерживается с высокой точностью, ещё более стабильна средняя температура гидросферы: $+3,3^{\circ}\text{C}$.

Температурный диапазон активной жизни определяется температурами, при которых возможно нормальное строение и функционирование белков: от 0 до $+50^{\circ}\text{C}$. Однако целый ряд организмов обладает специализированными ферментными системами и приспособлен к активному существованию при температуре тела, выходящей за эти пределы. Так, древесные и кустарниковые породы Якутии не вымерзают при -70°C , в Антарктиде при такой же температуре обитают лишайники, отдельные виды водорослей, ногохвостки, пингвины. В водах горячих ключей на Камчатке постоянно живут синезеленые водоросли при температуре $+80^{\circ}\text{C}$, верблюжья колючка переносит нагревание воздуха до $+70^{\circ}\text{C}$. Диапазон температур, в котором семена, споры и многие организмы способны длительное время находиться в неактивном состоянии, существенно больше – от -273 до $+127^{\circ}\text{C}$.

По способности адаптироваться к температуре окружающей среды все организмы делятся на **эктотермы** – подчинённые внешней температуре и **эндотермы** – птицы и млекопитающие, поддерживающие постоянно высокую температуру тела при значительных изменениях температуры окружающей среды. Последние располагают средствами эффективной регуляции теплоотдачи и теплопродукции организма. Например, песец, полярная сова и белый гусь легко переносят сильный холод и поддерживают разницу температур тела и среды в 100°C и более. Благодаря толщам подкожного жира и особенностям периферического кровообращения превосходно приспособлены к длительному пребыванию в ледяной воде многие ластоногие и киты.

2.2.3. Вода

Вода – самое распространённое химическое соединение на поверхности Земли. Когда учёные, исследуя другие планеты, ставят вопрос о существовании на них жизни, они в первую очередь обращают внимание на наличие воды. Без воды жизнь существовать не может.

Происхождение воды до сих пор остаётся загадкой. Согласно гипотезе «холодного» образования планет Солнечной системы, вода в виде кристаллов льда существовала в первичном газопылевом облаке, из которого возникла Земля. По преобладающим на сегодня воззрениям, начало водной оболочке нашей планеты дала вода, выделявшаяся и продолжающаяся выделяться из мантии в результате дегазации и обезвоживания её вещества. Расчёты показывают, что в мантии содержатся практически неисчерпаемые запасы химически связанной воды (13–15 млрд км³), в 10 раз больше, чем во всём Мировом океане. Одни ученые считают, что на ранней стадии истории Земли вода поступала из недр в результате бурной вулканической деятельности в неизмеримо большем количестве, чем теперь, и океанические бассейны заполнились водой почти до современного уровня в первые 1–2 млрд лет существования нашей планеты. Другие исследователи считают, что океаны заполнялись постепенно на протяжении всей истории Земли: из вулканов, трещин и горячих источников всегда поступало воды столько же, сколько и теперь, – 1 км³ в год. Этого с избытком хватило бы на то, чтобы наполнить океаны за 3–4 млрд лет.

Поперечник Земли (экваториальный диаметр) равен 12760 км, а средняя глубина океана – 3700 м, следовательно, толщина слоя воды равна 0,03% земного диаметра. Это тончайшая водяная плёнка на

поверхности Земли играет исключительно важную роль в биосфере. На поверхностях других планет Солнечной системы нет и такого тонкого слоя воды. Огромная роль воды обусловлена следующими ее уникальными свойствами:

1. Вода – единственное вещество на планете, которое находится одновременно в трёх агрегатных состояниях.

2. Молекулы воды связаны между собой межмолекулярными водородными связями, в результате чего вода имеет высокие показатели теплоты испарения, теплоты плавления, теплоёмкости. Всё это способствует стабилизации температуры на Земле. Так, благодаря высокой теплоте испарения 30% солнечной радиации расходуется на испарение воды со всех поверхностных источников. В противном случае это излучение нагревало бы атмосферу, и температура воздуха была бы значительно выше. В межсезонные переходы из-за высокой теплоты плавления воды значительная часть энергии солнечных лучей расходуется на таяние снегов и льдов, что также способствует сглаживанию температуры воздуха.

3. Плотность льда ниже плотности воды, поэтому водоёмы покрываются ледяным панцирем только сверху, и жизнь зимой в них продолжается.

4. Вода – универсальный растворитель из-за высокой полярности молекул, она растворяет больше солей и других соединений, чем любое иное вещество. Поэтому все активные процессы обмена веществ в организмах происходят только в водной среде. Содержание воды в живых организмах колеблется от 40 до 98 % (табл. 4).

Таблица 4

Содержание воды в живых организмах, % к массе тела

Растения	Содержание воды	Животные	Содержание воды
Водоросли	96–98	Губки	84
Корни моркови	87–91	Моллюски	80–92
Листья трав	83–86	Насекомые	46–92
Листья деревьев	79–82	Ланцетник	87
Клубни картофеля	74–80	Земноводные	До 93
Стволы деревьев	40–55	Млекопитающие	68–83

Водная оболочка Земли покрывает 70% её поверхности. Гидросфера включает в себя не только поверхностные воды – океаны, моря, озёра, реки, пруды, болота, но и подземные. Большая часть воды на

Земле (97,5%) – солёная, а все основные наземные экосистемы зависят от наличия пресной воды, содержащей не более 1 г/л солей. Основная масса такой воды (70%) труднодоступна, т. к. заключена в ледниках.

Вся вода на Земле непрерывно находится в круговороте, который называется **гидрологическим циклом**. Это самый значительный по переносимым массам и затратам энергии круговорот на Земле. Он постоянно очищает и пополняет пресноводные системы. Вместе с круговоротом воды происходит и круговорот многих химических элементов и их соединений, которые растворяются в воде, переносятся ею, вовлекаются в различные процессы: кристаллизации, осаждения, окислительно-восстановительные. Во многих этих процессах участвуют и живые организмы.

На рис. 26 дана схема гидрологического цикла. Вода в атмосферу поступает при испарении в большей степени с поверхности океана, а также с поверхностей рек, озёр и других водоёмов, почвы. Также значительное количество воды попадает в атмосферу при транспирации (испарении воды растениями). В атмосфере, когда нагретый воздух, поднимаясь с поверхности Земли, остывает, вода конденсируется на частицах пыли, в результате образуются туман и облака. Когда вода в облаках уже не удерживается, выпадают осадки. Осадки либо впитываются в почву (инфильтрация), либо стекают по ней (поверхностный сток). Инфильтрованная вода возвращается в атмосферу при транспирации или при испарении с поверхности почвы. Просочившаяся вода попадает в грунтовые воды.

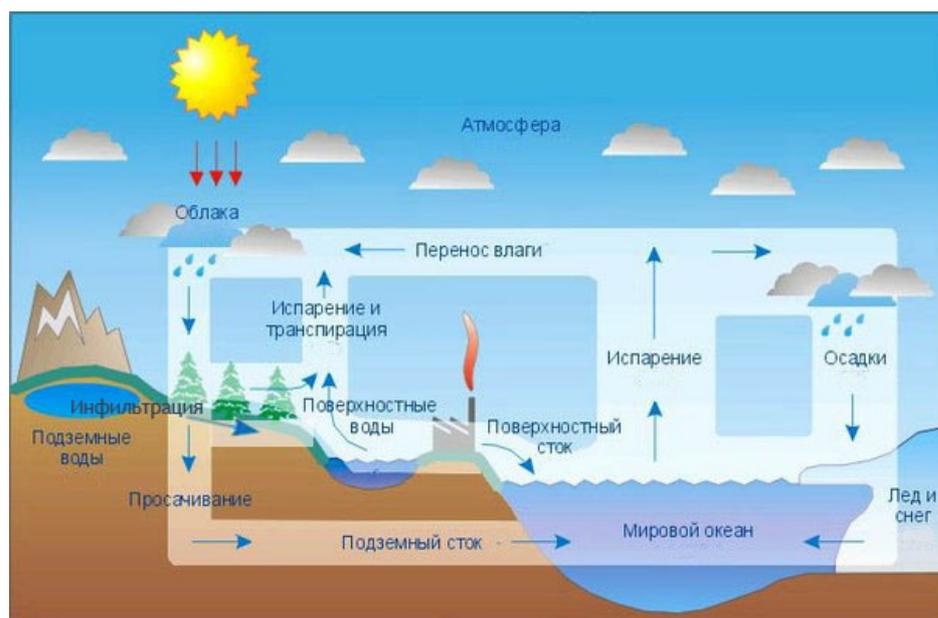


Рис. 26. Гидрологический цикл

Охарактеризуем кратко основные источники воды на планете.

Океан – самый крупный резервуар воды. Колоссальное значение океана состоит в том, что он, будучи «лёгкими» планеты, продуцирует своим фитопланктоном почти половину всего кислорода атмосферы. Океан является важнейшим источником пищевых ресурсов, которые далеко не исчерпаны. Большое количество высококачественных продуктов белкового питания могут дать некоторые животные, биомасса которых в океане очень велика, а освоение его ресурсов только начинается. Например, криль можно добывать без ущерба для окружающей среды по 200 млн т в год. В морской воде содержатся почти все элементы таблицы Д.И. Менделеева. Больше всего в океане Cl, Na, K, Mg, Ca, относительно много U, Ag, Au. Почти 1/3 добываемой на планете нефти поступает из скважин морского дна. Добыча не только нефти, но и газа на шельфе (материковой отмели) постоянно растёт. Океан может стать неисчерпаемым источником пресной воды. В мире уже действует более 1000 опреснительных установок, дающих 10 млн м³ воды в сутки.

Реки представляют собой самый удобный для использования вид природных вод. Они, словно гигантский водопровод, проходят по всем материкам. О величине реки надо судить не по её длине, а по площади бассейна (водосбора), с которого река собирает воды. О расходе воды судят по её объёму, протекающему в единицу времени через поперечное сечение русла реки. По основным показателям Амазонка – величайшая река в мире. Её сток в океан (220 тыс. м³) составляет 16% стока всех рек мира, хотя её длина (6280 км) меньше длины Нила (6670 км). В России самые великие реки расположены в Сибири: Лена – самая длинная (4400 км), у Оби самый большой бассейн (2290 тыс. км²), Енисей – самая водоносная (средний расход воды – 19800 м³/с).

Озёра – естественные водоёмы, не имеющие непосредственного соединения с морем (океаном). Самое уникальное озеро на Земле – Байкал. По площади оно стоит всего лишь на восьмом месте в мире, но содержит пресной воды больше других озёр – 20% мировых запасов, является самым глубоким (наибольшая глубина – 1642 м) и самым чистым (металлический диск виден на глубине 40 м). Ежегодно в Байкале воспроизводится около 60 км³ неповторимой по качеству воды. Редкая чистота озера обеспечивается жизнедеятельностью его уникального растительного и животного мира, 40 % представителей которого **эндемичны**, т. е. нигде больше в мире не встречаются.

Подземные пресные воды – воды, залегающие на глубине до 150–200 м, ниже они переходят в соленоватые и рассолы. Их объём почти в 100 раз больше объёма поверхностных пресных вод.

В водной среде обитают 7% видов животных и 8% видов растений от их общего количества на планете, т. е. разнообразие живых организмов здесь значительно ниже, чем на суше, где эволюция проходила быстрее и условия были многообразнее (рис. 27).

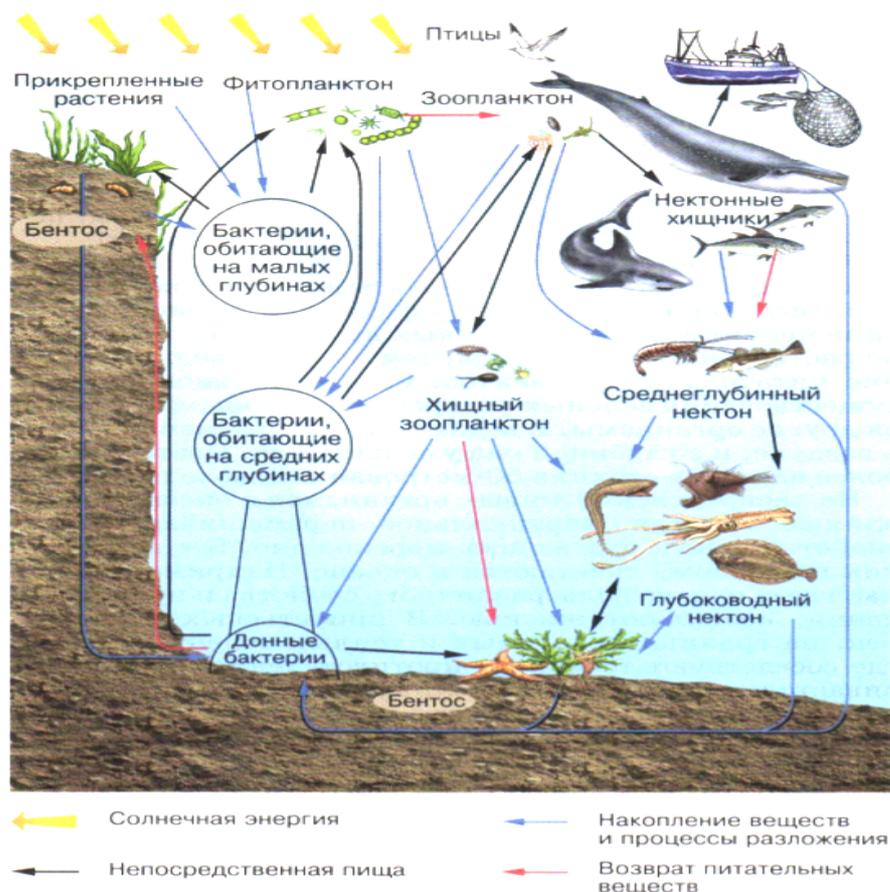


Рис. 27. Профиль океана и его обитатели

Особенности водной среды выработали у её обитателей разнообразные приспособления к перемещению в плотной среде, давлению, температуре, газовому и солевому составу. У многих видов животных (кальмаров, рыб, китообразных) настолько совершенны средства движения в воде (морфология и энергетика мышц, колебательная кинематика тела и плавников и др.), что их до сих пор не могут превзойти технические средства.

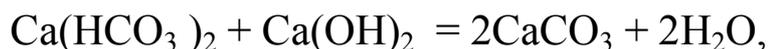
Из-за малых контрастов температур большинство океанических организмов имеют большие ареалы. Их распространение определяется не прямым воздействием температуры, а влиянием температуры на концентрацию кислорода в воде. Фауна водных бассейнов по-

лярных и приполярных широт обильна и разнообразна, главным образом вследствие повышенного содержания кислорода в холодной воде. Напротив, в тёплых водах тропических бассейнов пониженная концентрация кислорода ограничивает дыхание, затрудняет жизнедеятельность животных, и их численность здесь значительно ниже. Исключение составляют прибрежные зоны тёплых океанических вод, особенно со скоплениями кораллов, отличающиеся высоким разнообразием и продуктивностью живых организмов. Здесь решающую роль играет уже не температура, а обилие пищи.

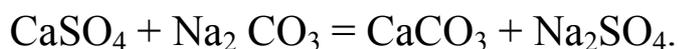
Содержание кислорода в воде не превышает 10 мл/л, что в 21 раз ниже, чем в атмосфере. Поэтому, в отличие от обитателей воздушной наземной среды, гидробионты очень чувствительны к колебаниям концентрации этого газа. Кислород поступает в воду в основном как продукт фотосинтеза, осуществляемого водорослями (фитопланктоном), и путём диффузии из воздуха. Поэтому верхние слои воды богаче этим газом, чем нижние. С повышением температуры и солёности воды концентрация кислорода в ней падает.

Важной характеристикой природных вод является их элементный состав. Морская вода содержит 35 г/л солей, представленных прежде всего хлоридами и сульфатами натрия, калия, кальция, магния. В пресных водах содержатся в основном гидрокарбонаты кальция и магния с общей концентрацией не более 1 г/л. Состав речной и озёрной воды зависит главным образом от типа почвы и горных пород, через которые она проходит. Зависит он также и от типа источника питания: обычно в грунтовой воде содержится растворённых веществ больше, чем в водах поверхностного стока.

Содержание гидрокарбонатов кальция и магния оценивается показателем **жёсткости воды**. Различают *жёсткость карбонатную (временную)* и *некарбонатную (постоянную)*. Первая обусловлена наличием в воде гидрокарбонатов кальция и магния, вторая – сульфатами кальция и магния или их хлоридами. Временная жёсткость устраняется кипячением или добавлением гидроксида кальция:



а постоянная – добавлением карбоната натрия:



Сумма временной и постоянной жёсткости составляет общую жёсткость, которую выражают в градусах жёсткости: $1^\circ\text{Ж} = 1 \text{ мг-экв./л}$ (1 миллиграмм-эквивалент ионов кальция и магния на 1 литр воды).

Ниже приведены интервалы жёсткости воды:

Вода	Мягкая	Средняя	Жёсткая
Интервал жёсткости	Менее 2°Ж	2–10°Ж	Свыше 10°Ж

Большинство морских и пресноводных организмов приспособлены к небольшим колебаниям солёности (минерализации) воды. Особенно строгие требования по концентрации соли, впрочем, как и кислорода, и по температурному режиму предъявляют организмы на самых ранних стадиях развития. Лососи, обитающие в открытом океане, проходят для нереста к верховьям рек с чистой, прозрачной водой, а европейский угорь, обитающий в пресных озёрах Балтийского бассейна, пробирается по мокрым, росистым лугам до ближайших речек, по ним – к морю, пересекает Атлантику и нерестится в Саргассовом море на глубине 2–3 км.

Концентрация водородных ионов рН тоже оказывает существенное влияние на распределение водных организмов. Пресноводные бассейны с рН 3,7–4,7 считаются кислыми, рН 6,95–7,3 – нейтральными, с рН более 7,8 – щелочными. Морская вода имеет щелочную реакцию (рН 8,3). В отличие от морей, рН пресных водоёмов испытывает значительные колебания во времени, нередко даже в течение суток. Большинство живых организмов пресноводных экосистем погибают при значениях рН ниже 5 или выше 9 (рис. 28).

В отличие от гидробионтов, обитающие на суше организмы постоянно теряют влагу, так как содержание воды в их теле велико, а давление паров воды в воздухе относительно мало. Режимы влажности среды на суше очень разнообразны – от полного и постоянного насыщения воздуха водяными парами в некоторых районах тропиков до практически полного отсутствия их в сухом воздухе пустынь. Водообеспечение живых организмов зависит и от режима выпадения осадков, наличия водоёмов, запасов почвенной влаги, близости грунтовых вод и т. д. Ресурсы пресной воды на планете распространены крайне неравномерно. Более 63% суши занимают территории с отрицательным водным балансом, где испарение превышает выпадение осадков, а средняя относительная влажность воздуха не более 45%.

Животные способны получать воду разными путями: через кишечный тракт в виде питья и с пищей; через кожный покров (амфибии, некоторые насекомые); через метаболическую воду, образующуюся при окислении жиров (обитатели пустынь). Так, верблюды способны переносить потери воды до 27% от массы тела, поскольку при окислении 100 г жиров образуется до 110 г воды. Мелкие обитатели пустынь вообще никогда не пьют, обходясь метаболической водой.

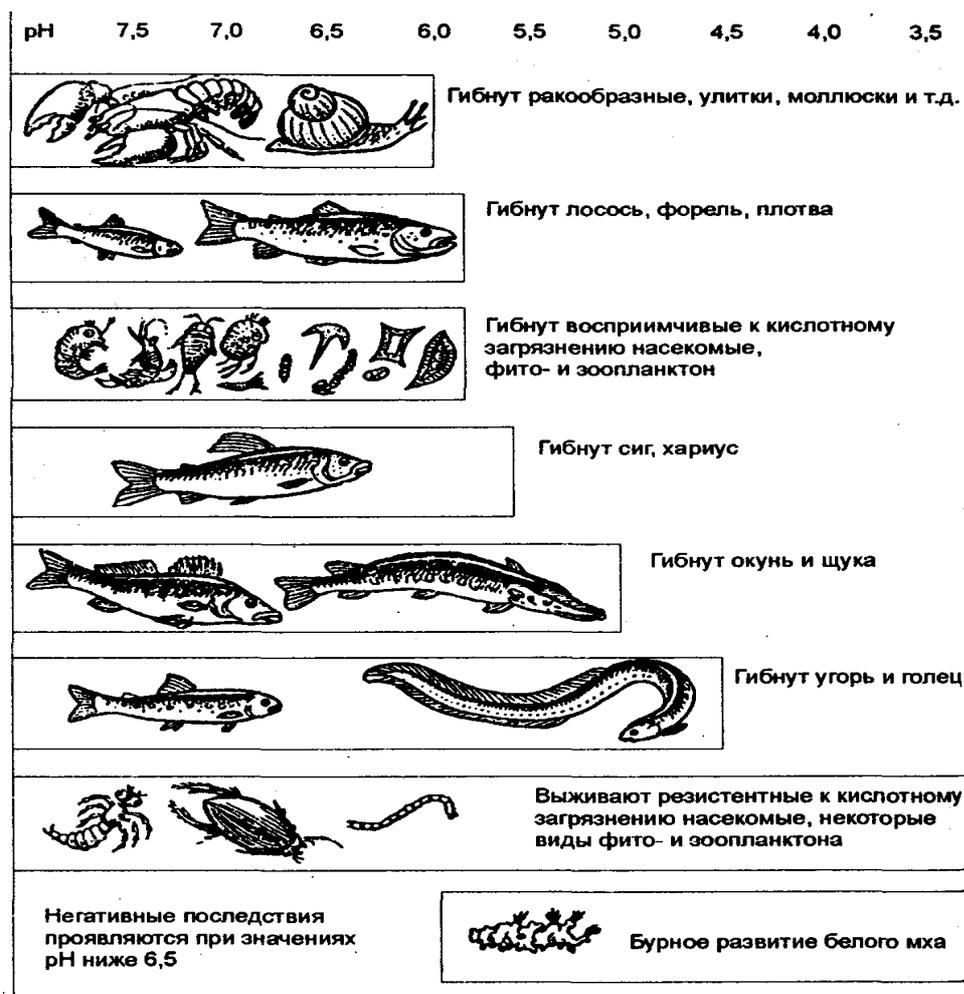


Рис. 28. Влияние кислотности материковых вод на выживание организмов

Потери воды организмами связаны с транспирацией и испарением через кожный покров, с дыханием, а также с выделением мочи и экскрементов. Хотя животные способны выдерживать кратковременные потери воды, в целом расход её должен возмещаться приходом. Так, суточная потребность человека в воде – 2–3 л, обезвоживание организма на 10% уже опасно, а на 25% – смертельно.

Вся эволюция наземных организмов шла под знаком приспособления к добыванию и сохранению воды. Например, обитающие в засушливых районах растения – кактусы, агавы – запасают и хранят влагу с помощью поверхностной корневой системы, способной перехватывать редкие осадки, мясистых сочных стеблей, колючек вместо листьев, ворсистого покрова, воскового налёта. Другие растения – жёсткие травы, кустарники пустынь и полупустынь – восполняют потерю воды с помощью глубоких корней с большой сосущей силой.

2.2.4. Почва

Плодородная почва – важнейший для человека ресурс, т. к. от неё зависит производство практически всех продуктов питания и необходимых продуктов потребления – древесины, натуральных волокон и т. д. История показывает, что неразумная эксплуатация почвы приводит к катастрофическим экологическим последствиям. Так, археологи установили, что упадок многих процветавших древних цивилизаций был вызван не войнами, а неспособностью сохранить земельные ресурсы. Например, Северная Африка, некогда снабжавшая зерном Римскую империю, теперь по большей части превратилась в пустыню.

Почва представляет собой рыхлый тонкий поверхностный слой суши, контактирующий с воздушной средой. Несмотря на незначительную толщину, эта оболочка Земли играет очень важную роль в распространении жизни. Почва – не просто твёрдое тело, как большинство пород литосферы, а сложная трёхфазная система, в которой твёрдые частицы окружены воздухом и водой. Она пронизана полостями, заполненными смесью газов и водными растворами, и поэтому в ней складываются чрезвычайно разнообразные условия, благоприятные для жизни множества микро- и макроорганизмов. В почве температурные колебания по сравнению с приземным слоем воздуха сглажены, а наличие грунтовых вод и проникновение осадков создают запасы влаги. В почве концентрируются запасы органических и минеральных веществ, поставляемых отмирающими растениями и животными. Всё это определяет большую насыщенность почвы жизнью. В ней сосредоточены корневые системы наземных растений. В среднем на 1 м² почвенного слоя приходится более 100 млрд клеток простейших, миллионы беспозвоночных коловраток и тихоходок, десятки миллионов нематод – круглых червей, десятки и сотни тысяч клещей и первичнобескрылых насекомых, тысячи других членистоногих, десятки и сотни дождевых червей, моллюсков и прочих беспозвоночных. Кроме того, 1 см² почвы содержит десятки и сотни миллионов бактерий, микроскопических грибов и других микроорганизмов. В каждом грамме освещённого поверхностного слоя обитают сотни тысяч фотосинтезирующих клеток зелёных, жёлтозелёных, диатомовых и синезелёных водорослей. Живые организмы столь же характерны для почвы, как и неживые ком-

поненты. Поэтому В.И. Вернадский отнёс почву к «биокосным» (содержащим и живой, и неживой компонент) телам природы. Жизненно необходимый обмен минеральными веществами между биосферой и неорганическим миром происходит именно в почве.

Итак, почва – сложная экосистема. Её компонентами являются: 1) минеральные частицы; 2) воздух; 3) вода; 4) гумус; 5) живые организмы, составляющие пищевую цепь, основанную на детрите.

От всей массы почвы минеральные вещества составляют в среднем 50–60%, органические – до 10%, воздух – 15–25%, вода – 25–35%.

Основные свойства почвы как экологической среды – это её физическая структура, механический и химический состав, содержание органических веществ, влажность, аэрация. Различное сочетание этих свойств образует множество разновидностей почв и разнообразие почвенных условий. Сейчас на Земле по распространённости ведущее положение занимают четыре типологические группы почв:

1) почвы влажных тропиков и субтропиков – преимущественно краснозёмы и желтозёмы, для которых характерны богатство минерального состава и большая подвижность органики; занимают более 32 млн км²;

2) плодородные почвы саванн и степей – чернозёмы, каштановые и коричневые почвы с мощным гумусовым слоем – 32 млн км²;

3) скудные и крайне неустойчивые почвы пустынь и полупустынь, относящиеся к разным климатическим зонам, – более 30 млн км²;

4) относительно бедные почвы лесов умеренного пояса – подзолистые, бурые и серые лесные почвы – более 20 млн км².

Почвообразование – процесс преобразования горных пород в новое качественное состояние при взаимодействии минерального вещества с организмами биосферы и продуктами их жизнедеятельности под влиянием различных абиотических факторов внешней среды.

Процессы почвообразования при первичных сукцессиях начинаются с физического и химического выветривания и разрыхления материнских пород – базальтов, гнейсов, гранитов, известняков, песчаников. Слой выветривания постепенно заселяется микроорганизмами, растениями и животными, которые ускоряют преобразование субстрата и обогащают его органическими веществами. Возникает почва. Процесс распространяется от поверхности к более глубоким слоям Земли. Поэтому большинство почв имеет более или менее выраженный слоистый профиль, разделяемый на почвенные горизонты.

Обычно выделяют три основных горизонта, различающихся по морфологическим и химическим свойствам (рис. 29):

1. Верхний перегнойно-аккумуляторный горизонт (А), в котором накапливается и преобразуется органическое вещество и из которого промывными водами часть соединений выносится вниз.

2. Горизонт вымывания (В), где оседают и преобразуются вымытые сверху вещества.

3. Материнская порода – горизонт С – материал, который преобразуется в почву.

В пределах каждого горизонта выделяют более дробные слои.

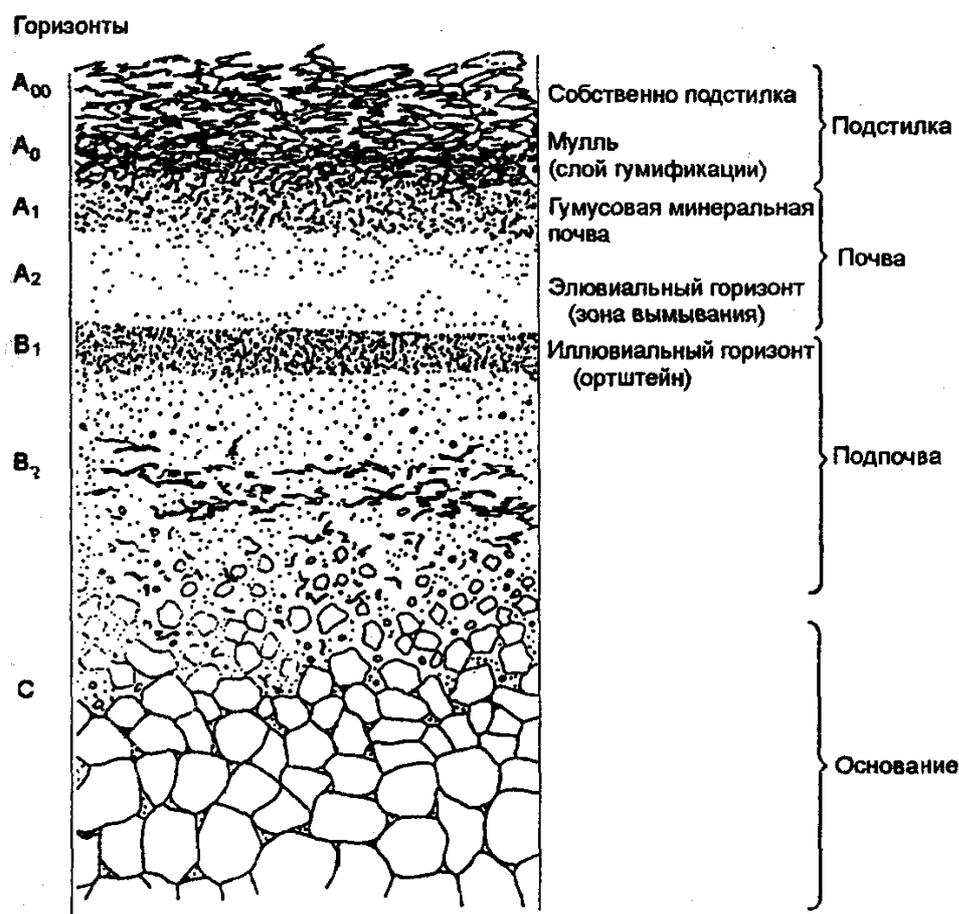


Рис. 29. Обобщенная схема почвенного профиля

Учение о факторах почвообразования, получившее всеобщее признание, было создано В.В. Докучаевым. К этим факторам относятся: почвообразующие породы, растительные и животные организмы, климат, рельеф, возраст, вода (почвенная и грунтовая), хозяйственная деятельность человека.

Почвообразующие породы (материнская порода) состоят из различных минеральных компонентов, из которых свыше 50% приходится на кремнезём (SiO_2), 1–25% – на глинозём (Al_2O_3), 1–10% – на оксиды железа (Fe_2O_3), 0,1–5% – на оксиды магния, калия, фосфора и кальция (MgO , K_2O , P_2O_5 , CaO). От характера материнских пород зависят физические свойства почвы – водный и тепловой режимы, скорость передвижения веществ в почве. Минеральные фрагменты, образующие вещество почвенного скелета, различны по величине – от валунов и камней до песчаных крупинок и мельчайших частиц глины. Механические свойства почвы в основном определяются относительным содержанием в ней песка, алеврита и глины, которые отличаются друг от друга по размеру частиц. В зависимости от различного сочетания этих компонентов почвы принято делить на одиннадцать структурных классов (рис. 30).

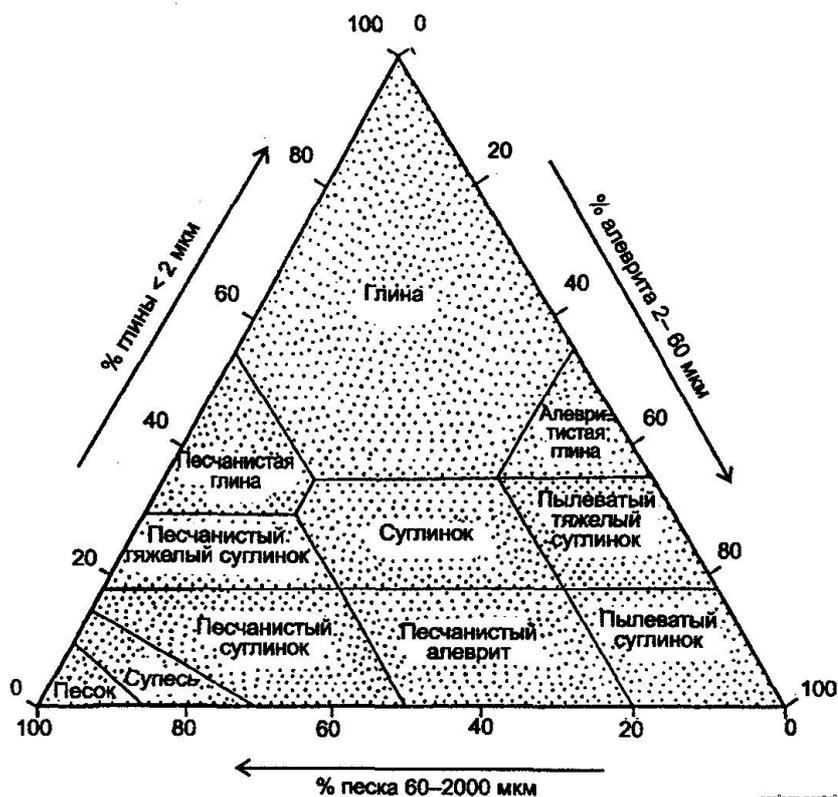


Рис. 30. Треугольная диаграмма классов почв

Идеальная почва должна содержать приблизительно равные количества глины и песка с частицами промежуточных размеров. В этом случае образуется пористая, крупчатая структура, и почва называется суглинками. Такая почва более пригодна для роста растений благодаря содержанию в ней в достаточном количестве питательных веществ и способности удерживать воду.

Материнская порода определяет минералогический и химический состав почв, который имеет существенное экологическое значение. Почвы, залегающие на известняках, очень богаты кальцием, и на них развивается специфическая кальцефитная растительность. Очень своеобразна растительность засоленных почв, богатых ионами натрия и хлора. Чрезмерное содержание соли губительно для растения, т. к. его клетки контролируют свой жизненно необходимый водный баланс за счёт выравнивания концентрации соли. Вода поступает внутрь клетки под действием осмоса. Если концентрация соли в почве будет превышать таковую в клетке, то клетка под действием осмоса будет терять влагу, и растение погибнет (рис. 31).

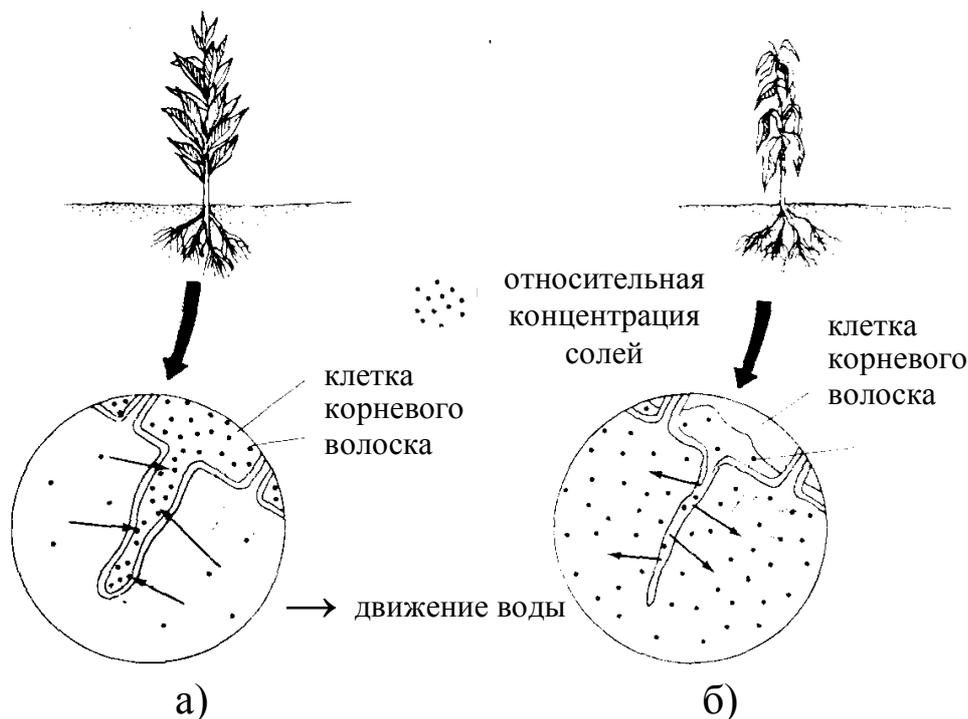


Рис. 31. Соли в почве и движение воды за счет осмоса:

а – Клетки поглощают воду, но не пропускают внутрь соли натрия. Если вода в почве пресная, то поглощение корнями калия обеспечивает концентрацию соли внутри их клеток выше, чем снаружи. В результате вода движется внутрь клеток, поддерживая растения в состоянии тургора (т. е. они не вянут). Стенки клеток предохраняют их от разрыва;

б – Если снаружи высокая концентрация солей (особенно непоглощаемых клетками солей натрия), вода вытягивается из клеток, вызывая увядание и гибель растения

Активная реакция большинства почв близка к нейтральной ($pH=7$). Известковые и засоленные почвы имеют щелочную реакцию ($pH=8-9$), а некоторые болотистые почвы и торфяники – кислую ($pH=4-5$). Наиболее благоприятное значение pH для большинства

растений и животных – 5,5–7,0. Высокая кислотность приводит к выщелачиванию биогенов, когда необходимые растениям минеральные вещества (нитраты, фосфаты, калий, кальций) уходят вглубь и уже не могут быть захвачены корневой системой. Увеличение кислотности также повышает растворимость металлов (Al, Mn, Pb), что способствует замедлению роста и гибели деревьев.

Материнская порода во многом определяет и тип образующейся на ней почвы. Например, если в пределах лесной зоны почвообразующие породы содержат повышенное количество карбонатов калия, то формируются почвы подзолистого типа, а если карбонатов кальция, то серые лесные почвы.

Растительные и животные организмы в результате своей жизнедеятельности формируют органические соединения почвы. Химический состав этих соединений в основном зависит от растительности. Комплекс почвенных организмов называется **эдафон**. Он очень многообразен (рис. 32).



Рис. 32. Почвенные организмы

В состав эдафона входят бактерии, грибы, черви, остальная микро- и макрофауна (от микрочлещей и личинок насекомых до роющих млекопитающих). Процентный состав верхнего слоя почвы и его эдафона приведён на рис. 33. Эдафон составляет 4–7% от всей массы органических веществ почвы и вместе с корнями растений (7–11%) уча-

ствует в образовании почвенного детрита – мёртвого органического вещества (80–90%). На одном гектаре плодородной земли почва может содержать до 10 т живой биомассы, в том числе до 1 т червей.

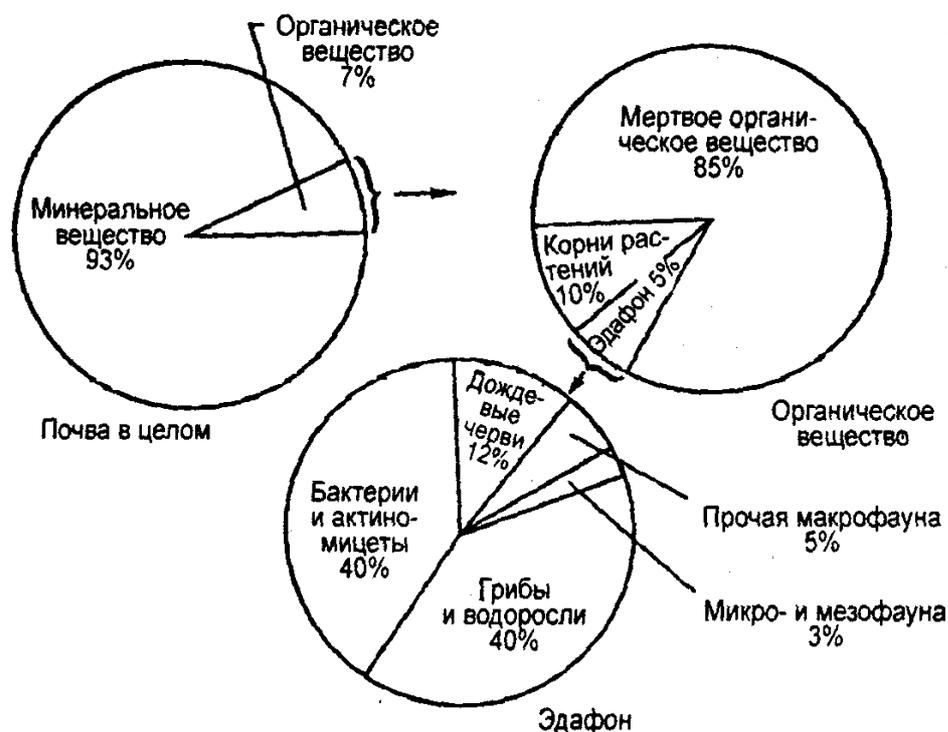


Рис. 33. Общий состав верхнего слоя почвы и его эдафона

Основная функция эдафона в почве – преобразование органических веществ. Детритофаги почвы – черви и личинки насекомых – поглощают вместе с растительными остатками и минеральные частицы, т. о. пропуская через свой пищеварительный тракт огромную массу почвы, наиболее ценные компоненты которой почти целиком состоят из их испражнений. На гектаре огородной земли дождевые черви перерабатывают таким образом до 50 и более тонн почвы за год. Они придают почве мелкокомковатую структуру и вместе с другими почвенными животными разрыхляют ее, улучшая аэрацию и влагоёмкость.

Между живыми организмами в почве возникают различные биотические взаимодействия (рис. 34). К наиболее важным относятся мутуалистические связи между корнями растений, микрогрибами и бактериями, которые снабжают друг друга необходимыми элементами питания и обеспечивают такие важные процессы, как фиксация азота и перевод связанных биогенов в усвояемые растениями формы. Установлено, что во многих почвенных биоценозах главенствующая роль принадлежит некоторым мицелиальным грибам (*мицелий* –

грибница), образующим сплошные тонкие, но значительные по массе и протяжённости сети, как бы управляющие многими бактериальными и ионообменными процессами в почве. При изучении грибов в штате Мичиган с помощью генетического анализа было установлено, что грибница одного из видов опёнка распространяется под землёй на 15 га и весит около 100 т.

Животные почвы, обитающие в плотной, неподатливой среде в темноте, хорошо адаптированы к этим условиям. Биомеханические особенности тела позволяют им легко двигаться, проделывать в почве ходы и норы, отсутствие зрения компенсируется превосходным обонянием.

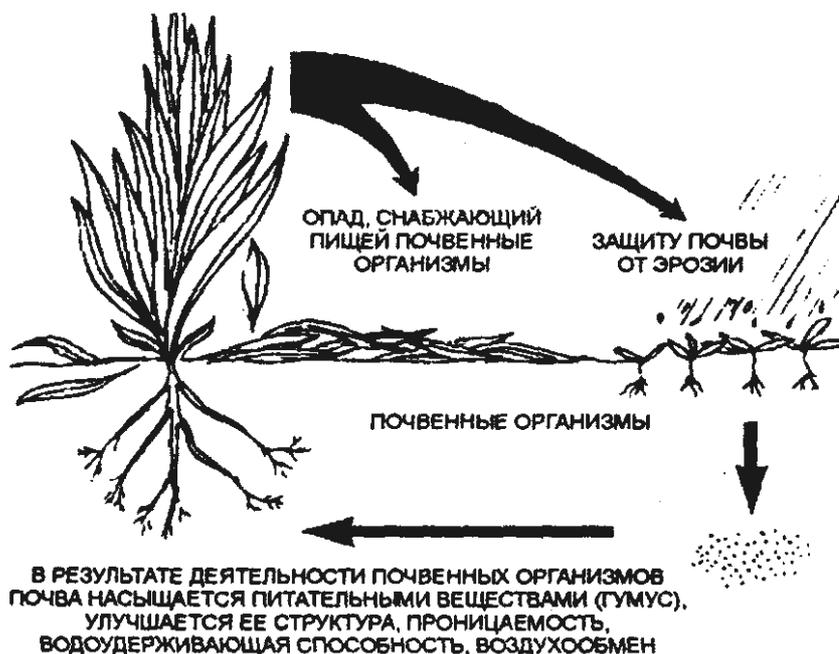


Рис. 34. Взаимодействие растений и почвенной среды

В процессе отмирания как целых растений, так и отдельных их частей органические вещества поступают в почву, где при участии детритофагов разлагаются с образованием почвенного гумуса. Гумус – органическое вещество почвы, образовавшееся при разной степени разложения растительных и животных остатков. В составе гумуса различают специфические гумусовые вещества, неспецифические органические соединения и промежуточные продукты распада. Специфические гумусовые вещества представлены в основном гумусовыми кислотами, состоящими из гуминовых кислот и фульвокислот. Это обычно тёмноокрашенные азотсодержащие высокомолекулярные соединения сложного строения. Неспецифические органические соединения – это группа органических веществ, поступаю-

щих в почву из разлагающихся растительных и животных остатков: лигнин, целлюлоза, протеин, аминокислоты, моносахариды, воски, животные кислоты и т. д. Запасы и состав гумуса – важнейший агрономический показатель почв, определяющий её плодородие. В подзолистых почвах северных районов России содержится 1–3% гумуса, в более плодородных почвах лесостепной зоны – 4–6%. Наиболее богаты гумусом черноземы: обыкновенные содержат 7–8%, тучные – 8–12% гумуса. Гумус обеспечивает важнейшие свойства почвы: 1) **ионообменную ёмкость** – способность почвы связывать и удерживать ионы биогенов (NO_3^- , PO_4^{3-} , K^+ , Ca^{2+}), делая минеральные элементы питания доступными для растений; 2) **влагоёмкость** – способность удерживать влагу; 3) **инфильтрацию** – впитывающую способность почвы; 4) **аэрацию** – проникающую способность почвы для газов, т. к. для дыхания корням нужен кислород, а выделяющийся углекислый газ должен беспрепятственно удаляться из почвы.

Климат определяет тепловой и водяной режимы почвы, от которых зависят биологические и физико-химические почвенные процессы. Тепловой режим определяется главным образом поглощением солнечной энергии и тепловым излучением почвы, а водный – количеством атмосферных осадков и испаряемостью, распределением осадков в течение года. Климатические условия оказывают влияние и на почвообразующий растительный и животный мир.

Рельеф – один из факторов перераспределения по земной поверхности тепла и воды. С изменением высоты местности меняются водный и тепловой режимы почвы. Рельефом обусловлена поясность почвенного покрова в горах.

Время – необходимое условие для любого процесса в природе. Абсолютный возраст почв, определённый радиоуглеродным методом, – от нескольких сотен до нескольких тысяч лет.

Хозяйственная деятельность человека. В нетронутых человеком природных экосистемах, где почва защищена сплошным растительным покровом или естественным опадом, разрушение почвы под действием эрозии (ветром, водой) протекает медленно и обычно уравнивается постоянно идущим процессом почвообразования. Но там, где почва лишается естественной защиты в результате распашки, культивации, перевыпаса скота и сведения лесов, возможность эрозии многократно возрастает, вплоть до полного сноса почвенного слоя и опустынивания.

2.2.5. Живые организмы как среда жизни

Использование одними животными организмами других в качестве среды обитания – древнее и широко распространённое явление в природе. Установлено, что все древнейшие организмы биосферы (бактерии, синезелёные водоросли) имеют сожителей – внутриклеточных паразитов.

Чем выше ступень эволюции организма, тем больше степень дифференцированности его тканей и органов и тем более разнообразные условия предоставляются паразитам. Так, английский учёный А.Е. Шитли сравнил птицу с летающим зоопарком (рис. 35): перья служат средой для вшей, клещей; кожа – для некоторых видов мух, вшей, москитов, пиявок; внутренние органы – для паразитических червей, бактерий, вирусов. Паразитизм – явление столь всеобщее, что единственные живые существа, не подверженные нападению паразитов, – это те паразиты, которые представляют собой последнее звено длинной цепи питания.



Рис. 35. Живые организмы как среда жизни
(на примере паразитов птицы)

Чем ниже на эволюционной лестнице находится группа живых организмов, тем больше она включает видов паразитов. Некоторые группы низших животных, особенно это касается плоских червей, нематод и некоторых членистоногих, состоят исключительно из паразитических форм. Широко распространён паразитизм среди гри-

бов, случается он и у высших цветковых растений (омела, повилика и др.), а у позвоночных бывает крайне редко.

Паразиты обитают в специфических условиях внутренней среды хозяина. С одной стороны, это даёт им ряд преимуществ, а с другой – затрудняет осуществление их жизненного цикла по сравнению со свободно живущими видами. Одним из главных преимуществ паразитов является обильное снабжение пищей за счёт содержимого клеток, соков и тканей тела хозяина или содержимого его кишечника. Практически неограниченные пищевые ресурсы служат также условием высокого потенциала размножения. Вторым важным экологическим преимуществом для обитателей живых организмов является их защищённость от непосредственного воздействия факторов внешней среды. Внутри хозяина они практически не встречаются с опасностью высыхания, резкими колебаниями температур, значительными изменениями солевого и осмотического режимов и т. п.

Основные экологические трудности, с которыми сталкиваются внутренние сожители живых организмов, – это ограниченность жизненного пространства для внутриклеточных и тканевых обитателей, сложность снабжения кислородом, трудность распространения от одной особи хозяев к другим, а также защитные реакции организма хозяина против паразитов. Из-за ограниченности пространства внутриклеточные паразиты отличаются малыми размерами и упрощённым внешним строением. Недостаток кислорода в тканях, и особенно в желудочно-кишечном тракте, приводит к тому, что у многоклеточных обитателей этой среды вырабатывается преимущественно анаэробный тип обмена. Семена многих паразитических видов растений не прорастают в почве до тех пор, пока не окажутся вблизи корней растений-хозяев.

Отношения между паразитом и хозяином определённым образом уравновешены. Очевидно, паразит не может размножаться до такой степени, чтобы привести к вымиранию популяции хозяина и лишиться себя «кормовой базы». Регулятором равновесия служит относительно медленное воздействие на хозяина некоторых паразитов. Таким образом, паразиты так же, как и свободноживущие виды, имеют сложную систему приспособлений к своей среде обитания.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные среды обитания живых организмов на нашей планете.
2. Назовите три категории экологических факторов среды и дайте им определение.
3. Что называют биоинтервалом фактора среды?
4. Охарактеризуйте оптимальное, критическое и летальное значения фактора среды на диаграмме выживания.
5. Что такое экологическая пластичность организма?
6. Дайте определение экологической нише.
7. Сформулируйте закон минимума Ю. Либиха и закон толерантности В. Шелфорда.
8. Какие типы биотических взаимодействий выделяют в биосфере?
9. Назовите основные пути адаптации живых организмов.
10. Что такое анабиоз?
11. Чем физиологическая адаптация отличается от генетической?
12. Охарактеризуйте морфологическую и поведенческую адаптации живых организмов.
13. Дайте классификацию ресурсов биосферы.
14. Как распределяется солнечная энергия в биосфере?
15. С чем связаны суточные, годовые и приливно-отливные ритмы активности живых организмов?
16. Что такое энергетический резерв организма?
17. Назовите основные слои атмосферы. Как они различаются между собой по составу воздуха и температуре?
18. Какое значение имеет атмосфера для жизни на Земле?
19. Какие приспособления были выработаны организмами для адаптации к жизни на суше?
20. Что такое климат? Чем отличается макроклимат от микроклимата?
21. Что включает в себя понятие «гидросфера»?
22. Перечислите уникальные свойства воды.
23. Что такое гидрологический цикл? Как он происходит? В чём его значение?

24. Охарактеризуйте кратко основные источники воды на нашей планете.
25. Какие приспособления к особенностям водной среды выработали гидробионты?
26. Как влияет концентрация кислорода на распространение гидробионтов?
27. Охарактеризуйте элементный состав различных природных источников воды.
28. Что такое жёсткость воды? В каких единицах она измеряется?
29. Как влияет концентрация водородных ионов (рН) на жизнедеятельность живых организмов?
30. Приведите примеры адаптации наземных растений и животных к сохранению воды в организме.
31. Почему почва относится к трёхфазным системам?
32. Назовите компоненты почвенной экосистемы.
33. Перечислите основные свойства почвы как экологической среды.
34. Какие типологические группы почв выделяют на планете?
35. Что такое почвообразование?
36. Дайте характеристику факторам почвообразования.
37. Чем опасно увеличение кислотности почвы?
38. Что такое эдафон и какую роль он играет?
39. Дайте определение гумусу. Какие свойства почвы он улучшает?
40. Назовите преимущества и недостатки специфической внутренней среды хозяина для паразитов.
41. Как приспосабливаются паразиты к среде обитания?

3. ЧЕЛОВЕК

Особое место человека в биосфере связано с уникальным в мире живых существ явлением – возникновением и развитием интеллекта и культуры. Они в значительной мере освободили человека от биологических ограничений естественного отбора и обусловили его прорыв в сферу надбиологических потребностей и надбиологической деятельности. Следствием этого стали формирование совершенно особой экологической ниши человека и беспрецедентная демографическая характеристика вида. Отчуждение человека от остальной живой природы, создание им техносферы и колоссального потребления природных ресурсов стали главной причиной нарушения равновесия в природе. Вместе с тем, сохраняя множество генетических связей с природой, человечество оказалось в ситуации острого противоречия между своей биологической сущностью и антибиологическим поведением по отношению к окружающей природе, а через нее – и к самому себе.

3.1. Происхождение и эволюция человека

Генетиками доказано, что современный человек имеет единую генотипическую принадлежность, происходящую условно от одной женщины – «митохондриальной Евы» и одного мужчины – «Y-хромосомного Адама». Предположительно, их «встреча» произошла около 150 тыс. лет тому назад в Восточной Африке. Перед этим предки человека прошли эволюцию (рис. 36) от одной из прогрессивных форм африканских высших узконосых обезьян, обитавших на деревьях (дриопитеков) 12–22 млн лет тому назад, до древнейшего человека – архантропа, или человека прямоходящего (род питекантропов), обитавшего 1,5–0,3 млн лет тому назад.

Эволюция человека имела ряд особенностей.

1. У обезьяноподобных предков человека не было далеко зашедшей морфологической, физиологической и экологической специализации. Малая специализация означала повышенную адаптивность в эволюционном плане, гибкое приспособительное поведение и занятие различных экологических ниш.

2. Эволюция человека беспрецедентна по скорости для крупных животных. Человек – один из самых молодых видов млекопитающих.

3. Высокая адаптивность в сочетании с незавершённой набором консервативных инстинктов, информационная насыщенность экологической ниши и разнообразная инструментальная деятельность обусловили у предков человека необычайное развитие интеллекта.

4. Возникновение культуры – материальных ценностей, речевой и знаковой передачи информации, обучения. Благодаря обучению – передаче навыков, умения и знания от одного поколения людей к другому – возникло культурное наследие, традиция. Тем самым человек в своей эволюции как бы преодолел запрет природы на наследование приобретённых признаков. Благодаря культуре возникли общества и цивилизации.

5. Усвоение культурной информации в обществе происходит быстрее, чем передача по наследству генетической информации. Поэтому темпы общественного развития не только опережают биологическую эволюцию человека, но и в результате ослабления естественного отбора замедляют её.

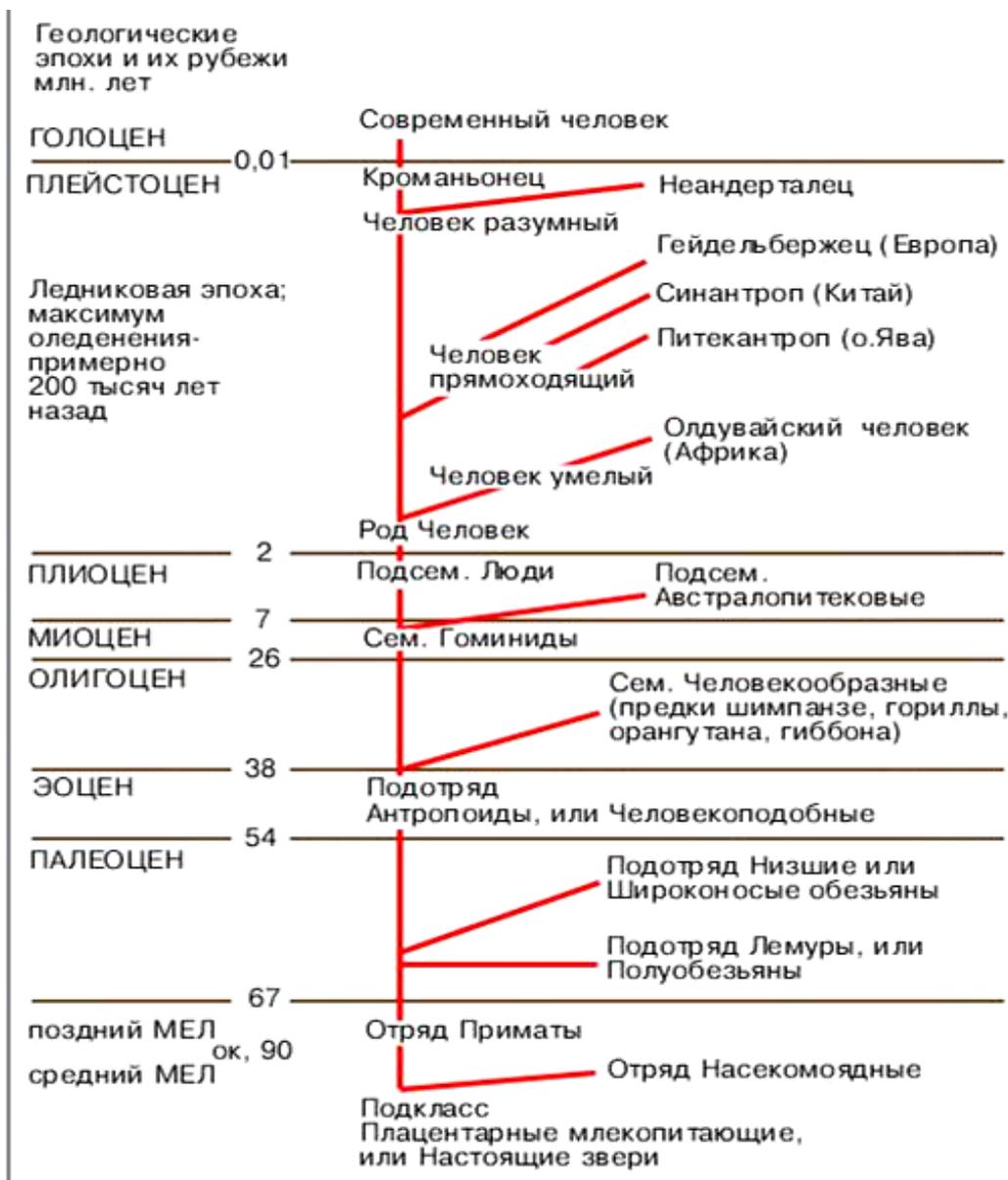


Рис. 36. Общая схема эволюции приматов

В ходе эволюции и развития цивилизации человечество как вид избавилось от конкурентов и многих врагов, значительно ослабило давление инфекций, паразитов и дефицита биоресурсов. Благодаря технологиям жизнеобеспечения и выживания люди сумели многократно увеличить свою численность и удлинить жизнь. Но отключение большинства механизмов естественного отбора, подмена защитных сил организма лекарствами, сохранение жизни людям с отягощённой наследственностью, гиподинамия при избыточной информации, загрязнение окружающей среды, стрессы, курение, алкоголь, наркотики – всё это никак не способствовало сохранению здорового видового генофонда. По данным медицинской генетики, наследственная отягощённость современной популяции людей в среднем составляет 5%, а в странах Западной Европы – до 15%. Сочетание наследственных болезней с экологическими источниками патологии создаёт тот уровень нездоровья современного человечества, который был бы совершенно немыслим в природе без многочисленных искусственных средств сохранения жизни. Таким образом, человек расплачивается за свои достижения главным критерием качества биологического вида – здоровьем.

Эволюцию живых существ нельзя объяснить только приспособлением к среде обитания. Активность всегда перспективнее, чем оборона. Источник активности живых существ – потребности. Это генетические программы, направленные на освоение окружающей среды. Чем больше потребностей у живого организма, тем он активнее, тем больше его экспансия, выше конкурентоспособность в борьбе за существование. Из всех живых организмов, обитающих на Земле, больше всего потребностей у человека (рис. 37).

По происхождению все потребности человека делятся на естественные и социальные.

Естественные потребности

1. Основные вещественно-энергетические потребности: в энергии (пище), кислороде, важнейших питательных веществах (незаменимых аминокислотах, микроэлементах, витаминах), воде.

2. Потребности в тепле обеспечиваются сочетанием температуры, скорости движения воздуха, влажностью, солнечным излучением. В природных условиях наиболее благоприятным режимом является климатический пояс вблизи годовой изотермы 21°C, который проходит через Египет, Палестину, Двуречье, долины Инда и Ганга,

Южный Китай, центрально-американские страны. Именно в этом поясе возникли все древние цивилизации.

3. Потребность в пространстве предполагает защищённость человека от инфекций и стресса, вызванных чрезмерно большой плотностью людей.

4. Сексуальная потребность, обеспечивающая продолжение рода.



Рис. 37. Классификация потребностей человека

Социальные потребности – потребности человека в общении, популярности, господстве над другими людьми, в принадлежности к определенной группе, в лидерстве и признании.

Другая классификация – по характеру предмета – предполагает деление всех потребностей на материальные и духовные. Первые лежат в основе жизнедеятельности человека, а вторые характеризуют уровень развития личности.

3.2. Экологическая ниша человека

В отличие от экологических ниш животных экологические ниши человека постоянно изменялись, увеличиваясь с нарастающей скоростью вместе с этапами исторического развития человечества.

Ранние архантропы занимали нишу собирателей в пастбищной пищевой цепи с относительно малой долей животной пищи. Они были вынуждены постоянно выполнять большую работу по добыче пищи и осваивать обширную территорию. В этой нише с минимальным биологическим энергопотреблением человечество просуществовало 200 тыс. лет.

Переход к земледелию значительно уменьшил необходимую индивидуальную кормовую площадь и довел потребление пищи почти до уровня чистой первичной продукции возделываемых растений примитивных агроценозов. Но это потребовало роста затрат энергии на единицу продукции – затрат энергии человека на изготовление орудий, обработку земли, переработку урожая, энергии рабочего скота. В нише примитивного земледелия и скотоводства человек находился 10 тыс. лет. Этот период в сравнении с предыдущим характеризуется двукратным потреблением энергии.

Следующую тысячу лет человек находился в нише традиционного земледелия при пятикратном потреблении энергии. В этот период распространение земледелия и скотоводства привело к освоению значительных территорий субтропиков и умеренного пояса, к увеличению численности людей. Благодаря высокой продуктивности земледелия и углублению разделения труда возникли условия развития ремёсел, торговли и концентрации людей в городах.

Применение машин и ископаемого топлива позволило значительно повысить выход продукции земледелия, освоить новые территории и расширить площадь возделываемых земель. Но одновременно это сильно увеличило энергоёмкость производства продуктов питания и обеспечения других потребностей человека. К началу XXI века среднее потребление энергии, приходящееся на одного жителя планеты, в 25 раз превысило его потребность в энергии пищи. В нише индустриального мира мы находимся 100 лет.

Как биологический вид человек мог обитать только в пределах суши экваториального пояса (тропики, субтропики), где и возникло семейство гоминид. По вертикали эта ниша простирается примерно на 3,0–3,5 км над уровнем моря. Однако в процессе эволюции человек расширил границы своего начального ареала: расселился в высоких, средних и низких широтах, начал осваивать глубины океана и космическое пространство. При этом он преодолевал сопротивление лимитирующих факторов не путем адаптаций, а с помощью специ-

ально создаваемых защитных устройств и приспособлений (отапливаемых жилищ, тёплой одежды, кислородных приборов и т. п.). Географическое пространство экологической ниши человека в настоящее время занимает более 3/4 площади суши (без Антарктиды) – около 105 млн км² и во много раз больше любого другого видового ареала наземных животных. Не заселены только приполярные районы (постоянные поселения расположены лишь к югу от 78° с. ш. и к северу от 54° ю. ш.), высокогорье (выше 5000 м) и основная площадь самых крупных пустынь Азии и Африки.

Почти половина населения планеты проживает в городах. Город представляет собой очень далёкую от естественной среды, экстремальную по многим параметрам экологическую нишу человека. Городская цивилизация – удобства, комфорт, облегчение быта, плотность коммуникаций, большой выбор и доступность удовлетворения разнообразных потребностей – несёт не только блага. Она оказывает и заметное негативное влияние на главное качество человека – его здоровье. Загрязнение атмосферы, воды, продуктов питания, предметов обихода выбросами промышленности и транспорта, электромагнитные поля, миграция, шум, химизация быта, потоки избыточной информации, чрезмерное число социальных контактов, дефицит времени, гиподинамия при напряжённой имитации деятельности, распространение вредных привычек – всё это в различных сочетаниях становится источником многочисленных болезней.

3.3. Среда жизни современного человека

Совокупность условий, в которых живут современные люди, намного шире обычного понимания экологической среды. Окружающая человека среда, кроме факторов общей для всех наземных животных природной среды, включает ещё и созданные самим человеком материальную среду и социальную среду. Они образуют сложную систему взаимодействующих факторов.

Материальная среда человека включает (рис. 38):

1) *квазиприродную среду* (*квази* – якобы, как будто) – элементы природной среды, преобразованные человеком (поле, парк, водохранилище);

2) *артеприродную среду* – весь искусственный мир, созданный человеком, не имеющий аналогов в естественной природе, системно

чуждый ей и без непрерывного обновления немедленно начинающий разрушаться (здания, сооружения, кондиционированный микроклимат, шумы, электромагнитные поля, проникающая радиация).

На стыке с социальной средой артеприродная среда содержит *селитебную среду* (среду жилищ и населённых пунктов) и *производственную среду* (среду рабочих мест и окружения производственных объектов).

Социальная среда человека – это определённым образом организованная совокупность связей людей – от семьи до нации или государственного общества, – в которой формируются и удовлетворяются психологические, культурные, социальные потребности личности.

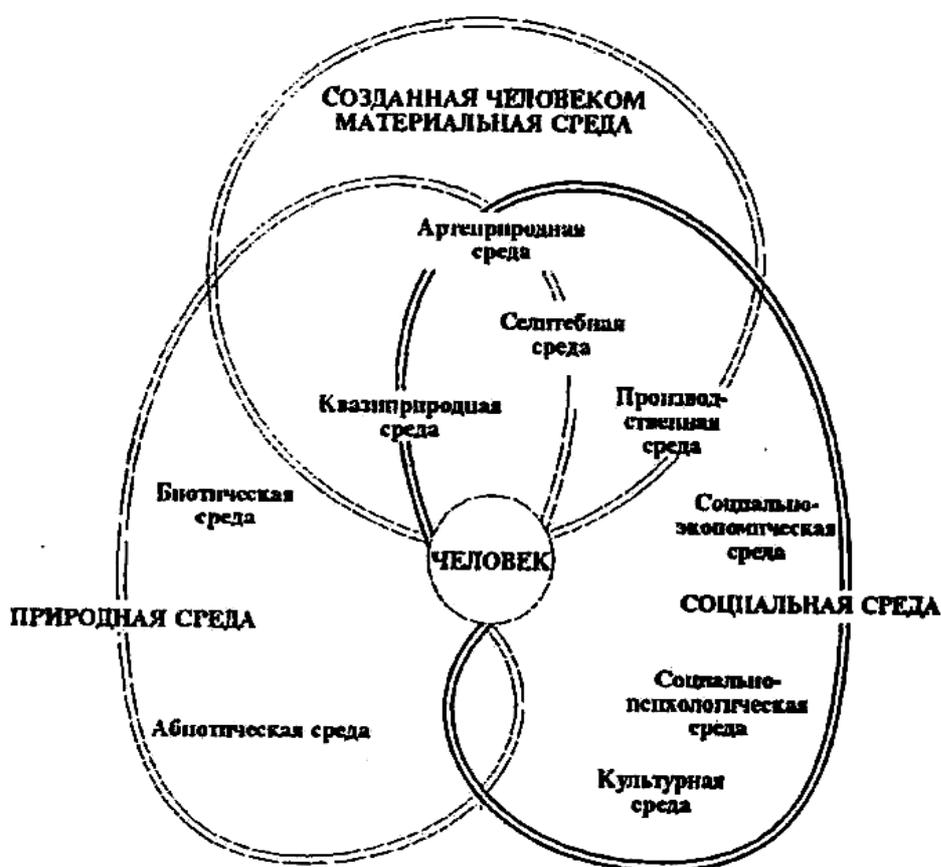


Рис. 38. Среда жизни современного человека

Без материальной среды человек не может существовать как живой организм, без социальной среды человек не становится человеком в полном смысле слова, так как лишается культурного наследования.

3.4. Характеристика популяции современного человека

Численность человеческой популяции в настоящее время составляет 7 млрд чел., средняя плотность – 40 чел. на 1 км². Плотность различна по разным регионам и континентам. Это обусловлено природными условиями обеспечения главных вещественно-энергетических и климатических потребностей людей, а также размещением производственных ресурсов и историей их освоения.

Приведём плотность населения в некоторых странах, чел./км²: Бангладеш – 1084; Япония – 336; Великобритания – 255; ФРГ – 230; Китай – 139; США – 32; Россия – 8,4; Монголия – 2.

Характеристики половой и возрастной структур человечества приведены в табл. 5.

Таблица 5

Характеристики половой и возрастной структур человечества

Показатели структуры	Значение показателей		
	для всего населения	для мужского населения	для женского населения
Возрастная: численность возрастных групп, % от общей численности населения:			
– до 14 лет	34	–	–
– от 15 до 64 лет	58	–	–
– старше 64 лет	8	–	–
Средняя продолжительность жизни *, лет:			
– в мире	63,8	61,8	65,9
– в Европе	77,4	73,8	80,6
– в России	70,3	64,3	76,1
– в Ивановской области	69,3	63,3	75,1
Половая , % от общей численности:			
– в среднем в мире**	–	50,3	49,7
– в Ивановской области	–	44,8	55,2

*Продолжительность жизни человеческой популяции более чем в 2 раза превышает естественную продолжительность жизни млекопитающих (28 лет) с такой же массой тела (усреднённая по полу и возрасту масса тела современного человека – 52,8 кг).

**Среди родившихся преобладают мальчики, а продолжительность жизни больше у женщин.

Адаптация *Homo sapiens* к географически контрастным природным условиям привела к образованию рас, численность которых от всего населения планеты составляет: европеоидная – 42,3%; монголоидная – 36%; негроидная – 7,4%; австралоидная – 0,3%.

Расовые отличия касаются небольшого числа второстепенных признаков: цвета кожи, волос, глаз, роста и пропорций тела, особенностей группы крови и активности некоторых ферментов. Для каждого из этих признаков прослеживается связь с факторами географического распространения, генетической изоляции, климата и особенностей питания.

3.5. Демографическая проблема

Численность в 7 млрд особей для крупных млекопитающих, к которым может быть отнесён человек, беспрецедентна в природе. Численность видов ограничивается ёмкостью среды. Как правило, виды мелких животных имеют большую численность по сравнению с видами крупных животных. Для млекопитающих существует достаточно выраженная отрицательная корреляция между массой тела и числом особей. Животным с массой тела 10–100 кг соответствует максимальный размах численности 10^4 – 10^7 . Современная численность человекообразных обезьян, ближайших родственников человека, близка к первой цифре. Вероятно, как считают учёные, нормальная биологически обусловленная численность вида, к которому мы принадлежим, близка к 500 тыс. особей. В настоящее время она превышена более чем в 14000 раз.

Численность популяции первобытных охотников-собирателей подчинялась тем же законам, что и численность популяций других млекопитающих: то медленно возрастала, то снижалась из-за нехватки пищи, болезней и т. д. С началом земледелия существенно ослабилось действие важнейшего из факторов – нехватки пищи. Тем не менее население Земли продолжало расти очень медленно из-за эпидемий. Заболевания типа оспы, дизентерии, дифтерии, скарлатины, кори уносили множество детских жизней, и хотя рождаемость была высокой, смертность почти равнялась ей.

В начале XIX века были разработаны эффективные меры профилактики и лечения детских болезней, особенно надо отметить работы французского учёного Луи Пастера, которые привели к резкому снижению смертности. Поскольку рождаемость осталась на прежнем высоком уровне (нередко 7–10 детей на 1 женщину), это

привело к взрывообразному росту человеческой популяции в развитых странах, и население планеты в 1830 году составило 1 млрд чел.

Во второй половине XX века подъём экономики, освобождение стран третьего мира, улучшение медицинского обслуживания привели к взрывообразному росту населения во всём мире – **демографическому взрыву** (рис. 39). Вклад разных стран в общую картину роста народонаселения далеко не одинаков. По абсолютной численности самый большой прирост дали Китай, Индия и Индонезия.

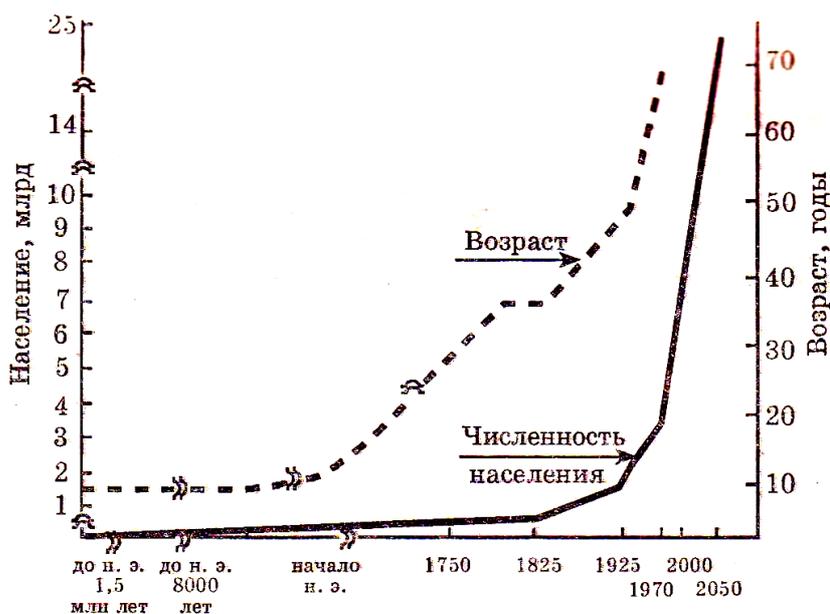


Рис. 39. Численность населения и продолжительность его жизни

О темпах прироста населения судят по суммарному коэффициенту рождаемости (СКР). Это среднее число детей, родившихся у одной женщины в течение жизни. Если предположить, что все дети выживают, то $СКР=2$ обеспечит неизменную численность населения, $СКР$ менее 2 приведёт к её снижению, а $СКР$ более 2 обусловит её рост. Фактически же неизменную численность населения даёт $СКР=2,11$, т. к. не все родившиеся доживают до брачного возраста, кроме того, 20% браков бесплодны. В настоящее время среднеевропейский показатель $СКР=1,6$, в России ещё ниже – 1,43, а в наименее развитых странах мира $СКР=4,4$, что более чем вдвое превышает воспроизводимость и приводит к удвоению численности населения в каждом поколении.

С конца 80-х годов XX века относительный прирост населения перестал увеличиваться, и сейчас он составляет 75 млн чел. в год, $СКР$ снизился с 4,7 до 2,6 (рис. 40). Тем не менее к 2050 году ожидается население планеты в 10 млрд чел., подавляющая часть которых

будет проживать в наименее развитых странах. Ради удовлетворения своих насущных потребностей люди в этих странах продолжают истощать пастбища и почву, сводить леса, уничтожать животных. В результате плодородные земли превратятся в пустыню, исчезнут многие виды живых организмов. Поэтому демографическую проблему относят к глобальной экологической проблеме.



Рис. 40. Суммарный коэффициент рождаемости в целом по миру и по основным группам стран

Непомерно растущее население в наименее развитых странах делает тщетными все их попытки выбиться на путь экономического процветания. Следствиями экономического неравенства государств являются возрастающий напор иммиграции в экономически благополучные страны, этнический сепаратизм, терроризм, межнациональные и межрелигиозные конфликты. Осознавая негативные последствия высокой рождаемости, некоторые страны предпринимают для её снижения различные меры. Самым ярким примером является Китай. Сейчас в нём проживает 20% населения планеты. За приростом населения не успевают энергоресурсы и запасы воды, уже сейчас 236 крупных городов Китая испытывают дефицит воды. Пренебрежение к проблемам экологии увеличивает загрязнение без того мутных водоёмов, возрастает эрозия почв и опустынивание. С 1981 года в стране существует Государственный комитет планирования рождаемости. Цели программ планирования семьи – отсрочка брака, увеличение интервалов между рождением детей и особенно – поощрение однодетной семьи. Своеобразие демографической политики КНР за-

ключается в относительно большой роли запретительных мер, в число которых входят административные и экономические санкции против многодетных и двухдетных семей. В результате проводимой политики за тридцать с лишним лет не родилось 440 млн чел. (тем не менее население составило 1364 млн чел.), и сейчас КНР по показателям воспроизводства населения ближе стоит к промышленно развитым, чем к развивающимся странам.

Совсем иная демографическая ситуация сложилась в развитых странах Европы. Работоспособное население сокращается, а рождаемость падает. Теоретически выходом может стать рост иммиграции, однако с учетом сегодняшнего общественного климата это будет политически небезопасно. Другой путь – отдаление пенсионного возраста – вряд ли понравится избирателям. Третий путь – увеличение рождаемости. Стимулирование рождаемости в европейских странах проводится исключительно экономическими мерами: ежемесячные пособия семьям, имеющим детей; льготы одиноким родителям; оплачиваемые отпуска по уходу за ребенком; налоговые льготы.

В **России** с 1960 года наблюдается падение рождаемости и увеличение смертности (рис. 41). В 1991 году эти показатели сравнялись, затем 20 лет смертность превышала рождаемость, и только к 2012 году показатели снова сравнялись. К 2025 году эксперты прогнозируют снижение численности населения более чем на 11 млн чел. В корне изменить демографическую ситуацию будет очень сложно, но повлиять на неё можно. Для этого необходимы финансовая поддержка государства молодых семей, развитая система детских дошкольных учреждений и учреждений начального образования.

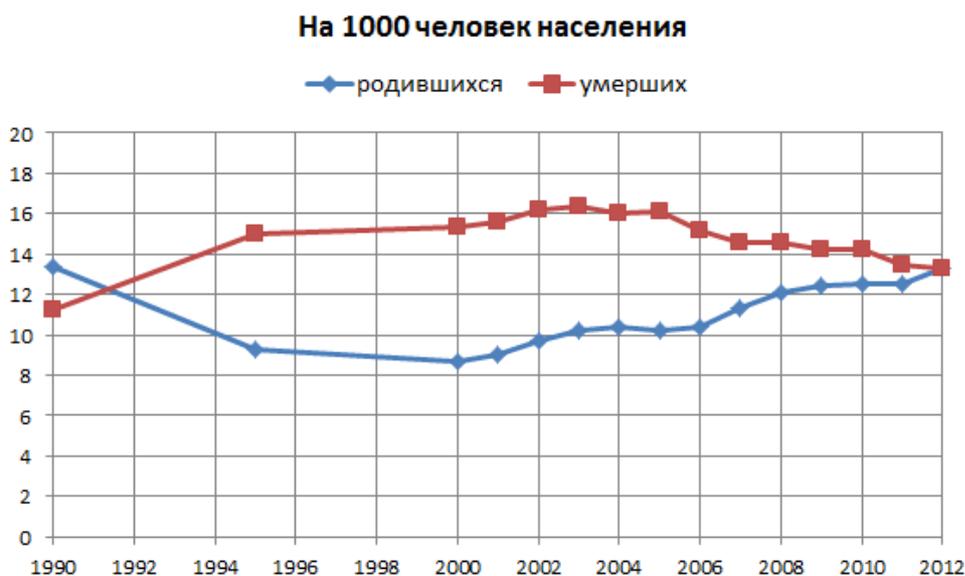


Рис. 41. Показатели рождаемости и смертности в России

Вопросы для самоконтроля

1. Что означает единая генотипическая принадлежность человека?
2. Назовите основные особенности эволюции человека.
3. Каковы причины ухудшения здоровья – основного качества человека как биологического вида?
4. Перечислите естественные и социальные потребности человека.
5. Как изменялись экологические ниши человека в процессе развития цивилизации?
6. С чем связано расширение ареала человека как биологического вида в процессе его эволюции?
7. Дайте характеристику городской экологической ниши человека.
8. Назовите основные компоненты материальной среды человека.
9. Что отличает социальную среду человека от материальной среды?
10. Дайте характеристику популяции современного человека.
11. Чем обусловлено образование рас человека и по каким признакам они отличаются друг от друга?
12. От чего зависит численность млекопитающих определённого вида? Какова в связи с этим биологически обусловленная численность популяции человека?
13. Назовите причину резкого увеличения численности населения в развитых странах в начале XIX века.
14. Каковы причины демографического взрыва во второй половине XX века?
15. Что такое суммарный коэффициент рождаемости?
16. Какие значения СКР соответствуют неизменной численности населения, её росту и снижению?
17. Почему демографическую проблему считают не региональной, а глобальной?
18. Каковы последствия быстро растущего населения в развивающихся странах?
19. Какие меры принимают в Китае для снижения рождаемости?
20. Охарактеризуйте демографическую ситуацию в развитых странах.
21. В чём особенность демографической проблемы в России?

II. ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ

В настоящее время **техносфера** – пространство Земли, находящееся под воздействием производственной деятельности человека и занятое её продуктами, – пронизывает всю биосферу. Вряд ли остались участки природы, не затронутые хозяйственной деятельностью человека. Поэтому проблемы охраны окружающей среды стоят очень остро. Время стихийного, безоглядного изъятия природных ресурсов прошло. **Рациональное природопользование** означает комплексное научно обоснованное использование природных богатств, при котором достигается максимально возможное сохранение природно-ресурсного потенциала. **Прикладная экология** изучает механизмы разрушения биосферы человеком в результате его хозяйственной деятельности, способы предотвращения этого процесса, разрабатывает принципы рационального использования природных ресурсов без деградации среды жизни.

4. СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ИХ ЗАЩИТА

С эколого-экономической точки зрения все природные ресурсы делятся на исчерпаемые и неисчерпаемые. Исчерпаемые ресурсы в свою очередь делятся на возобновимые и невозобновимые (рис. 42).



Рис. 42. Классификация природных ресурсов

Невозобновимые ресурсы – это ресурсы, которые совершенно не восстанавливаются в обозримый период времени. К ним относятся полезные ископаемые.

Возобновимые ресурсы – это почва, растительность, животный мир и некоторые минеральные ресурсы (поваренная соль). Возобновление таких ресурсов идёт с разной скоростью. Темпы их расхода должны соответствовать темпам восстановления, иначе возобновимые ресурсы могут стать невозобновимыми.

Неисчерпаемые ресурсы – солнечное излучение, вода и атмосферный воздух. Надо отметить, что в техносферных условиях XXI века неисчерпаемые ресурсы могут стать неприемлемыми для живых организмов из-за изменения качественного состава воды и атмосферы, термического режима планеты и т. д.

4.1. Энергетические ресурсы и проблемы их использования

В качестве энергоносителей человек использует преимущественно невозобновимые и в меньшей степени возобновимые ресурсы. Их относительный вклад выражается следующими цифрами. Невозобновимые ресурсы: уголь – 30%, нефть – 33%, газ – 23,5%, ядерная энергия – 5%; возобновимые ресурсы: гидроэнергия – 6,5%, прочие источники – 2%. Самым большим потребителем энергии является промышленное производство – 46%, затем следуют коммунальное хозяйство вместе со всеми сферами обслуживания – 37% и транспорт – 17%.

Ископаемые виды топлива (невозобновимые ресурсы) расположены в недрах неравномерно: 70% их сосредоточены в трёх регионах – России, Среднем Востоке, Северной Америке. Хотя потенциал ископаемых видов топлива колоссален, его реальная доступность весьма ограничена. Использование невозобновимых источников энергии создаёт целый ряд экологических проблем. Добыча топлива сопровождается извлечением и перемещением большой массы пустой породы, подземных вод, использованием значительных объёмов воды и вспомогательных материалов при бурении скважин, сжиганием больших объёмов попутного газа и т. п. Ещё более серьёзные проблемы сопровождают применение атомной энергии: обеспечение безопасности работы и ремонта атомных реакторов, транспортировки горючего, утилизации и захоронения отходов, опасность «теплового загрязнения» водоёмов и атмосферы.

Возобновимые ресурсы – энергия Солнца, ветра, геотермальных вод, рек – обладают несравненно большими запасами энергии, но используются намного меньше. Во-первых, они ещё малоэффективны, во-вторых, неравномерно распределены по земному шару и неритмичны во времени: зависят от погодных, климатических, географических условий. Так, интенсивность солнечной энергии наибольшая на экваторе, у нас она в 2 раза ниже. Использование геотермальных вод наиболее выгодно в Исландии, США, Японии, в других местах они залегают слишком глубоко. Ограниченное использование ГЭС, кроме географических условий, вызвано экологическими проблемами: затоплением больших территорий и изменением в связи с этим рельефа местности и климата, нарушением функционирования водных экосистем.

Самым перспективным источником энергии в будущем считают термоядерный процесс, в котором происходит не расщепление ядра, как в случае атомной энергии, а его синтез. Как хорошо известно, источником энергии Солнца и других звёзд является именно синтез атомных ядер, причём основное значение имеет образование гелия из водорода. Необходимым условием самопроизвольного протекания этого процесса является температура порядка десятков миллионов градусов. Научным исследованиям в данной области уделяется в настоящее время очень большое внимание, но проблема ещё далека от решения.

4.1.1. Загрязнение атмосферы

Масштабы энергетики больше всего сказываются на состоянии атмосферы, поскольку энергия для хозяйственной деятельности человека вырабатывается в основном за счёт сжигания топлива, в результате чего в атмосферу выбрасываются колоссальные количества загрязняющих веществ. Все антропогенные загрязнения атмосферы можно разделить на три группы: 1) загрязнения, образующиеся при сгорании топлива для нужд промышленности, отопления жилых домов, при работе всех видов транспорта; 2) загрязнения, которые содержатся в промышленных выбросах; 3) загрязнения, обусловленные сгоранием и переработкой бытовых и промышленных отходов.

Наибольшая часть загрязнений попадает в атмосферу при сжигании топлива: на ТЭС, промышленных предприятиях, в двигателях

внутреннего сгорания. В качестве топлива на ТЭС в основном используют уголь как более дешёвое и доступное сырьё и реже природный газ, хотя он значительно меньше загрязняет окружающую среду. Для нужд транспорта в подавляющем большинстве используют продукты переработки нефти – бензин, керосин, дизельное топливо. Все загрязнения, образующиеся при сгорании любого вида топлива, можно разделить на первичные и вторичные.

Первичные загрязнения – топливо (уголь, торф, бензин, дизельное топливо) и его отходы. При полном сгорании топлива образуются углекислый газ (CO_2) и вода, но окисление редко протекает до конца. В результате неполного сгорания топлива в атмосферу попадают углерод (дым, взвесь), углеводороды, угарный газ (CO). Поскольку процесс горения протекает в воздухе, состоящем на 78% из азота, то этот азот при высоких температурах окисляется до оксидов азота (NO , NO_2). Кроме того, топливо содержит добавки, которые при сгорании также попадают в атмосферу. Уголь, как правило, содержит 0,2–5,5% серы, которая окисляется до оксида серы (SO_2), и может содержать тяжёлые металлы. Наиболее распространёнными и опасными первичными загрязнениями являются взвеси, угарный газ, оксиды азота и серы, свинец. Взвеси (пыль) – это взвешенные в воздухе мелкие частицы, например, сажи. Они могут проникать через стенку лёгочных альвеол в кровь. Особенно опасно то, что они могут адсорбировать на своей поверхности токсичные вещества и переносить их из окружающей среды в организм человека. Угарный газ образует стойкие соединения с гемоглобином крови, который отвечает за транспортировку кислорода к тканям организма. Вдыхание оксида углерода блокирует поступление кислорода в кровь, что приводит к кислородному голоданию и в зависимости от концентрации вызывает головную боль, головокружение, тошноту, паралич дыхательных путей и смерть. Оксиды азота и серы раздражают органы дыхания. Свинец нарушает синтез гемоглобина, вызывает мышечную слабость вплоть до паралича, нарушает структуры и функции печени, почек, мозга.

Вторичные загрязнения образуются в результате химических и фотохимических реакций, в которые вступают первичные загрязнения в атмосфере. Так в воздухе появляются озон, пероксиацилнитраты, кислоты. Эти вторичные загрязнения вместе с первичными (оксидами азота и серы) при благоприятных условиях – ясной, тёплой, безветренной погоде – могут образовать фотохимический смог,

характеризующийся возникновением голубоватой дымки и ухудшением видимости. От фотохимического смога страдают и люди, и растения, и различные материалы. Фотохимический туман у человека обостряет легочные и различные хронические заболевания, вызывает раздражение слизистых оболочек глаз, носоглотки. Растения чахнут, ускоряется коррозия металлов и старение полимерных материалов. В больших городах с интенсивными выбросами выхлопных газов в субтропиках и тропиках фотохимический смог возникает регулярно (Лос-Анджелес, Мехико, Токио).

В развитых промышленных странах Запада (США, Великобритании и ФРГ) до 50–60% выбросов вредных веществ приходится на автотранспорт, тогда как на долю энергетики значительно меньше, всего 16–20%. В большинстве крупных городов мира основным источником загрязнения воздуха тоже является автомобильный транспорт, в Москве на него приходится 80% загрязнений. Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания содержат огромное количество токсичных соединений – бенз(а)пирена, альдегидов, оксидов азота и углерода и особо опасных соединений свинца (в случае применения этилированного бензина). В мире автомобильными двигателями внутреннего сгорания ежегодно сжигается более 2 млрд т нефтяного топлива. При этом коэффициент полезного действия в среднем составляет 35%, остальные 65% уходят на обогрев окружающей среды.

Для сжигания топлива необходим кислород. Техносфера поглощает из атмосферы в 14 раз больше кислорода, чем его расходуется на дыхание живых организмов, включая человека. Такие страны, как США, Япония, ФРГ, потребляют кислорода больше, чем его вырабатывается растительностью этих стран, т. е. они дышат чужим кислородом. В России в расчёте на единицу площади и одного жителя количество вредных выбросов значительно ниже. Зато они гораздо выше в расчёте на единицу ВВП (валового национального продукта), что свидетельствует о высокой ресурсоёмкости производства, устаревших технологиях и недостаточном применении средств очистки выбросов.

Второй источник загрязнения атмосферы – промышленные предприятия, набор загрязняющих веществ которых зависит от отрасли промышленности. Так, занимающая второе место в России по масштабам загрязнения цветная металлургия (рис. 43) выбрасывает в атмосферу оксиды азота, хлор, сероводород, фтор, а также частицы ртути и мышьяка. Состав промышленных выбросов химической

промышленности ещё более разнообразен: основными являются оксиды углерода, азота и серы, аммиак, пыль от неорганических производств, органические вещества, сероводород, сероуглерод, соединения хлора и фтора.



Рис. 43. Доля отраслей промышленности России в загрязнении воздуха в 2013 году, %

Третий источник загрязнения – сжигание и переработка бытовых и промышленных отходов – очень опасен для здоровья человека. Из-за того, что в печь попадает несортированный мусор – пластиковые упаковки, батарейки, стройматериалы, органические отходы и т. д. – выбросы мусоросжигающих заводов содержат диоксины. Это одни из самых ядовитых веществ на планете и сильнейшие канцерогены.

В России из всех стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха крупнейшим является Заполярный филиал ОАО ГМК «Норильский никель». На него приходится около 10% всех выбросов страны. Широкомасштабное изменение окружающей природной среды в результате деятельности Норильского комбината привело к разрастанию техногенной пустоши на территории 900 км². Очень серьёзная экологическая обстановка и в крупных городах России: 53% городского населения страны проживают в условиях высокого и очень высокого уровня загрязнения воздуха. В связи с увеличением количества автомобилей в России с начала 1990-х годов транспортный фактор загрязнения атмосферы стал преобладать над промышленным. Усугубляет ситуацию и тот факт, что Рос-

сия занимает невыгодное географическое положение по отношению к трансграничному переносу атмосферных загрязнений. В связи с преобладанием западных ветров значительную долю загрязнений воздушного бассейна Европейской территории России даёт аэрогенный перенос из стран Западной и Центральной Европы, ближнего зарубежья. Загрязнение воздуха, по оценкам специалистов, провоцирует 10% детских болезней, 41% респираторных и 16% эндокринных заболеваний в стране.

В **Ивановской области** нет крупных предприятий с большими выбросами вредных веществ в атмосферу. Поэтому основными источниками загрязнения воздуха являются автомобильный транспорт (70%) и ТЭС. Наиболее загрязнён, конечно, областной центр. В рейтинге 100 самых загрязнённых по атмосферному воздуху городов РФ с численностью населения 100 тыс. и более человек Иваново занимает 11-е место. В городе наблюдается превышение ПДК (предельно допустимой концентрации) по бенз(а)пирену в 1,4 раза, по формальдегиду – в 4,6 раза, по взвешенным веществам – в 1,4 раза. Проведённые в области исследования выявили зависимость между выбросами в атмосферу и высокой онкозаболеваемостью населения, а также болезнями щитовидной железы, органов дыхания, лейкемией и общей смертностью.

4.1.2. Глобальные экологические проблемы, вызванные загрязнением атмосферы

Антропогенное загрязнение атмосферы породило ряд глобальных экологических проблем: кислотные осадки, парниковый эффект, ослабление озонового экрана (озоновые дыры).

Кислотные осадки – это любые осадки, кислотность которых выше нормальной (с рН ниже 5,6): дожди, туманы, снега. В отсутствие загрязнений у дождевой воды обычно слабокислая реакция с рН=5,6 из-за присутствия слабой угольной кислоты, образующейся при растворении углекислого газа в атмосферной воде. Кислотные осадки выпадают в большинстве промышленных районов мира, их средняя величина рН превышает нормальную в 10–1000, а иногда и в 10000 раз. Кислотность осадков обусловлена наличием в них серной (H_2SO_4) и азотной (HNO_3) кислот, образовавшихся в результате взаимодействия с водой оксидов серы и азота. Причём, как показали

исследования, на 75% кислотность обусловлена H_2SO_4 и на 25% – HNO_3 . Основные источники оксидов серы и азота – ТЭС, транспорт, промышленные предприятия, в первую очередь – металлургические комбинаты (рис. 44).

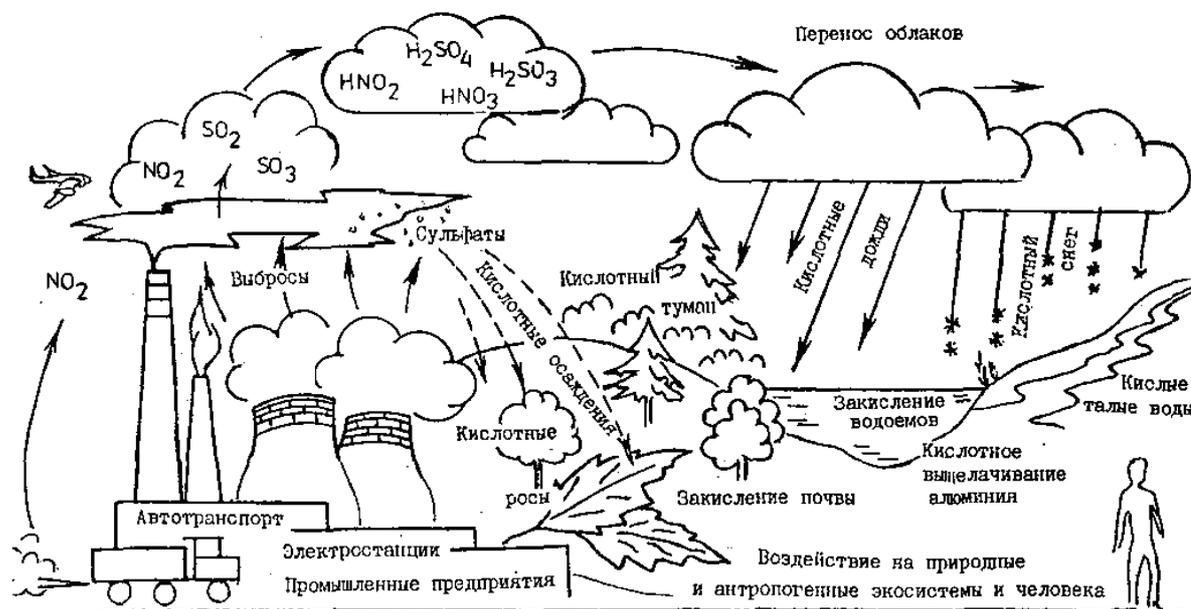


Рис. 44. Кислотные осадки

Кислотные осадки оказывают исключительно пагубное влияние на экосистемы и, прежде всего, на водные и лесные. Из-за кислотных осадков тысячи озёр стали безжизненными, ещё десятки тысяч под угрозой. Значение pH среды очень важно для гидробионтов, т. к. от него зависит деятельность всех ферментов, гормонов и других белков в организме, регулирующих рост, развитие, метаболизм. На взрослых особей незначительные изменения pH внешней среды могут и не оказывать влияния, т. к. деятельность организма поддерживается внутренним значением кислотности, а кожа защищает от внешних нарушений. А вот молодёжь не защищена, при изменении pH всего на единицу (в 10 раз) она испытывает стресс и часто погибает. Ущерб не ограничивается гибелью рыбы и других водных обитателей. Многие пищевые цепи, охватывающие почти всех диких животных на суше, начинаются в ручьях и реках.

Наряду с гибелью озёр становится очевидной и деградация лесов, которая происходит под влиянием кислотных осадков в основном по трём причинам (рис. 45). Первая – нарушение поверхности растений при прямом контакте: кислоты разрушают защитный восковой покров листьев, делая растения более уязвимыми для насеко-

мых, грибов и других патогенных организмов. Вторая – вымывание биогенов: ионы водорода легко вытесняют ионы биогенов из почвы вглубь, что делает их недоступными для корневых систем растений и соответственно замедляет их рост и развитие. Третья – мобилизация алюминия и тяжёлых металлов. Многие растения очень чувствительны к действию алюминия. Обычно он находится в почве в нерастворимом состоянии и поэтому безвреден, но в присутствии кислоты он растворяется и вызывает замедление роста и гибель растений. Попадая в растворимом виде в водоёмы, алюминий приводит к аномалиям в развитии или к гибели эмбрионов рыб.



Рис. 45. Деградация лесов под влиянием кислотных осадков

Кислотные осадки оказывают разрушающее действие и на архитектурные сооружения. В основе многих строительных материалов – известняка, мрамора, мела – лежит карбонат кальция Ca_2CO_3 , который разрушается кислотой.

Парниковый эффект – это потепление климата за счёт увеличения в атмосфере содержания в первую очередь углекислого газа, а также других парниковых газов: водяного пара, метана, озона. Парниковые газы поглощают инфракрасные лучи и, нагреваясь, нагревают атмосферу (рис. 46). Содержание CO_2 в воздухе постоянно растёт в связи с увеличивающимся количеством сжигаемого топлива, а также из-за вырубки лесов, особенно тропических, которые извлекают значительную часть CO_2 из атмосферы в процессе фотосинтеза. Мировые лидеры по объемам выбросов парниковых газов – Китай, США, страны ЕС, Россия и Индия.

Отражение теплового излучения Земли:
при нормальном состоянии атмосферы при сильно загрязненной атмосфере

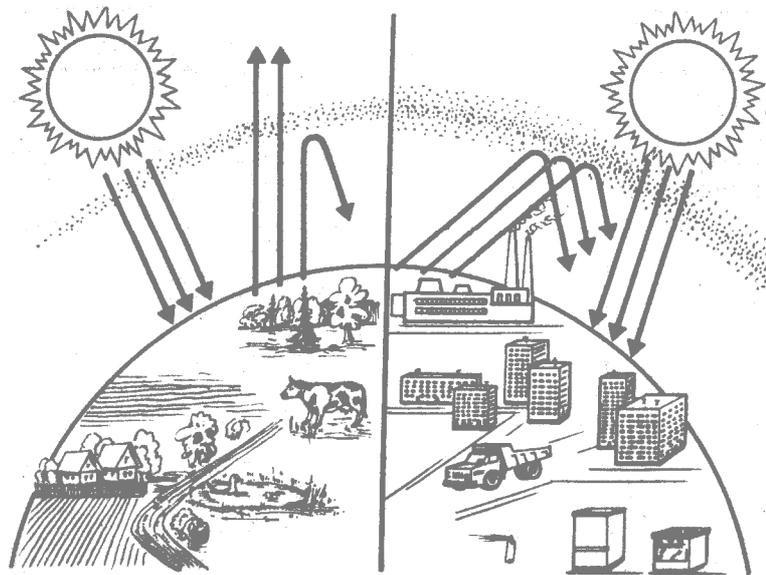


Рис. 46. Парниковый эффект

Компьютерные модели различных климатических параметров показывают, что сохранение существующих тенденций по увеличению содержания в атмосфере парниковых газов приведёт в конце века к потеплению климата на планете на $1,8-4,6^{\circ}\text{C}$, причём оно будет более выражено в полярных районах (до 10°C) и менее – в экваториальных ($1-2^{\circ}\text{C}$). Последствия будут катастрофическими: таяние полярных льдов и горных ледников поднимет уровень Мирового океана на целый метр, что вызовет затопление обширных прибрежных зон. Более сильное потепление на полюсах, чем на экваторе, приведёт к снижению разности температур между этими зонами, а следовательно, и к глобальному изменению циркуляции воздуха над землёй, распределению осадков. Всё это создаст огромные проблемы сельскому хозяйству.

Ослабление озонового экрана – падение концентрации озона в озоновом слое, расположенном в стратосфере на высоте 20–25 км от поверхности Земли. Впервые истощение озонового слоя привлекло внимание широкой общественности в 1985 году, когда над Антарктидой было обнаружено пространство с пониженным до 50% содержанием озона, получившее название *озоновой дыры*. С тех пор результаты измерений подтверждают уменьшение озонового слоя практически на всей планете. Этот слой на 99% поглощает ультрафиолетовые лучи

Солнца и тем самым защищает биосферу от их агрессивного воздействия. Установлено, что повышение интенсивности УФ-излучения затрудняет процесс фотосинтеза у растений и ведет к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. От ультрафиолета гибнет фитопланктон – кормовая база обитателей Мирового океана. Негативно влияет интенсивное УФ-излучение и на человека: растет его восприимчивость к болезням, изменяется структура и пигментация кожи, повышается вероятность возникновения болезней глаз, раковых заболеваний, повреждения молекул ДНК.

По общепринятой в научной среде теории разрушение озонового слоя вызвано антропогенными загрязнениями и в первую очередь фреонами. Это хлорфторуглероды (ХФУ) – относительно инертные органические соединения, неядовитые и негорючие. Их широко используют в холодильных установках, аэрозольных упаковках, в производстве растворителей и пористых пластмасс. ХФУ очень летучи и нерастворимы в воде. Поэтому они не вымываются из атмосферы и достигают озонового слоя, где под действием УФ-лучей могут распадаться с выделением атомарного хлора, который и разрушает озон.

Существуют и другие гипотезы, согласно которым озоновые дыры имеют естественное происхождение. Одна гипотеза видит причины образования озоновых дыр в естественной изменчивости озоносферы, циклической активности Солнца, другая – в дегазации Земли, когда глубинные газы – водород, метан, азот и другие – прорываются через разломы земной коры.

4.1.3. Инженерная защита атмосферы

С целью защиты атмосферного воздуха от антропогенных загрязнений используют следующие подходы.

Первый – применение в производстве энергосберегающих технологий, а также переход на альтернативные, не загрязняющие атмосферу виды топлива.

Второй – очистка газовых выбросов. Для грубой механической очистки выбросов от крупной и тяжелой пыли используются циклоны (рис. 47), действие которых основано на оседании частиц под действием центробежных сил и сил тяжести. Для очистки выбросов от мелкодисперсных частиц пыли применяют различные фильтры – тканевые, зернистые.

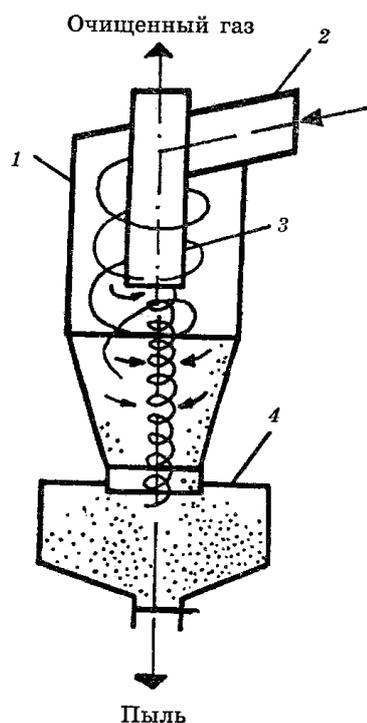


Рис. 47. Схема циклона: пылегазовый поток, вводимый в циклон через патрубок 2, совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса 1; частицы пыли отбрасываются к стенкам циклона и падают в сборник пыли 4; очищенный газ удаляется через выхлопную трубу 3

Очистка выбросов от вредных газов (NO , NO_2 , SO_2 и др.) осуществляется абсорбционным или адсорбционным методом. Абсорбционный метод основан на поглощении газов жидкостью: водой, растворами щелочей, аммиака и т. д. (рис. 48); адсорбционный метод основан на осаждении газов на развитой поверхности адсорбентов: активированном угле, глинозёме, силикагеле и др.

Третий – рассеивание газовых выбросов в атмосфере. Рассеивание проводят с помощью высоких дымовых труб: чем выше труба, тем больше её рассеивающий эффект. Однако этот подход не избавляет атмосферу от загрязнений, а лишь переносит их на большие расстояния. Так, газовые выбросы Лондона выпадают кислотными осадками над скандинавскими лесами.

Четвёртый – организация санитарно-защитных зон. Это полоса зелёных насаждений шириной 50–1000 м, отделяющая производство с вредными выбросами от жилого массива.

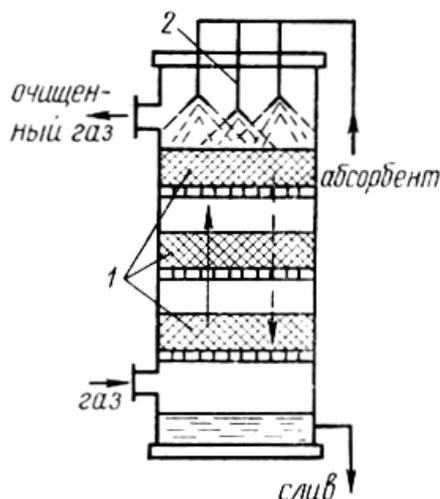


Рис. 48. Схема абсорбера: загрязнённый газ, двигаясь снизу вверх по вертикальной колонне, проходит через инертные насадки *1* (служат для увеличения поверхности жидкости, растекающейся по ним в виде плёнки) и обрабатывается поглотительным раствором из разбрызгивателей *2*. Очищенный газ выбрасывается в атмосферу сверху, а загрязнённый раствор удаляется на регенерацию снизу колонны

4.2. Водные ресурсы

Человечеству не угрожает недостаток воды, ему угрожает недостаток чистой воды. Эта проблема возникла по следующим основным причинам.

1. *Рост народонаселения и улучшение условий жизни.* Ещё в начале прошлого века в больших городах Центральной Европы человек расходовал в среднем за сутки 50 л воды, сейчас – 100–250 л. Кроме воды, идущей для утоления жажды и приготовления пищи, сюда входит ее расход в ваннах, туалетах, стиральных и посудомоечных машинах.

2. *Развитие промышленности.* Водоёмкость всего человеческого хозяйства в XX столетии увеличилась в 12 раз. Критическим считается использование более 10% годовых запасов пресной воды, а сейчас Египет, например, использует их 97%, Израиль – 84%, Германия – 27%, США – 19%, Россия – 2,7%. По расчетам, к 2050 году останутся лишь 3–4 страны, в том числе Россия, не испытывающие недостатка воды.

В табл. 6 приведены данные водопотребления во всём мире по основным отраслям народного хозяйства. Наибольшее количество пресной воды – около **70%** мирового водопотребления – приходится

на сельское хозяйство. За вегетационный период на 1 га кукурузы расходуется 3000 м³ воды, 1 га капусты – 8000 м³, 1 га риса – до 20000 м³. На промышленность приходится около **30%** всего водопотребления. Производство 1 т разных видов готовой продукции требует воды, м³: угля – 0,6, нефти – 3, стали – 40, синтетических волокон – 300, бумаги – 900, резины – 2300. Значительные объемы воды требуются для охлаждения энергоблоков: для работы ТЭС мощностью 1 ГВт нужно 1,2–1,6 км³ воды в год, а для работы АЭС той же мощности – до 3 км³ в год. Коммунально-бытовые службы тратят **6%** всей воды. В России, в отличие от среднемировых показателей, больше воды приходится на промышленность, чем на сельское хозяйство, что связано со сравнительно небольшой долей орошаемых земель при высоких объёмах производства водоёмкой промышленной продукции.

Таблица 6

Структура потребления воды в мире и в России

Потребители пресной воды	Потребление воды, %	
	в мире	в России
Сельское хозяйство	70	22
Промышленность	20	54
Коммунально-бытовые нужды	10	24

3. *Загрязнение водоёмов* промышленными и бытовыми стоками. Вместе с ростом потребности увеличивается и уровень загрязнения воды. Антропогенное загрязнение гидросферы приняло глобальный характер. Общий объём промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых стоков достигает 1300 км³ (по некоторым оценкам, до 1800 км³). Для разбавления этих стоков требуются 60% устойчивого стока рек мира. Причём по отдельным водным бассейнам антропогенная нагрузка гораздо выше средних глобальных значений.

4.2.1. Источники и последствия загрязнения воды

Основной причиной современной деградации природных вод Земли является антропогенное загрязнение. Самоочищающей способности большинства природных водоёмов уже не хватает, и они не в силах переработать все поступающие загрязнения.

Факторы самоочищения водоёмов многообразны. Условно их можно разделить на три группы: физические, химические и биологические.

Физические – разбавление, растворение, перемешивание, оседание на дно, УФ-излучение Солнца, которое убивает белковые коллоиды, ферменты протоплазмы микробных клеток, вирусы.

Химические – окисление, отмирание микрофлоры под действием химических веществ.

Биологические – водоросли, плесневые и дрожжевые грибки, животный мир. Например, устрицы и некоторые амёбы адсорбируют кишечные и др. вирусы. Каждый моллюск профильтровывает за сутки более 30 л воды.

Санитарный режим водоёма характеризуется прежде всего количеством растворённого кислорода. Его должно быть не меньше 4 мг на 1 л воды для водоёмов питьевого водоснабжения и 6 мг для водоёмов с ценными породами рыб.

Главные источники загрязнения гидросферы:

- сточные воды сельскохозяйственных объектов (систем орошения, стоки с полей, ферм и т. д.);
- сточные воды промышленных предприятий;
- сточные воды коммунального хозяйства;
- атмосферные выпадения загрязнений на поверхность водоёмов;
- сточные воды морских и речных судов.

Сточные воды сельскохозяйственных объектов большей частью попадают в природные воды без какой-либо очистки и поэтому имеют высокую концентрацию микроорганизмов, ядохимикатов, соединений **азота** и **фосфора**. Избыточное содержание последних может вызвать эвтрофикацию.

Эвтрофикация – обогащение водоёма биогенами, стимулирующими рост фитопланктона, который приводит к помутнению воды. В результате нарушается процесс фотосинтеза в глубинных слоях и гибнут бентосные растения, что приводит к снижению концентрации растворённого кислорода. Водоросли окрашивают воду в различные цвета, поэтому процесс ещё называют «*цветением*» водоёма. При отмирании водорослей идёт их гниение, при этом выделяются метан, аммиак, сероводород, фенол, вода приобретает неприятный вкус и цвет. Редуценты, перерабатывающие органические остатки умерших водорослей, тоже потребляют кислород, тем самым увеличивая его дефицит в водоёме. От недостатка кислорода, пищи, убежищ погибают обитающие на глубине рыбы и моллюски. Вода в таких водоёмах становится непригодной для питья и купания.

В России практически во всех водных объектах, включая такие внутренние моря, как Азовское, Балтийское, Каспийское, в настоящее время идёт процесс эвтрофикации. Этот процесс наблюдается и в других странах мира – Великие Американские озёра (США, Канада), Женевское озеро (Швейцария), озеро Балатон (Венгрия) и т. д. Основные пути борьбы с эвтрофикацией – устранение причин, её вызывающих: очистка стоков от биогенов; снижение эрозии почвы; рациональное применение удобрений; запрещение использования фосфатных детергентов.

Сточные воды промышленных предприятий содержат широкую гамму токсичных загрязняющих веществ, набор которых меняется в зависимости от специфики отраслей промышленности. Так, для сточных вод предприятий нефтепереработки и нефтегазодобычи характерны нефтепродукты, фенолы, соединения азота, серы; для сточных вод предприятий машиностроения и металлургии – тяжёлые металлы, фториды, цианиды; для стоков текстильной промышленности – органические красители, поверхностно-активные вещества, хлорсодержащие реагенты.

Большинство наиболее токсичных веществ принадлежит к одному из двух классов: тяжёлым металлам или синтетическим органическим веществам. Ионы тяжёлых металлов (Pb, Hg, Sn, As, Cd, Cr, Cu, Zn), попадая в организм человека, взаимодействуют с рядом ферментов, подавляя их активность и вызывая крайне тяжёлые физиологические и неврологические последствия (отравление свинцом приводит к умственной отсталости, ртутью – к врождённым уродствам). Из органических соединений наиболее опасны галогенированные углеводороды. Их широко используют в производстве пластмасс (поливинилхлорида, полихлорированных дифенилов), растворителей (тетрахлорметана), пестицидов (ДДТ) и др.

Опасность токсичных веществ обусловлена их способностью к **биоаккумуляции**. Она заключается в том, что малые, кажущиеся безвредными дозы, получаемые в течение длительного периода, накапливаются в организме и при достижении определённой концентрации наносят ущерб здоровью. Биоаккумуляция происходит по двум причинам. Первая – отсутствие биodeградации. Тяжёлые металлы как простые элементы не разрушаются в организме. Хлорированные углеводороды разлагаются при очень высокой температуре, кроме того, в организме нет ферментов, их разлагающих. Вторая –

эти вещества легко поглощаются, но если и выводятся, то очень медленно. Тяжёлые металлы прочно связываются с белками, а галогенированные углеводороды растворяются в жирах гораздо лучше, чем в воде, поэтому не выводятся с мочой.

Биоаккумуляция может усугубляться в пищевой цепи и привести к **биоаккумуляции**. К сожалению, биоаккумуляцию и биоаккумуляцию трудно заметить до достижения опасного уровня содержания токсинов в организме, когда уже поздно что-либо предпринять. Так, в 1960 году в США обнаружилось, что сокращение популяций многих хищных птиц вызвано биоаккумуляцией ДДТ. При прохождении через пищевую цепь концентрация ДДТ может увеличиваться в 10 млн раз. Токсические вещества редко встречаются по отдельности, а два или более ядов вместе дают эффект, во много раз превосходящий сумму действия от каждого из них в отдельности, – **синергический эффект**.

В водоёме химические вещества загрязнений под влиянием различных физико-химических и биологических воздействий могут подвергаться изменениям и превращениям – трансформациям. Как правило, они приводят к образованию менее токсичных продуктов. Но бывает и наоборот. Например, ртуть в водоёме может образовать метилртуть, которая более токсична; хлор – хлорорганические соединения, среди которых наиболее часто и в наибольших концентрациях присутствует хлороформ.

К особому виду загрязнения относится **тепловое загрязнение** природных вод. Промышленные предприятия, ТЭС, АЭС нередко сбрасывают в водоёмы подогретую воду, тем самым увеличивая их температуру. На атомных электростанциях объём подогретых вод на единицу получаемой энергии в 2–3 раза больше, чем на теплоэлектростанциях. Это связано с тем, что на ТЭС значительное количество тепла рассеивается через трубы, системы вентиляции и т. д. На АЭС такое рассеивание минимально из-за замкнутости цикла. По существующим санитарным нормам, температура природного водоёма не должна повышаться более чем на 3°C летом и 5°C зимой, поэтому подогретые воды должны охлаждаться в прудах-охладителях или в специальных установках (градирнях) и после этого повторно использоваться в производственных процессах. Однако значительная часть подогретых вод сбрасывается непосредственно в природные воды и обуславливает их тепловое загрязнение. Следствием является

снижение концентрации растворённого кислорода, нарушение равновесия в экосистеме и смена одной экосистемы другой. С повышением температуры в загрязнённой воде наблюдается бурное размножение болезнетворных микроорганизмов и вирусов. Так, например, на площадках Кольской атомной станции (Мурманская область), расположенной за Полярным кругом, через 7 лет после начала эксплуатации АЭС температура вод повысилась с 6 до 19°C. Это вызвало изменение газового, химического и биологического состава вод, стимулировало интенсивное выделение ядовитых газов (сероводорода, метана) и массовое развитие микрофлоры, вызывающей «цветение» воды.

Сточные воды коммунального хозяйства поступают из жилых и общественных зданий, предприятий общественного питания, медицинских учреждений и т. д. В них преобладают различные органические вещества. Бытовые стоки являются основным источником загрязнения воды патогенами (болезнетворными бактериями, вирусами и т. д.). Другим опасным загрязнением коммунальных стоков, впрочем, как и многих промышленных предприятий, являются синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ). Они служат основой применяемых в быту синтетических моющих средств. Ассортимент СПАВ и объёмы их использования неуклонно растут. Эти вещества плохо поддаются разложению в природной среде, концентрируются в поверхностном водном слое, снижают способность воды к насыщению кислородом, парализуют деятельность микроорганизмов, разрушающих органические вещества.

Атмосферные осадки тоже представляют значительную опасность для природных вод. У пресноводных озёр, ручьёв и прудов $pH=6-7$ и организмы адаптированы к такой среде. При выпадении кислотных дождей кислотность воды повышается иногда очень значительно, и практически все организмы вымирают. Кроме того, при выпадении кислотных дождей в подземных водах резко повышается содержание ионов металлов – свинца, меди, цинка, кадмия и особенно алюминия, который, поступая через корневую систему в растения, оказывает на них токсическое или даже летальное действие. В ФРГ под угрозой гибели от кислотных дождей оказалось не менее 20% площади лесов. В Канаде из-за частых кислотных дождей более 4 тыс. озёр были объявлены мёртвыми, а ещё 12 тыс. – на грани гибели. Сходные явления происходят и в России, особенно на Кольском полуострове, на Урале и в районе Норильска. Так, из-за выбросов Норильского медно-никелевого

комбината, на который приходится значительная часть всего объёма выбросов в атмосферу, совершаемых предприятиями цветной металлургии России, громадные площади тундры и лесотундры Таймырского полуострова стали безжизненными.

Речной транспорт следует считать важным источником загрязнения континентальных природных вод нефтепродуктами, отработанными маслами и канцерогенными полициклическими углеводородами, а также хозяйственно-бытовыми стоками. Несравнимо больший вклад в загрязнение вод вносит *морской транспорт*, прежде всего нефтеналивной. **Нефть и нефтепродукты** относятся к числу наиболее опасных загрязнений морей и океанов. По оценкам специалистов, в настоящее время нефтью и нефтепродуктами загрязнено около 20% поверхности Мирового океана. Каждая тонна нефти покрывает плёнкой около 12 км² водной поверхности. Эта плёнка не пропускает солнечные лучи и замедляет образование кислорода в воде, а следовательно, и газообмен между гидросферой и атмосферой.

Если нефть выбрасывается в открытое море вдали от берега, то она может исчезнуть, не достигнув его, т. к. одни компоненты нефти испаряются, другие растворяются в воде, а третьи разлагаются в результате биологических и химических процессов. Тем не менее на региональном уровне крупные разливы нефти при аварии танкеров означают экологическую катастрофу, которая сопровождается упадком рыболовства, так как изменяются пути миграции рыб и других морских организмов. Значительное количество нефти выбрасывается на берег. В этих случаях её концентрация долго остаётся высокой. От нефти страдают прибрежные флора и фауна: пляжи покрываются трудно удаляемым слоем вязкой нефти. Больше всего страдают от нефти птицы: она склеивает их оперение и оно утрачивает теплоизолирующие свойства. Кроме того, птица, выпачканная в нефти, не может плавать. Она замерзает и тонет. Определённая часть нефти попадает в грунтовые воды, проникая в конечном счёте в источники водоснабжения, а содержание нефти даже в количестве 0,005% делает воду непригодной для питья.

Все загрязнения, спущенные в воду на материке, рано или поздно попадают в океан. В настоящее время Мировой океан стал самой большой «сточной канавой» мира. Ядовитые вещества поступают сюда с речными стоками, а также в результате намеренного складирования отходов на морском дне. Особого внимания заслуживает

радиоактивное загрязнение океана. Наиболее опасным радиоактивным изотопом, поступающим в моря и океаны, учёные считают стронций-90. Он имеет весьма короткий период полураспада – 29 лет, что обуславливает очень высокий уровень его активности и мощное радиационное излучение. Стронций является почти полным химическим аналогом кальция, поэтому, проникая в организм, он откладывается во всех содержащих кальций тканях и жидкостях, поражает костную ткань и, самое главное, особо чувствительный к действию радиации костный мозг. Под действием облучения в живом веществе происходят химические изменения, а в итоге развитие смертельно опасных болезней – рака крови (лейкемии) и костей.

Радиоактивные вещества попадают в океан следующими путями: из атмосферы в результате ядерных испытаний; при сбросе радиоактивных вод и веществ от предприятий атомной промышленности и АЭС; в результате аварий судов, работающих на атомных двигателях, и атомных подводных лодок. В марте 2011 года в результате аварии на атомной электростанции в японском городе Фукусима, вызванной цунами из-за свершившегося землетрясения, в атмосферу было выброшено огромное количество радиации, которая попала и в океан. Кроме того, в течение нескольких суток после чрезвычайной ситуации аварийная вода для охлаждения реакторов стекала в море, увеличивая загрязнение океана. Океанические течения переносят вредные вещества на огромные расстояния. Поэтому вдоль всего западного побережья США повысился уровень радиации, радионуклиды добрались даже до берегов Аляски. Японцам не удалось полностью изолировать аварийную станцию. Эксперты считают, что радиоактивные материалы с «Фукусимы-1» будут поступать в океан как минимум еще 30 лет.

4.2.2. Загрязнение вод России

Загрязнение воды в России достигло критических масштабов. Согласно данным комитета Госдумы по природным ресурсам, природопользованию и экологии, 40% поверхностных источников водоснабжения и 17% подземных не соответствуют нормативам предельно допустимой концентрации вредных веществ. Степень загрязнения воды принято характеризовать классом качества с 1 по 7 с соответствующей оценкой от «очень чистая» до «чрезвычайно гряз-

ная». Основные реки – Волга, Дон, Кубань, Днепр, Печора, Урал, Обь, Енисей, Лена, Амур – оцениваются как «загрязненные», местами – как «очень грязные»; крупные притоки – Ока, Кама, Тотьма, Иртыш, Тобол, Миасс, Исеть, Тура – как «очень грязные», а местами как «чрезвычайно грязные». Подземные воды загрязнены меньше, но их качество тоже падает, т. к. в густонаселенных промышленных и сельскохозяйственных районах почвы до такой степени насыщены отравляющими веществами, что утрачивают способность к фильтрации, и эти вещества просачиваются в грунтовые воды.

Наибольший вклад – 36% – в загрязнение водоёмов вносят крупные промышленные предприятия, 15% – сельское хозяйство. Вклад отдельных отраслей промышленности в загрязнение вод показан на рис. 49. На предприятиях используются устаревшее оборудование, дешёвое сырьё, содержащее повышенные концентрации вредных веществ, отсутствуют локальные системы очистки.

Объём сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водоёмы, составляет более 60 км³ в год, при этом «нормативную очистку» проходит лишь 11% стоков. Из-за того, что вода берётся из загрязнённых рек и озёр, а также по причине ветхости водопроводов, насыщающих воду нежелательными, а подчас и вредными элементами, каждый третий россиянин получает питьевую воду, не соответствующую санитарным и экологическим нормативам. Вследствие употребления некачественной питьевой воды возникают такие опасные заболевания, как дизентерия, брюшной тиф, гепатит, менингит, паразитарные болезни.

Нельзя обойти вниманием серьёзные **экологические проблемы в бассейне Волги**, где проживает 40% населения России. Её воды составляют лишь 5% от суммарных речных вод РФ, а сбрасывается в Волгу треть всех загрязнённых стоков страны. В бассейне Волги сосредоточено около 45% промышленного и примерно 50% сельскохозяйственного производства России. Нагрузка на водные ресурсы здесь в 8 раз выше, чем в среднем по стране. В отдельные декады в нижней Волге содержание нефтепродуктов превышает ПДК в десятки и даже в сотни раз. Летом в результате эвтрофикации синезеленые водоросли покрывают до 20–30% поверхности водохранилищ. Эти растения выделяют до 300 видов органических веществ, большая часть из которых ядовита. Бассейн Волги загрязняют около 2400 затонувших и брошенных плавсредств, в том числе нефтеналивных, пассажирских, грузовых судов.

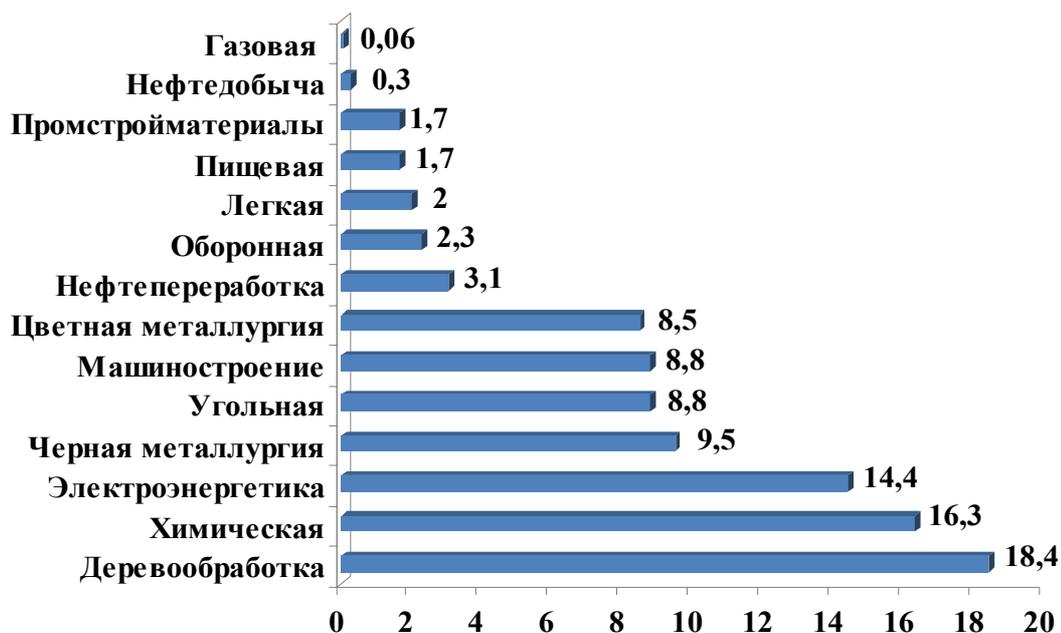


Рис. 49. Вклад отраслей промышленности РФ в загрязнение гидросферы, %

Экологическая ситуация осложняется еще и тем, что после строительства водохранилищ на Волге резко изменились естественный режим реки и экология водоемов. Восемь плотин волжского каскада гидроэлектростанций превратили Волгу в череду стоячих озер-водохранилищ, навсегда нарушив привычный ход реки. По оценкам экспертов, самоочищаемость Волги, вода которой еще в 50-е годы прошлого столетия считалась питьевой, снизилась в десятки раз. Река стала на большем протяжении антисанитарным водоемом. Уловы наиболее ценных пород рыб снизились более чем в 3 раза. Массовое затопление пойменных лугов и пастбищ подорвало основу исторически сложившегося в регионе животноводства. В результате создания водохранилищ подмываются и обрушиваются верхние террасы и коренные склоны, где сосредоточены чернозёмные почвы. Повсеместное расточительное водопотребление в промышленности и сельском хозяйстве региона привело к сокращению годового стока Волги и уже сказывается на колебании климата, который становится более засушливым.

Не менее важна **экологическая проблема Байкала**. Это уникальный природный объект мирового значения. Строительство двух комбинатов – целлюлозно-бумажного в городе Байкальске и целлюлозно-картонного в городе Селенгинске – нанесло значительный урон озеру. Несмотря на наличие мощных очистных сооружений, в

Байкал сбрасываются сточные воды, содержащие значительные количества фенолов, сульфатов, хлоридов, взвешенных веществ и т. д. В результате гибнут уникальные живые организмы озера – эпишура (наиболее многочисленные планктонные организмы, способные профильтровывать и тем самым очищать воду), рыба, нерпа (байкальский тюлень). Кроме воды, комбинаты засоряют и атмосферу выбросами тысяч тонн ядовитых веществ – сернистого ангидрида, сероводорода, хлора и т. д. Под их влиянием усыхают хвойные леса на территории в 250 тыс. га, а лес регулирует водный режим региона, предохраняет почву от эрозии. В декабре 2013 года принято решение о закрытии целлюлозно-бумажного комбината в Байкальске.

Водные ресурсы **Ивановской области** представлены в основном сетью рек и ручьёв, число которых составляет около 1700 (183 из них протяжённостью более 10 км), и подземными водами. Наиболее крупные реки – Волга, Уводь, Нерль, Теза и Лух – принадлежат к равнинному типу преимущественно снегового и дождевого питания. Большинство рек имеют классы качества воды 3–4 (умеренно загрязнённые и загрязнённые), что связано с повышенной антропогенной нагрузкой. Из 130 млн м³ используемой областью в год воды почти половина идёт на коммунально-бытовые нужды, другая половина – на промышленность и лишь 1% – на сельское хозяйство. Из сбрасываемых сточных вод только 2% нормативно очищены, более 90% – недостаточно очищены, а 6% возвращаются в водоёмы без всякой очистки. Так, в г. Кинешме уже несколько лет ведётся строительство общегородских очистных сооружений, а в Волгу ежегодно сбрасывается 6 млн м³ неочищенных сточных вод. Кроме того, в области немало предприятий, работающих без договоров о водопользовании и соответственно не производящих очистку отработанной воды. Другие предприятия пользуются устаревшими очистными сооружениями, не обеспечивающими необходимое качество очистки.

Важнейшая задача – обеспечение населения области питьевой водой должного качества. Только 36% жителей Ивановской области пьют воду, относящуюся к категории доброкачественной. Это обусловлено тем, что источники централизованного водозабора в основном не имеют современных систем водоподготовки, а большинство водоводов изношены. Качество используемой воды из подземных источников в целом удовлетворяет требованиям гигиенических нормативов, за исключением повышенного содержания железа, что объясняется геохимическими характеристиками водоносных горизонтов.

4.2.3. Инженерная защита водных объектов

С целью сохранения поверхностных вод применяют следующие экозащитные мероприятия.

1. **Водоохранные зоны** с шириной 0,1–2 км. В пределах этой зоны запрещается распашка земель, выпас скота, применение ядохимикатов и удобрений, производство строительных работ и др.

2. **Использование в производстве прогрессивной техники и технологии.** Например, правильно выбранные технологические режимы крашения текстильных материалов в отделочном производстве обеспечивают высокую фиксацию красителя волокном, в результате чего уменьшается загрязнение сточных вод, а прогрессивное оборудование для промывки тканей обеспечивает эффективность процесса при минимальных затратах воды.

3. **Организация замкнутого водопотребления.** Это означает, что промышленное предприятие свои сточные воды после очистки вновь направит в производственный цикл. Таким образом, отработанная вода не будет сливаться в природные водоёмы, а станет многократно использоваться на данном предприятии, как показано на схеме (рис. 50). При таком замкнутом цикле водопотребления решается сразу несколько проблем: сокращается расход воды на производственные нужды, не засоряются природные источники, снижаются затраты на очистку стоков, поскольку требования к качеству технической воды значительно мягче.

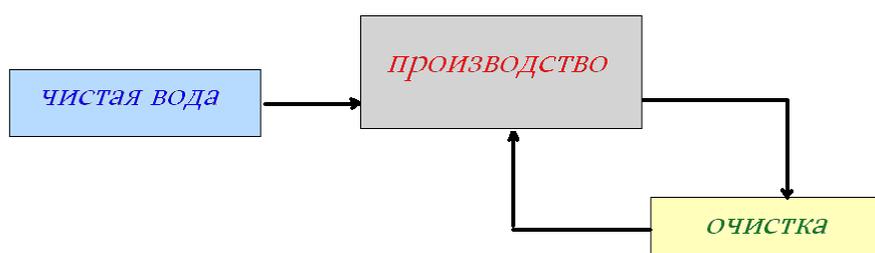


Рис. 50. Схема организации замкнутого водопотребления

4. **Использование очистных устройств и сооружений.** Существует большое количество способов очистки стоков. Их выбор основывается на виде и концентрации преобладающих примесей сточных вод, а именно: механических (твёрдых или маслопродуктов), растворённых или органических. Рассмотрим для примера типичные городские очистные сооружения в г. Иванове. Очистка сточных вод

здесь осуществляется механическим и биологическим методами. Сначала вода проходит стадию процеживания (очистку на решётках), освобождаясь от крупных примесей, а затем насосом подаётся на верхнюю ступень очистных сооружений. Стадии очистки расположены в виде каскада, т. е. вода на каждую последующую стадию подаётся самотёком.

Первая стадия – горизонтальные песколовки (рис. 51) для механической очистки от мелких тяжёлых минеральных частиц (песка, шлака, боя стекла т. п.) путём осаждения.

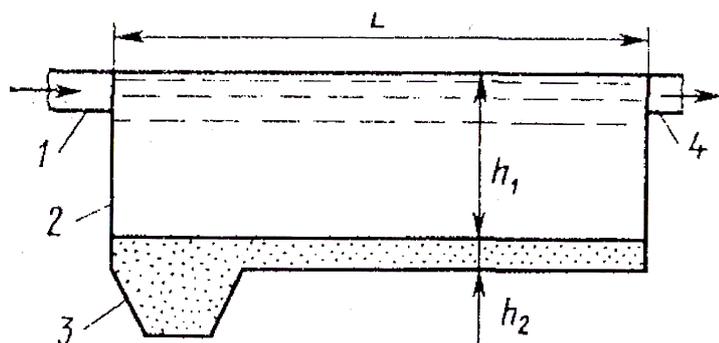


Рис. 51. Схема горизонтальной песколовки: через входной патрубок 1 в песколовку 2 поступает вода. Оседающие в процессе движения воды твёрдые частицы скапливаются в шламосборнике 3 и на дне песколовки, а очищенная сточная вода через патрубок 4 удаляется для дальнейшей обработки

Вторая стадия – радиальные отстойники (рис. 52) продолжают механическую очистку стоков от твёрдых частиц методом отстаивания.

Третья стадия – биологическая очистка воды в аэротенках. Процесс биологической очистки основан на том, что органические загрязнения сточных вод являются питанием для микроорганизмов, жизнедеятельность которых поддерживается постоянным притоком кислорода и температурой 20–40°С. Микроорганизмы культивируются в активном иле – системе, состоящей из живых организмов и твёрдого субстрата. Биоценоз активного ила представлен бактериями и мельчайшими животными: простейшими (инфузориями, жгутиковыми, амёбами, коловратками и т. д.), червями, дрожжевыми грибами. Твёрдый субстрат активного ила (до 45%) состоит из отмерших водорослей и разложившихся водных организмов и служит для прикрепления на нём организмов активного ила. Процесс биохимического окисления протекает под действием ферментов, выделяемых бактериями.

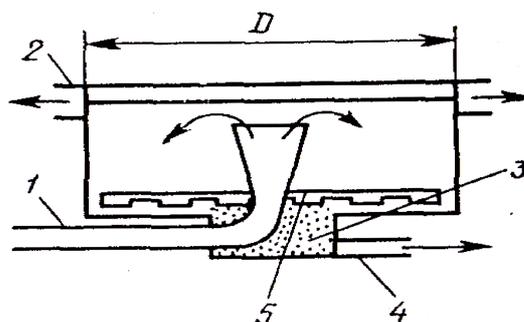


Рис. 52. Схема радиального отстойника: очищаемая сточная вода по входному патрубку 1 с расширяющимся диаметром сечения на выходе поступает в отстойник и движется в радиальном направлении. Увеличение выходного диаметра патрубка обеспечивает уменьшение скорости истечения сточной воды из трубопровода и, следовательно, увеличение вероятности ламинарного осаждения твёрдых частиц в отстойнике. Очищенная сточная вода по отводящим трубопроводам 2 направляется для дальнейшей обработки, а шлам – вращающимся скребком 5 в шламосборник 3 и через канал 4 периодически удаляется из отстойника

Аэротенки – это железобетонные резервуары больших размеров (рис. 53), через которые медленно протекают подвергающиеся аэрации сточные воды, смешанные с активным илом.



Рис. 53. Аэротенки

Эффективность удаления органических примесей в аэротенках очень высокая: уже через несколько минут их концентрация снижается в 2 раза, а в целом эффективность очистки составляет 90%. После аэротенков очищенная вода со взвешенными в ней частицами активного ила направляется в радиальные отстойники, где этот ил осаждается и возвращается в аэротенки. После очистки вода сбрасывается в р. Уводь, осадки из песколовков и отстойников вывозятся на специальный полигон.

4.3. Земельные ресурсы и их защита

Проблема рационального использования и охраны земельных ресурсов – одна из наиболее актуальных для человечества, поскольку почва остаётся главным источником получения необходимых продуктов питания. Общая площадь земной поверхности составляет около 51 млрд га, из них суша – всего 14,9 млрд га. Если исключить Антарктиду и Гренландию, то в распоряжении человека только 26% площади поверхности Земли. Структура этих земельных ресурсов такова (рис. 54): 34% – малопродуктивные земли (ледники, пустыни, болота); 30% – леса; 23% – луга и пастбища; 11% – обрабатываемые земли; 2% – антропогенные ландшафты (населенные пункты, транспортные линии, промышленные зоны).

В среднем на душу населения в мире приходится 0,3 га пашни – основного источника получения продовольствия и фуража. Что касается площади пашни на душу населения в отдельных странах, то она резко различается. Так, в Канаде на душу населения приходится 1,72 га, в России – 0,9 га, в США – 0,4 га, в Германии – 0,12 га, в Великобритании – 0,08 га, в Японии – 0,03 га.

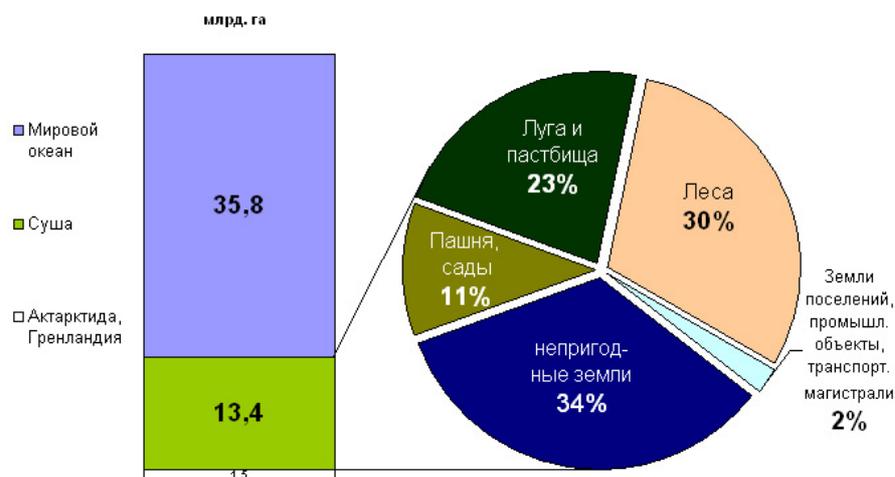


Рис. 54. Структура территории Земли

Одна из острейших экологических проблем, которая ведёт к нищете и голоду, – деградация почвы. Разберём её основные причины.

Самое разрушительное влияние на почву оказывает **эрозия** (лат. *eroiso* – выгрызать, разъедать) – процесс удаления водой или ветром поверхностного, наиболее плодородного слоя почвы. Это приводит к снижению урожайности, а в конечном итоге – к опустыниванию. Эрозия происходит вследствие многократной механической обра-

ботки почвы (вспашки, культивирования, боронования) и сведения лесов. Необрабатываемая почва удерживается от эрозии корневой системой растений.

Другая причина деградации земельных ресурсов – перевыпас скота – наиболее характерна для ряда развивающихся стран Азии и Африки. Выпас не должен превышать ёмкости пастбища (трава не должна съедаться быстрее, чем она может восстановиться), иначе происходит опустынивание. Разрушает почву и орошаемое земледелие вследствие её засоления. Даже лучшая поливная вода содержит в себе соли, которые, постепенно накапливаясь, достигают концентрации, не переносимой растениями. Такая почва тоже превращается в пустыню. Значительная потеря урожайности почвы происходит и по вине непродуманной агротехники: неправильные севообороты, применение тяжелой сельскохозяйственной техники, неподходящие для тех или иных природных условий методы распашки и др.

Отдельного разговора заслуживает химическое загрязнение почвы. В сельском хозяйстве оно обусловлено в основном неправильным использованием удобрений и пестицидов. **Пестициды** – это химические препараты, используемые для борьбы с вредителями и болезнями растений. Пестициды отличаются друг от друга по химическому строению (Cl-, P-, Hg-органические и т. д.) и по объекту воздействия (гербициды – для борьбы с сорняками, бактерициды – с бактериями, инсектициды – с насекомыми и т. д.). Из пестицидов наиболее опасными считаются хлорорганические, а из удобрений – азотные. И те и другие способны накапливаться не только в почвах, но и в растениях, что приводит к ухудшению качества продукции и отрицательному их действию на здоровье человека и животных. В трофических цепях происходит накопление пестицидов, даже если их первоначальное количество было незначительным. Человек как конечное звено в этой цепи получает концентрированные дозы этих препаратов, особенно с мясомолочными продуктами. При постоянном употреблении происходит накопление стойких пестицидов в жировой ткани и некоторых внутренних органах человека. Применение нестойких, быстро разлагающихся препаратов не решает проблемы. Такие пестициды должны быть значительно более токсичными, чем стойкие, так как они воздействуют на вредные организмы более короткое время. По оценкам Всемирной организации здравоохранения, ежегодно в мире происходят около 500 тыс. случаев

прямого отравления людей пестицидами. Около 10% людей при этом погибают, многие из выживших остаются инвалидами или приобретают хронические заболевания.

Пестициды неизбежно вызывают и глубокие изменения экосистем, в которые их внедряют, так как они имеют широкий спектр токсичного воздействия на все живые организмы. В местах, где проводили массированные обработки этими веществами, как правило, отмечали исчезновение многих видов животных и растений, против которых эти обработки не были направлены. В то же время не отмечено ни одного случая радикального решения проблемы какого-либо «вредного организма» при помощи пестицидов. Обычно происходит быстрая выработка резистентности (устойчивости) вредителя к любому яду. Кроме того, при обработках уничтожаются не только вредители, но и их естественные враги, что способствует быстрому восстановлению численности вредителя и дальнейшему ее нарастанию. Таким образом, общая экономическая составляющая применения пестицидов в итоге оказывается несостоятельной, так как требуются огромные (и постоянно увеличивающиеся!) затраты на синтез все новых препаратов и на ликвидацию последствий их применения.

Альтернативой может стать биологический метод защиты растений (биологический контроль), который всё шире используется в сельском хозяйстве. Биологическая защита предусматривает максимальное использование природных механизмов регуляции численности вредящих организмов. Например, в России для борьбы с 16 видами вредителей используется маленькое перепончатокрылое насекомое трихограмма. Она заражает яйца вредителей, и вместо гусеницы развивается личинка трихограммы. Способ эффективный, недорогой и экологически чистый.

В больших городах и районах, где расположены промышленные, энергетические предприятия и транспортные магистрали, в разных количествах и сочетаниях загрязнениями почвы являются тяжелые металлы (Pd, Cd, Cu, Zn, Hg, Bi), галогены (F, Br и др.), нефть и нефтепродукты. При неполной очистке дымовых газов в атмосферу поступает огромное количество оксидов серы и азота, которые выпадают с атмосферными осадками в виде кислотных дождей, вызывающих подкисление почв, снижение урожаев сельскохозяйственных культур, усыхание лесов.

Особую статью загрязнений составляют твёрдые бытовые отходы (ТБО). Их примерный состав показан на рис. 55.

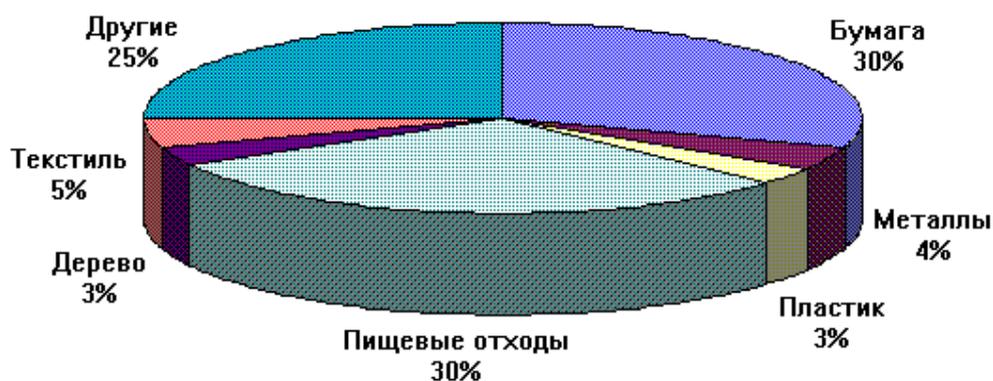


Рис. 55. Состав ТБО в России

Основным способом переработки отходов остаётся их захоронение на полигонах. Этот способ наиболее экономичный и наименее проблемный. Однако масса отходов непрерывно растёт, их состав усложняется и включает всё больше экологически опасных компонентов. В таких условиях в развитых странах Запада отношение к традиционным методам сваливания мусора на свалки становится резко отрицательным, всё более широко внедряются в жизнь новые технологии утилизации отходов: современные системы разделения мусора с повторным использованием ценных компонентов, мусоросжигательные заводы-электростанции, компостирование и санитарные полигоны захоронения (рис. 56). Например, в Германии, Австрии и Финляндии не менее 40% отходов подвергается вторичной переработке. Естественно, что при таком подходе управление отходами усложняется и цены на утилизацию резко возрастают. Поэтому к современному управлению отходами привлекаются частные предприятия и крупные инвесторы.

Общая площадь земельного фонда **России** составляет 1,71 млрд га. Преобладающую часть территории страны занимают тайга, тундра и лесотундра, практически не пригодные для земледелия. Сельскохозяйственные угодья страны составляют 13% от всего земельного фонда, пашня – 7,6%. С учетом ограниченности земельных ресурсов мира, роста населения планеты, а также высокой степени освоенности пригодных для выращивания продуктов питания территорий Россия обладает наибольшим в мире потенциалом развития сельскохозяйственного производства для обеспечения продовольственной безопасности как российского государства, так и планеты в целом.

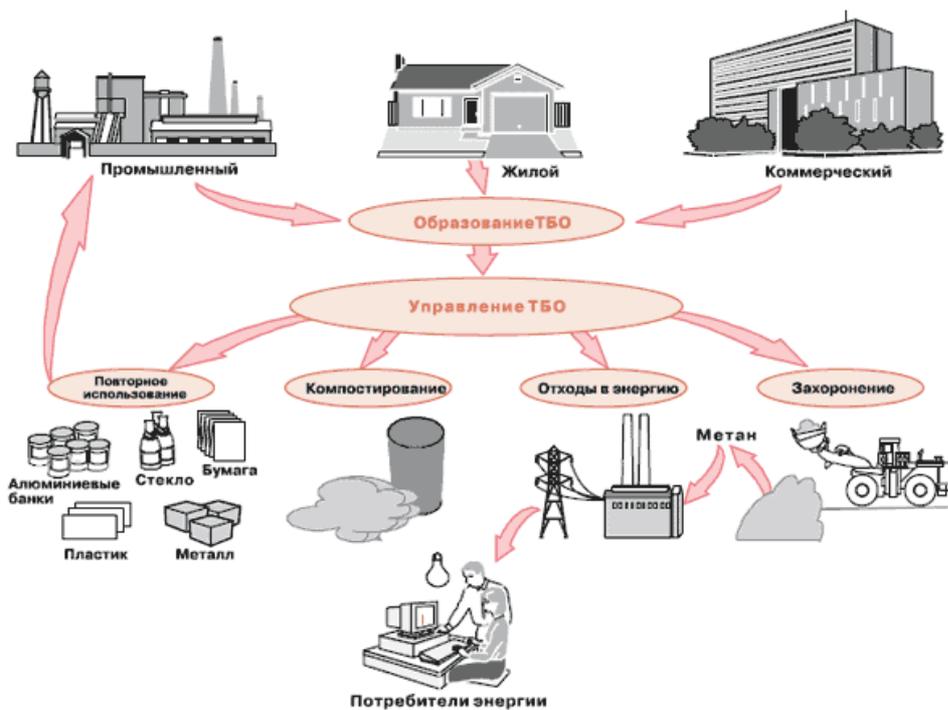


Рис. 56. Современные способы переработки отходов

Около 2/3 всей пашины России располагается на черноземах различных типов, т. е. исходно на богатейших, наиболее плодородных почвах мира. За последние 100 лет эксплуатации почв запасы гумуса сократились примерно на одну четверть. Деградация почв России – это колоссальная, трудно восполнимая потеря природного богатства. В настоящее время в России до 40 млн га пахотных земель заброшены, 16 млн га заросли кустарником и деревьями, 58 млн га подвержены ветровой и водной эрозии. Так же, как и в других странах, почвы в России подвержены химическому загрязнению.

Спецификой России по сравнению с развитыми странами Запада является то, что 96–98% ТБО свозится на свалки. Слабое экологическое законодательство и отсутствие собственности на землю делают такую утилизацию очень дешевой. Захораниваемые отходы представляют собой серьезный источник загрязнения окружающей среды. Подавляющее большинство полигонов по своему обустройству не обеспечивают экологическую безопасность, не говоря уже о множестве локальных неконтролируемых (несанкционированных) свалок, число которых растёт.

Преобладающими в **Ивановской области** являются дерново-подзолистые почвы (80%). По механическому составу они очень разнообразны: от глинистых до песчаных. В последнее время их качество ухудшается. Среднее содержание гумуса в пахотном слое

почвы в среднем по области – только 1,9%. Наиболее характерными негативными процессами являются: переувлажнение и заболачивание земель – 271,7 тыс. га сельскохозяйственных угодий; водная эрозия – 98,2 тыс. га; зарастание кустарником и мелколесьем – 22,6 тыс. га (рис. 57).



Рис. 57. Структура сельскохозяйственных угодий Ивановской области, подверженных негативным процессам

Самой острой экологической проблемой региона остается утилизация и переработка отходов производства и потребления. Решить эту проблему призвана специальная программа, предусматривающая строительство мусоросортировочных предприятий в Иванове, Шуе и Кинешме, а также расширение старых и строительство новых полигонов ТБО в области.

4.4. Биоресурсы и их защита

К биологическим ресурсам относятся растения, животные, грибы, водоросли, микроорганизмы, а также их сообщества – леса, луга, реки, озёра.

За счет способности организмов размножаться все биологические ресурсы являются возобновимыми, однако человек должен поддерживать условия их возобновимости. При современной системе использования биологических ресурсов значительной их части угрожает уничтожение.

По объемам использования биологических ресурсов первое место принадлежит растениям, особенно лесным. Это объясняется тем, что продуктивность лесов значительно выше, чем других биоценозов, а древесина, хвоя и сок деревьев служат основой для производства сотен и тысяч наименований продукции. Половина лесов на земном шаре сосредоточена в северном поясе, представленном хвойными и смешанными лесами Евразии и Северной Америки (Россия, США, Канада, Скандинавские страны и север Китая), а другая половина – в южном, охватывающем леса экваториальной и тропической зоны (Бразилия, Индонезия, Венесуэла, Конго). Наибольшими лесными площадями обладают Россия (765,9 млн га), Канада (494,0 млн га), Бразилия (488,0 млн га), США (296,0 млн га).

Главные лесоразработки, прежде всего особо ценной древесины хвойных пород, которая считается лучшим сырьем для целлюлозно-бумажной и лесохимической промышленности, ведутся в северном поясе. Благодаря работам по лесовосстановлению и лесоразведению в США, Канаде, Финляндии, Швеции общая площадь этих лесов, несмотря на интенсивную эксплуатацию, не уменьшается, а расширяется. В южном же поясе развивающиеся страны используют лесные ресурсы нерационально. Более половины древесины здесь сжигается для бытовых нужд и повышения плодородия почвы. Латинская Америка и Азия уже потеряли 40% лесов, Африка – 50%. Ученые считают, что леса южного пояса находятся под угрозой полного уничтожения к середине XXI века. Меры по рациональному использованию этих лесных ресурсов продолжают оставаться крайне актуальными. В последние десятилетия в Австралии, Бразилии и других странах на больших площадях создаются искусственные лесные насаждения, в основном эвкалипта, который растет очень быстро, достигая зрелости в 25–30 лет, и имеет довольно ценную древесину.

Кроме древесных пород, широкое применение в хозяйстве имеют ягоды, грибы, лекарственные растения. Их основные ресурсы приурочены к лесному поясу. Но много грибов и ягод растет также в лесотундре и тундре, а лекарственные растения встречаются практически во всех природных зонах. Сейчас ученые все больше склоняются к мысли, что в природе должно существовать лекарство от любых человеческих болезней. Поэтому важно сохранить всё разнообразие биологических видов. Потенциальные возможности большинства из них до сих пор не изучены.

Ресурсы дикой фауны сейчас используются в относительно небольших масштабах. Охота на зверей осталась основой хозяйства лишь у отдельных северных народов и племен Африки, Амазонки и Малайского архипелага. Но ущерб животным наносится не столько промыслом, сколько техногенным нарушением среды их обитания. Особенно сильное давление испытывает животный мир Европы, где на грани уничтожения находятся многие виды млекопитающих, от 30 до 50% всех видов птиц.

Большое хозяйственное значение имеют водные биоресурсы: ежегодно в мире вылавливается более 100 млн т рыбы и 10 млн т других морепродуктов (китов, тюленей, ракообразных, моллюсков, водорослей). В сумме это составляет небольшую часть общей биопродукции океана, но очень существенную часть продукции указанных видов. Более того, надо помнить, что гидробионты страдают от загрязнения акваторий, от нарушения человеком нерестилищ и путей миграции обитателей гидросферы.

В последние годы в связи с развитием микробиологии и биотехнологии все больший интерес вызывают различные микроорганизмы. Полезные свойства их настолько широки, что они могут быть использованы не только в медицине или в сельском хозяйстве для биологической защиты растений, но и в химической промышленности для разработки новых перспективных технологических процессов и даже для добычи редких полезных ископаемых.

Россия обладает крупнейшими запасами древесины в мире (более 20% мировых запасов) и самыми большими массивами лесов. Леса покрывают 45% территории нашей страны. Сосредоточены они главным образом в восточных ее районах – в Сибири и на Дальнем Востоке, а используются интенсивнее леса Европейского Севера. Наиболее распространены хвойные породы деревьев – лиственница, сосна, ель, кедровая сосна. Леса богаты ягодами, грибами, ценными дикорастущими растениями. Российские леса, являясь крупнейшими на планете массивами «дикой» природы, имеют глобальное значение, т. к. в них происходит компенсация глобальных загрязнений и нарушений окружающей природной среды. В использовании лесных ресурсов много нерешенных проблем. От незаконной вырубке леса Россия ежегодно теряет более 800 тыс. га насаждений, объемы незаконно вырубленного леса составляют около половины общего количества добываемой древесины.

Рыбное хозяйство России оказывает существенное влияние на состояние экономики, поскольку является поставщиком продуктов питания, кормовой продукции для животноводства, ценных компонентов для химической, фармакологической и косметической промышленности. Кроме того, большинство городов и населенных пунктов северных районов нашей страны живут за счет развития рыбохозяйственного комплекса, который остается там основным поставщиком рабочих мест. В СССР рыболовство было одной из наиболее динамично развивающихся отраслей народного хозяйства. По объему добычи рыбы СССР был одним из основных мировых лидеров. Лидерство базировалось на быстром развитии морского экспедиционного промысла, чему способствовали высокие темпы строительства рыбодобывающего и рыбоперерабатывающего флота. Страна не жалела средств на развитие данной составляющей рыбопромышленного комплекса. В результате воздействия целого ряда геополитических, общеэкономических и внутриотраслевых факторов с начала 1990-х годов произошла значительная дезинтеграция рыбного хозяйства страны. Объемы вылова существенно сократились. И только с 2002 года, благодаря принятию Федерального закона «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов», рыбный промысел начал расти. Одновременно возрос выпуск пищевой рыбной продукции, доля которого на внутреннем рынке составляет 78% от общего количества. Сейчас рыбная отрасль по темпам роста ВВП занимает одно из первых мест среди основных отраслей экономики России. Наряду с ростом общих показателей работы флота повысилась и ответственность рыболовных компаний за соблюдение правил рыболовства. Этому способствовали принимаемые в России меры по борьбе с браконьерством, а также постепенное введение международных правил контроля происхождения выловленной рыбы и продуктов её переработки. Однако, несмотря на все эти положительные сдвиги, в отрасли сохраняется доминирование стратегии выживания, а не развития. Степень износа флота как основы производственного потенциала отрасли давно близка к предельной и превышает 80%. Береговая переработка осуществляется преимущественно в цехах и на производственных линиях с почти 100% износом и крайне низкой степенью загрузки мощностей. При общем положительном финансовом результате по отрасли рыбопереработка остается убыточным видом деятельности. Отдельные точки роста в рекон-

струкции и модернизации рыбообработывающего производства, преимущественно наблюдаемые в некоторых приморских регионах, не меняют общей картины его технико-технологической отсталости, что негативно сказывается на конкурентоспособности продукции отечественного производства как по качеству, так и по цене и способствует активной импортной интервенции на внутренний рынок.

Наиболее эффективной формой охраны природных экосистем является государственная система особо охраняемых природных территорий – участков суши или воды, полностью или частично изъятых из хозяйственного пользования, с особым режимом охраны. Основные категории территорий следующие.

Государственные природные заповедники – участки территории, полностью изъятые из хозяйственного использования с целью сохранения естественного состояния. В России 95 таких заповедников с общей площадью 310 тыс. км² (1,53% от всей территории страны), самые крупные – Таймырский и Усть-Ленский.

Биосферные заповедники – входят в состав государственных и используются в качестве эталона при изучении биосферных процессов. 300 заповедников во всём мире работают по согласованной программе ЮНЕСКО и ведут постоянные наблюдения за изменением природной среды под влиянием антропогенной деятельности.

Национальные парки – относительно большие территории, где разрешён регулируемый туризм и отдых людей, где разрабатываются и внедряются методы сохранения природной среды в условиях массового допуска посетителей. Здесь есть зоны хозяйственного использования. В России 33 таких парка, самые известные – «Лосиный остров» (Подмосковье), «Приэльбрусье», «Валдайский» и др.

Природные парки – территории, отличающиеся особой экологической и эстетической ценностью, с мягким охраняемым режимом, используемые для организованного отдыха (например, «Русский лес» в Подмосковье).

Заказники – территории, созданные на определённый срок для сохранения или восстановления природных комплексов или их компонентов: популяции одного или нескольких видов животных или растений, природного ландшафта, водного объекта и т. д. Например, в заказнике «Венский лес» (Ленинградская область) под особую охрану взяты девственные ельники, в то же время охота и туризм не запрещены. В России 1600 заказников общей площадью 60 млн га.

Памятники природы – уникальные природные объекты, имеющие научную, экологическую, культурную, эстетическую ценность: пещеры, вековые деревья, скалы, водопады и др. В России 8000 природных памятников, на территории которых запрещена любая деятельность, нарушающая их сохранность.

Дендрологические парки и ботанические сады – коллекции деревьев и кустарников, созданные для сохранения биоразнообразия, в научных и культурно-просветительских целях.

Режим особо охраняемых природных территорий защищается законом, за нарушение которого установлена административная и уголовная ответственность. С целью введения режима особой охраны и воспроизводства редких, исчезающих видов растений и животных создана **Красная книга**. Красные книги бывают различного уровня – международная, федеральная, республиканская, областная. Их задача – инвентаризация и учёт как в глобальном масштабе, так и в отдельных странах редких и исчезающих видов.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите классификацию природных ресурсов.
2. Какие энергетические ресурсы наиболее востребованы в мире и почему?
3. Какие проблемы возникают при использовании невозобновимых топливных ресурсов?
4. Назовите первичные загрязнения атмосферы и их источники.
5. Какие атмосферные загрязнения относятся к вторичным? Каковы их источники?
6. Перечислите основных виновников загрязнения атмосферы в России.
7. Охарактеризуйте состояние атмосферы в Ивановской области.
8. В чём заключаются проблемы кислотных осадков?
9. Что такое парниковый эффект? Чем он вызывается, чем опасен?
10. Какие существуют точки зрения на причины ослабления озонового экрана?
11. Перечислите методы инженерной защиты атмосферы.
12. Назовите основные причины дефицита чистой воды на планете.
13. В чём разница между структурой потребления воды в мире и в России?

14. Охарактеризуйте факторы самоочищения водоёмов.
15. В чём состоят причины и последствия эвтрофикации водоёмов?
16. Чем опасны содержащиеся в воде тяжёлые металлы и галогенированные углеводороды?
17. Дайте определения биоаккумуляции, биоконцентрации и синергического эффекта.
18. Как образуется и чем опасно тепловое загрязнение водоёма?
19. Почему к наиболее опасным загрязнениям океана относят нефть и нефтепродукты?
20. Назовите настоящие и потенциальные источники загрязнения океана радиоактивными веществами.
21. Опишите экологические проблемы Волги и Байкала.
22. Как оценить состояние водных объектов Ивановской области?
23. Что такое замкнутое водопотребление? Какие проблемы оно решает?
24. Опишите по стадиям процесс очистки воды на городских очистных сооружениях.
25. Приведите структуру земельных ресурсов мира и России.
26. Чем вызывается и к чему ведёт эрозия почв?
27. Назовите последствия применения пестицидов для экосистем и здоровья человека.
28. В чём суть биологических методов защиты растений?
29. Как используются различные способы утилизации ТБО в мире и в России?
30. Охарактеризуйте негативные процессы в использовании земельных ресурсов Ивановской области.
31. Какие ресурсы относятся к биологическим?
32. Как различаются по составу, направлению использования и сохранности леса северного и южного поясов?
33. Где в России сосредоточены основные лесные ресурсы, каковы проблемы их использования?
34. Почему Россия потеряла лидирующее место в мире в рыбном промысле?
35. Дайте краткую характеристику основным категориям особо охраняемых территорий.
36. С какой целью была создана Красная книга и каковы её задачи?

5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕГЛАМЕНТАЦИЯ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Преодоление экологического кризиса требует определения допустимой антропогенной нагрузки на биосферу, соизмерения природных и производственных потенциалов территории, нормирования техногенных воздействий, т. е. **экологической регламентации** хозяйственной деятельности человека. Не менее важно обеспечить всесторонний и объективный контроль за выполнением экологических регламентов на глобальном, региональном и локальном уровнях.

5.1. Экологическое нормирование качества окружающей среды

Под **качеством природной среды** понимают такое состояние её экологической системы, при котором постоянно происходят обменные процессы энергии и веществ между природой и человеком на уровне, обеспечивающем воспроизводство жизни на Земле. Нормирование качества окружающей природной среды – это процесс разработки и придания юридической силы научно обоснованным нормативам в виде показателей предельно допустимого воздействия человека на природу или среду обитания.

В соответствии с Законом РФ «Об охране окружающей среды» к содержанию нормативов сформулированы следующие общие требования:

- экологическая безопасность населения;
- сохранение генетического фонда;
- обеспечение рационального использования и воспроизводства природных условий, устойчивого развития хозяйственной деятельности.

Цель этих требований – обеспечить научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов как основы общественного прогресса. Предельно допустимые нормы – это своего рода компромисс, который позволяет и развивать хозяйство, и охранять жизнь и благополучие человека.

Санитарно-гигиенические нормативы – наиболее разработанная совокупность показателей состояния компонентов окружающей среды (воздуха, воды, почвы и др.), определяемых величинами

нами уровней их загрязнения, непревышение которых обеспечивает нормальные условия жизни и безопасность для здоровья.

ПДК (предельно допустимая концентрация) – количество загрязнения в почве, воздушной или водной среде, которое при постоянном или временном воздействии на человека не сказывается на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. Различают максимально разовые и среднесуточные ПДК, а также ПДК рабочей или жилой зоны. В настоящее время установлены ПДК нескольких тысяч индивидуальных веществ в разных средах и для разных реципиентов. ПДК не являются международным стандартом и могут несколько различаться в разных странах, что зависит от методов определения и спецификации.

Интегральные нормативы качества. Если бы в компонентах окружающей среды оказалось только по одному загрязняющему веществу, то норматив в виде ПДК был бы вполне достаточным, чтобы обеспечить приемлемое качество среды. Однако в реальных условиях в воде, воздухе или почве одновременно присутствует большое количество различных загрязняющих веществ, что делает использование ПДК для контроля качества среды недостаточным. Поэтому на практике применяют различные интегральные нормативы качества, позволяющие учитывать одновременное присутствие в компонентах среды нескольких загрязняющих веществ, которые в наибольшей степени определяют (ухудшают) ее качество. Такие вещества, относящиеся к наиболее опасным для здоровья либо присутствующие в среде в очень больших концентрациях, называют *приоритетными загрязнителями*.

К интегральным нормативам относятся широко используемые в природоохранной практике индексы загрязнения атмосферного воздуха и воды. В частности, один из индексов загрязнения атмосферы учитывает до шести приоритетных загрязнителей. Другой пример интегральных нормативов связан с использованием методов биоиндикации, основанных на определении степени воздействия комплексного загрязнения на условия существования микроорганизмов, рыб и других видов живых организмов. Широко используется норматив *ЛД-50 – летальная доза загрязнения*, при которой в единицу времени погибает 50% испытуемых особей вида-индикатора.

Предельно допустимые выбросы и сбросы. Для управления качеством среды в отечественной практике разработаны и широко приме-

няются понятия *предельно допустимый выброс (ПДВ)* загрязнителей в атмосферу и *предельно допустимый сброс (ПДС)* в водоемы и почву. Предельно допустимый выброс (сброс), устанавливаемый государственными органами охраны окружающей природной среды, определяет предельную массу выбрасываемых в окружающую среду конкретных загрязнителей для каждого стационарного либо передвижного источника загрязнения. Расчет величины ПДВ (или ПДС) проводится при условии, чтобы ни в одной точке территории (или в створе реки) концентрация каждого загрязняющего вещества, обнаруживаемого в воздухе (или в водоеме), не превысила величину ПДК для каждого загрязняющего вещества. Расчеты ПДВ выполняются для каждого населенного пункта и обязательны для всех предприятий.

Нормативы предельно допустимого уровня радиационного воздействия. Под радиационным воздействием понимают частный случай ионизирующего излучения, исходящего от таких источников, как ядерные испытания, атомные реакторы, радиоактивные материалы. Этот норматив устанавливается службой санитарно-эпидемиологического надзора в величинах, которые не должны представлять опасность для здоровья человека, его генетического фонда. Естественное (космическое и земное) излучение, хотя и дает около 4/5 всей среднегодовой эквивалентной дозы облучения, растянуто во времени. Среди источников искусственного радиоактивного излучения выделяются также медицинская аппаратура, приборы и бытовая техника. Однако при условии соблюдения правил пользования и хранения они не представляют угрозы.

5.2. Экологическое нормирование качества текстильных изделий

Последние 15–20 лет все жестче ставится вопрос не только о качестве изделий из текстиля, но и об их безопасности. Это не только дань моде, но и реальная проблема. Всё, что производится человеком, особенно с применением синтетических материалов, теоретически представляет в большей или меньшей степени опасность для природы и для него самого. Это относится к текстилю и многообразным изделиям из него. Текстильный материал – композиция, основным компонентом которой являются волокна (~95%), а осталь-

ные очень важные составляющие (краситель, разнообразные текстильно-вспомогательные вещества (ТВВ), аппреты) чаще всего, как и большая часть волокон, синтетические, не имеющие аналогов в природе. Синтетические вещества, чужеродные для природы и человека, в лучшем случае инертны для них, а чаще вредны. Проблему безопасности продукции массового потребления ставят конкретные потребители, общества защиты прав потребителей и, конечно, экологи. Первые обозначают свои требования более конкретно, сводя их к безопасности товаров на стадии потребления человеком. Экологи ставят проблему шире: безопасность человека-потребителя, безопасность человека – производителя продукции, безопасность природы (стоки, выбросы в атмосферу, безопасность на стадии утилизации продукции). В развитых странах возникла договоренность по проблеме безопасности товаров между производителями, с одной стороны, и союзами защиты прав потребителей и экологов – с другой. Производители поняли, почувствовали, что затраты на решение этих проблем окупаются формированием положительного имиджа фирмы, а следовательно, и привлечением покупателей к экологически чистой продукции, то есть потребителей, готовых компенсировать повышение себестоимости и цены безопасной продукции.

Двадцать лет тому назад научно-исследовательскими текстильными институтами Западной Европы была создана сертификационная система «Экотекс», по которой добровольно работают почти 50% всех производителей и потребителей текстиля Европы. В основу этой системы, в разработке которой участвовали самые лучшие специалисты (химики-текстильщики, производители волокон, красителей и текстильно-вспомогательных веществ, медики, биохимики, экологи и др.), положены принципы безопасности текстиля. В системах сертификации произошло четкое отделение потребительского качества продукции от ее безопасности. Для текстильных материалов это разделение можно проиллюстрировать на примере устойчивости окраски. Есть красители определенного химического строения, вызывающие аллергию и даже онкологические заболевания. Несмотря на то, что с их помощью можно получить яркую и устойчивую окраску, они запрещены к применению в странах Западной Европы по причине опасности. Перечислим основные факторы, по которым текстильный материал может стать опасным для человека.

1. **Волокна.** Природные волокна сами по себе не опасны для человека, более того, они создают благоприятный микроклимат в пододежном пространстве, дышат, впитывают потовыделения, легко поглощают и теряют влагу. Но очень часто на стадии выращивания и сбора растительных волокон применяют различные химические реагенты: пестициды для выращивания хлопка, антимикробные препараты для стерилизации суровой шерсти. Эти вещества представляют опасность для человека, поэтому их содержание регулируется нормами в сертификационных системах «Экотекс». Синтетические волокна не являются вредными для человека, но и не обеспечивают комфорт при носке изделий из них и поэтому категорически не рекомендуются для изготовления детской одежды, особенно той, которая контактирует с кожей.

2. **Красители.** К началу XX века синтетические красители практически полностью вытеснили природные. Подавляющее большинство синтетических красителей не имеют аналогов в природе и уже только поэтому чужеродны человеку. Даже не будучи токсичными для человека, синтетические красители создают проблемы с очисткой сточных вод, поскольку, как и большинство синтетических веществ, очень трудно биологически расщепляются. Некоторые азокрасители из классов прямых, кислотных, активных, дисперсных оказались канцерогенными, еще более опасны продукты их восстановления – ароматические амины. Эти красители запрещены для применения в Западной Европе. Это тщательнейшим образом регулируется и контролируется системой «Экотекс».

3. **Аппретирующие вещества** являются частью текстильно-вспомогательных веществ. Они, как правило, достаточно прочно удерживаются на текстильном материале в процессе эксплуатации. К ним, как и к красителям, предъявляются жесткие требования по безопасности, поскольку многие аппретированные материалы контактируют с кожей человека и могут через кожу проникать в организм. Жесткий отбор аппретирующих препаратов по принципу безопасности отсекает все токсичные реагенты, и, как правило, с ними не возникает проблем, кроме одной. Это проблема формальдегида. **Формальдегид** – простейшее органическое вещество, весьма распространенное в природе. Он содержится в атмосфере, выделяется при дыхании животных, растений и усваивается ими, не оказывая никакого вредного воздействия в тех концентрациях, которые соответствуют обычному

содержанию формальдегида в атмосфере, где он образуется в результате сложных фотохимических превращений метана. В аппретировании текстиля формальдегид в чистом виде не используется. Но очень широко применяют формальдегидсодержащие препараты, особенно для придания устойчивости окраски, формостойкости, пониженной горючести, гидрофобности. Обработанный такими препаратами текстильный материал представляет собой «депо» формальдегида, который может отщепляться, переходить в свободную форму и выделяться в атмосферу или проникать в организм через кожу. Если содержание свободного формальдегида выше ПДК в ткани и в воздухе (эмиссия из ткани в помещение), то это достаточно опасно, вплоть до того, что может вызвать серьезные легочные заболевания. ПДК по формальдегиду строго регламентируются национальными и международными системами сертификации, в том числе «Экотекс». Особенно жесткие требования по содержанию формальдегида предъявляются к изделиям детского ассортимента. Для них рекомендуется использование аппретирующих веществ, не содержащих формальдегид.

Для контроля выполнения требований систем «Экотекс» необходима сеть аккредитованных испытательных лабораторий, оснащенных современными физико-химическими методами контроля текстиля как комплекса из волокон, красителей и ТВВ. Создание и аккредитация такой лаборатории – не дешевое дело, но они себя быстро оправдывают в странах, где без соответствия этим требованиям невозможно ни произвести, ни продать текстиль и изделия из него. В основе системы «Экотекс» лежит только принцип безопасности изделия; другие характеристики качества текстиля, не имеющие отношения к безопасности, даже не рассматриваются. Система «Экотекс» добровольно включается в контракт на поставку продукции, соответствующей ее параметрам.

Система «Экотекс» состоит из двух самостоятельных частей: «Экотекс-100» и «Экотекс-200». «Экотекс-100» содержит требования к следующим характеристикам безопасности материала: нормы содержания определенных химических веществ (ТВВ, аппретов), запрет на использование определенных веществ (красителей, аппретов), устойчивости окраски в определенных условиях, рН водной вытяжки и др. «Экотекс-200» описывает или указывает стандартные методы количественной оценки характеристик безопасности, перечисленных в «Экотекс-100». Обе части «Экотекс» (100 и 200) действуют только в

совокупности. Принципиальным, концептуальным для системы «Экотекс» является разделение всех текстильных материалов на перечисленные ниже группы в зависимости от жесткости предъявляемых к ним требований по безопасности:

- Детский ассортимент. Самые жесткие требования по содержанию «химии», вплоть до полного запрета.
- Ассортимент изделий из текстиля, большая часть поверхности которого контактирует с кожей человека (нательное и постельное белье, рубашки, блузки, брюки, юбки и т. д.). Требования жесткие.
- Ассортимент изделий, не контактирующих с кожей человека (верхняя одежда). Требования менее жесткие.
- Ассортимент изделий, используемых дома, в общественных местах, транспорте, которые создают среду постоянного или временного обитания человека. Жесткие требования по эмиссии вредных веществ в помещении.

Перечислим основные характеристики безопасности текстиля по «Экотекс-100»:

Значение pH водной вытяжки из ткани должно быть 4,0–7,5 для первых двух категорий изделий. Это обусловлено тем, что pH нашей кожи составляет 4,5–5,5. Эта область pH выдерживается и во всех косметических средствах (контакт с кожей). Для двух других категорий изделий pH = 4,0–9,0, то есть менее жесткие условия.

ПДК формальдегида в образце и его эмиссия в воздух. Эта характеристика уже обсуждалась. Требования самые высокие для детского ассортимента.

Запрет на использование *токсичных красителей*. Приведен список с номерами по Colour Index.

Устойчивость окраски к поту и слюне (для детей). Именно эти показатели устойчивости связаны с безопасностью, так как краситель, подвергающийся воздействию пото- и слюновыделения, может попасть и в организм.

ПДК тяжелых металлов, которые могут содержаться в технологической воде, в некоторых металлокомплексных красителях и попадать на ткань и в организм. Для детского ассортимента ПДК многократно меньше, чем для изделий других групп.

Содержание хлорорганических веществ контролируется очень жесткими нормами как в материале (особенно детский ассортимент), так и в воздухе (эмиссия).

Запах. Не должен ощущаться необычный запах.

В разработку системы «Экотекс» вложены огромные средства и профессионализм. Организована целостная система сертификации и аккредитации лабораторий. Наиболее цивилизованная часть производителей и потребителей мира (в первую очередь Западная Европа) широко пользуется этой системой. К сожалению, в России в настоящее время за безопасностью изделий из текстиля практически никто не следит: ни государство, ни Союз защиты прав потребителей. Опасность исходит от импорта как текстиля и одежды, так и красителей и других ТВВ для отечественных производителей, попадающих на российский рынок по неизвестным каналам из Индии, Китая и других развивающихся стран.

Причины такой ситуации следующие. Отечественный производитель не занимается проблемами экологии и безопасности текстиля из-за резкого спада производства, практического отсутствия экспорта своей продукции, особенно в развитые страны. Такое мировоззрение может дорого обойтись стране в будущем. Основная часть импорта изделий из текстиля идет по «серым» и «черным» схемам, и эта продукция не смогла бы пройти какую-либо серьезную систему сертификации. Российский Союз (ассоциация) защиты прав потребителей, работая на общественных началах, занимается и качеством, и безопасностью всех товаров – еды, алкоголя, одежды, лекарств, строительных материалов и т. д. Однако по существу он не способен справиться со всеми этими задачами, поскольку профессионально не может оценить отраслевые проблемы, не имеет инвестиций от потребителей, производителей и государства.

5.3. Экологический мониторинг

Экологический мониторинг (*monitoring* – англ. наблюдение) – комплексная система наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей природной среды под влиянием антропогенных воздействий. Объекты мониторинга: атмосфера, гидросфера, литосфера, почва, земельные, лесные, рыбные, сельскохозяйственные и другие ресурсы и их использование, биота, природные комплексы и экосистемы. В ходе мониторинга ставятся следующие цели:

– количественная и качественная оценка состояния воздуха, поверхностных вод, почвенного покрова, флоры и фауны, а также постоянный контроль стоков и выбросов на промышленных предприятиях;

– составление прогноза состояния окружающей среды и возможных его изменений;

– наблюдение за происходящими в окружающей природной среде физическими, химическими, биологическими процессами, уровнем загрязнения атмосферного воздуха, почв, водных объектов, последствиями его влияния на растительный и животный мир;

– обеспечение заинтересованных организаций и населения текущей и экстренной информацией об изменениях в окружающей природной среде.

Мониторинг ведут региональные органы гидрометеослужбы через сеть специальных станций, проводящих наземные метеорологические, гидрологические, морские наблюдения и т. п. Под эгидой ЮНЕП (United Nation Environment Programme) функционируют 344 станции по мониторингу водоемов и водотоков в 59 странах мира.

По масштабам обобщения информации различают мониторинг:

– *глобальный* – слежение за мировыми процессами и явлениями в биосфере с помощью космической, авиационной техники и ПЭВМ и составление прогноза возможных изменений на Земле;

– *национальный* – аналогичные мероприятия, осуществляемые на территории конкретной страны;

– *региональный* – охватывает отдельные регионы;

– *импактный* – проводится в особо опасных зонах, непосредственно примыкающих к источникам загрязнения, например, в зоне промышленного предприятия.

5.4. Организационные формы контроля экологической регламентации

Важным направлением экологической регламентации является контроль за соблюдением установленных нормативов. Рассмотрим некоторые организационные формы экологического контроля.

Экологическая аттестация и паспортизация предназначены для документального описания эколого-экономических характеристик объектов природоохранной деятельности – предприятий и территориально-производственных комплексов.

Экологический паспорт предприятия содержит нормативно-справочную, фактографическую и отчетную информацию о природоемкости производства. Паспорт разрабатывается с целью учета

всех видов техногенных воздействий на окружающую среду и сравнительного анализа вклада различных производственных процессов в общую природоемкость.

Экологический паспорт территории представляет собой сводную характеристику природных комплексов, социально-демографической структуры и хозяйства территории с позиций соизмерения природного и производственного потенциала. Обычно паспорт рассчитан на территорию административного района, но может быть использован и для других территориальных образований.

К паспорту прилагается картографическая информация и составляется общая экологическая карта территории. В конце документа приводится заключение об экологической ситуации, т. е. по существу экологическая аттестация территории.

Процедура ОВОС. В соответствии с существующими правилами любая предпроектная и проектная документация, связанная с какими-либо хозяйственными начинаниями, освоением новых территорий, размещением производств, проектированием, строительством и реконструкцией хозяйственных и гражданских объектов, должна содержать раздел «Охрана окружающей среды» с обязательным подразделом ОВОС, включающим материалы по *оценке воздействия на окружающую среду* намечаемой деятельности. **ОВОС** – это предварительное определение характера и степени опасности всех потенциальных видов влияния и оценка экологических, экономических и социальных последствий осуществления проекта; структурированный процесс учета экологических требований в системе подготовки и принятия решений о хозяйственном развитии.

ОВОС предусматривает вариантность решений, учет территориальных особенностей и интересов населения. ОВОС организуется и обеспечивается заказчиком проекта с привлечением компетентных организаций и специалистов. Во многих случаях для проведения ОВОС нужны специальные инженерно-экологические изыскания.

Общим итогом ОВОС является официальное «Заявление о воздействии на окружающую среду» (аналог в зарубежных процедурах ОВОС – «Заявление об экологических последствиях»). Заявление выступает как самостоятельный документ, предназначенный для органов, принимающих решения о судьбе проектов. В нем рекомендуются к утверждению те проектные решения, осуществление которых: не представляет никакой угрозы для здоровья людей с учетом

отдаленных последствий; не связано с производством экологически опасной продукции; не приведет к критическим изменениям в природной среде в период строительства, эксплуатации и ликвидации объекта. Результаты ОВОС вместе с «Заявлением о воздействии на окружающую среду» являются важнейшими документами, рассматриваемыми при экологической экспертизе.

Экологическая экспертиза – это специальное изучение хозяйственных и технических проектов, объектов и процессов с целью обоснованного заключения об их соответствии экологическим требованиям, нормам и регламентам. В соответствии с Законом РФ «Об охране окружающей природной среды» государственная экологическая экспертиза осуществляется на принципах обязательности ее проведения, научной обоснованности и законности ее выводов, независимости, вневедомственности в организации и проведении, широкой гласности и участия общественности» (ст. 35–2). Экологическая экспертиза выполняет одновременно функции перспективного предупредительного контроля проектной документации и надзора за экологическим соответствием результатов реализации проектов. Закон РФ «Об экологической экспертизе» (1995) закрепил эту область контроля и надзора за природоохранными органами.

Важным требованием к экологической экспертизе является ее *независимость*, подчинение только законам, нормам, стандартам и объективным экологическим требованиям. Заключение экологической экспертизы является юридическим документом, эксперты несут ответственность за представленные выводы. Повторная экспертиза проводится лишь в том случае, когда строго и объективно доказана серьезная ошибка экспертов. Эти высокие требования пока еще не реализованы в российской практике управления природопользованием.

5.5. Международное сотрудничество в области экологии

Природа не знает государственных границ, она всеобща и едина. Сегодня ни одна страна не в состоянии решить свои экологические проблемы в одиночку. Необходимы согласованные усилия всех государств, координация их действия на международно-правовой основе.

В развитии международного сотрудничества в области экологии выделяют три этапа.

1. На **Стокгольмской конференции ООН по охране окружающей среды** в 1972 году была принята декларация, в которой определялись стратегические цели и направления действия мирового сообщества в области охраны ОС. Был образован постоянно действующий орган ООН по окружающей среде **ЮНЕП (Программа ООН по окружающей среде)**. Следующим шагом стало подписание Заключительного акта Совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе в г. Хельсинки в августе 1975 года с участием всех европейских стран, США и Канады, где наряду с политическими вопросами обеспечения безопасности были зафиксированы проблемы экологической безопасности, определялись цели, области, формы и методы международного экологического сотрудничества. Основным достижением первого этапа развития этого сотрудничества стало признание приоритета совместного решения глобальных проблем. Однако основные усилия направлялись на преодоление последствий ухудшения экологической обстановки, а не на устранение причин.

2. Важнейшей задачей второго этапа, охватывавшего период 80–90-х годов XX века, стала разработка глобальной стратегии, направленной на устранение причин деградации природной среды. Была создана **Международная комиссия по окружающей среде и развитию (МКОСР)**, итогом работы которой стал доклад «Наше общее будущее», в котором впервые была выдвинута концепция устойчивого социально-экономического развития в равновесии с окружающей средой. Её идеи легли в основу целого ряда международных договоров и соглашений: **Венского протокола 1986 года** о снижении выбросов углеводородов и других загрязнителей; **Монреальского протокола 1987 года** о защите озонового слоя; **Гаагской декларации 1989 года**, в которой подчеркивалось, что глобальные проблемы требуют создания новой организации в ООН, наделенной правом принимать решения даже при отсутствии единогласия и налагать штрафы за нарушение международных соглашений.

3. В июне 1992 года в **Рио-де-Жанейро** собрали самый большой экологический форум XX века – **Конференцию ООН по окружающей среде и развитию**. Встретились 114 глав государств и представители 1600 неправительственных организаций. Важнейшим достижением конференции было признание следующих фактов:

- проблемы ОС (окружающей среды) и экономического развития не могут рассматриваться отдельно;
- государства должны сотрудничать с целью сохранения, защиты и восстановления здоровья и целостности экосистем Земли;
- мир, развитие и защита ОС взаимосвязаны и неразделимы.

В декабре 1997 года представители 159 государств собрались на Всемирном экологическом форуме в Киото, проходившем под эгидой ООН. **Киотский протокол** зафиксировал обязательства стран Европейского союза сократить общие выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду в 2008–2012 годах на 8% по сравнению с 1990 годом. США оговорили для себя рубеж в 7%, а Япония – в 6%. Несмотря на свою неоднозначность, Киотский протокол был подписан 40 странами, но не все его ратифицировали. Отказ стран участвовать в Киотском соглашении объясняется тем, что выгоды по предотвращению климатических изменений ожидаются только в долгосрочной перспективе, а издержки станут ощутимы сразу же. Другим аргументом выступает научная неопределенность. До сих пор нет единого мнения, происходит ли в действительности глобальное потепление и насколько оно обусловлено антропогенными воздействиями, в том числе выбросами в атмосферу парниковых газов. В этой связи возникает вопрос: насколько оправданы экономические затраты на решение проблемы, масштаб последствий которой еще до конца не ясен?

На современном этапе международного сотрудничества в сфере экологии межгосударственная кооперация продолжает активно развиваться. К настоящему времени насчитывается свыше 1600 многосторонних конвенций и соглашений и свыше 3000 двусторонних договоров, частично или полностью посвященных охране природной среды. Проблем достаточно много. В большинстве своем они упираются в финансовые затраты. Рыночные механизмы реализуются в недостаточной степени (не решены вопросы оплаты за загрязнение окружающей среды), финансирование многочисленных экологических программ и проектов зачастую оказывается под угрозой.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое экологическая регламентация хозяйственной деятельности человека?
2. Что понимают под качеством природной среды?
3. Какие требования предъявляются к нормативам качества окружающей среды?
4. Дайте определение ПДК.
5. Что такое интегральные нормативы качества ОС?
6. Чем различаются между собой понятия предельно допустимого выброса (ПДВ) и предельно допустимого сброса (ПДС)?
7. Как проводят расчет величин ПДВ и ПДС?
8. Для каких источников излучения вводятся нормативы предельно допустимого уровня радиационного воздействия?
9. С какой целью создана сертификационная система «Экотекс»?
10. Как в натуральные волокна попадают опасные вещества?
11. По какому принципу разделены на группы текстильные материалы в системе «Экотекс»?
12. Перечислите основные характеристики безопасности текстиля согласно стандарту «Экотекс-100».
13. Назовите причины, по которым в России не уделяют должного внимания безопасности текстильных изделий.
14. Дайте определение экологического мониторинга.
15. Перечислите объекты экологического мониторинга.
16. Каковы цели экологического мониторинга?
17. Приведите классификацию экологического мониторинга по масштабам обобщения информации.
18. Назовите организационные формы экологического контроля и дайте каждой из них определение.
19. Охарактеризуйте кратко основные этапы международного сотрудничества в области охраны ОС.

6. ЭКОЛОГИЗАЦИЯ

6.1. Общие принципы экологизации

Экологизация – это процесс внедрения технологических, управленческих и правовых методов, позволяющих повысить эффективность использования природных ресурсов и сохранить при этом качество окружающей среды. Рассмотрим основные направления экологизации.

Снижение природоёмкости производств предусматривает ограничение общего количества изымаемых ресурсов и при этом глубокую разработку месторождений с целью более полного извлечения полезных компонентов из сырья. В производстве товаров должны стимулироваться все средства экономии ресурсов. Ресурсную базу экономики необходимо постепенно переключать с невозобновимых на возобновимые ресурсы.

Кооперирование разных производств с целью максимального использования отходов в качестве вторичных ресурсов; создание производственных объединений с высокой замкнутостью материальных потоков сырья, продукции и отходов. Принцип комплексного использования природных ресурсов и концентрации производства заключается в том, что на базе имеющихся в данном экономическом районе сырьевых и энергетических ресурсов создавать территориально-производственные комплексы, которые позволят более полно использовать указанные ресурсы и тем самым снизить вредную нагрузку на окружающую среду. Такие территориально-производственные комплексы имеют специализацию, сконцентрированы на определенной территории, обладают единой производственной и социальной инфраструктурой (коммуникациями, потоками вещества и энергии, системой здравоохранения, сферой культуры). Примером может служить Канско-Ачинский теплоэнергетический комплекс (КАТЭК), базирующийся на крупных залежах углей. Такие территориально-производственные объединения создают предпосылки для развития комплексных энерго- и ресурсосберегающих производств, для максимально возможной утилизации отходов и использования вторичных продуктов. Естественно, что эти объединения тоже оказывают вредное влияние на окружающую среду, но за счет комплексного

использования ресурсов, концентрации производства, оптимизации природопользования это воздействие существенно снижается. При этом увеличиваются вложения в компенсационные мероприятия с целью снижения наносимого природе ущерба.

Применение новых, более совершенных ресурсосберегающих и малоотходных технологий. Полностью безотходную технологию нельзя создать ни практически, ни теоретически. Подобно тому, как энергию нельзя полностью перевести в полезную работу в соответствии со вторым законом термодинамики, так и сырье невозможно полностью перевести в полезный экологически безопасный продукт. Другими словами, полностью безотходная технология – идеальная система, а более реальной является так называемая малоотходная технология – такой способ производства продукции, когда вредное воздействие на окружающую среду доведено до санитарно-гигиенических норм и соответствующих предельно допустимых концентраций. Иногда используют понятие «экологически чистая технология», подразумевая такой метод производства продукции, при котором сырье и энергию применяют настолько рационально, что объемы выбрасываемых в окружающую среду загрязняющих веществ и отходов сведены к минимуму. Одним из примеров малоотходных технологических процессов служит порошковая металлургия, которая позволяет создавать материалы и изделия с особыми, уникальными свойствами, иногда вообще недостижимыми при других технологиях. Если при металлообработке литья и проката уходит в стружку до 60–70% металла, то при изготовлении деталей из пресс-порошков потери материалов не превышают 5–7%. Преимущества порошковой металлургии выражаются не только в экономии черных металлов и других дефицитных материалов, но и в снижении загрязнения атмосферы и воды, характерного для обычных металлургических процессов.

Разработка и внедрение эффективных систем очистки выбросов и утилизации отходов предусматривает создание технологий по улавливанию отходов с последующим использованием их в качестве вторичного сырья. Циклы реутилизации вторичного сырья включают производство различных изделий, сжигание органических отходов с получением полезной энергии, переработку мусора в компост, получение биогаза, обеспечение биотехнологий и др.

Важным и эффективным экономическим стимулом рационального природопользования является изменение ценообразования. В себестоимость товаров и услуг должна включаться плата за потребление природных ресурсов и за вредные воздействия на их состояние в процессе производственно-хозяйственной деятельности. Так, в себестоимость автомобиля должны войти платежи за загрязнение среды всех производств, участвовавших в создании и обеспечении использования этого транспортного средства, начиная с добычи руды, химического сырья, нефти и кончая сборкой, покраской и заправкой. Более того, в стоимость самого автомобиля и его обслуживания, в стоимость запчастей, горючего и масел должна войти цена того ущерба, который причиняется эксплуатацией автомобиля – химическим, физическим загрязнением среды и риском для здоровья и жизни людей.

Одна из труднейших проблем экологизации – изменение структуры и стереотипа потребностей людей. Безграничность и неутолимость материальных потребностей очень трудно преодолеть. Но к этому необходимо стремиться, иначе экологизация экономики будет не только мучительной, но и невозможной. Необходим отказ человечества от наиболее факультативных потребностей, обеспечение которых обладает высокой природоёмкостью. Самым ярким примером этого является владение автомобилем. Престиж обладания новым легковым автомобилем часто намного важнее потребности в перемещении. Получается, что значительная часть ресурсов, работы разных отраслей промышленности и сервиса, добычи и переработки нефти, затрат на маркетинг, как и значительная часть загрязнения среды и ущерба здоровью людей, – всего, что связано с производством и эксплуатацией автомобилей, идет на удовлетворение плохо мотивированной прихоти. Некоторые считают, что выход – в добровольном отказе от излишеств, в подобию потребительского аскетизма. Но в большинстве случаев ограничение потребностей связано не столько с внутренними независимыми побуждениями людей и с пропагандой, сколько с экономическими обстоятельствами. Выше показано, какое участие в этом может принять новая система ценообразования. Полная компенсация всех источников ущерба от производства и эксплуатации очень существенно повысит стоимость автомобиля и стоимость владения им, а в итоге значительно снизит покупательский спрос.

6.2. Экологизация отделочного производства текстильной отрасли

Из всех предприятий текстильной промышленности наибольшую нагрузку на окружающую среду оказывает отделочное производство. Это производство является химико-технологическим со всеми вытекающими отсюда отрицательными для экологической ситуации последствиями. При его работе используется несколько тысяч индивидуальных органических красителей и текстильно-вспомогательных веществ (ТВВ), значительная часть которых (10–30%) поступает в промышленные сточные воды. Суточный расход красителей на крупном отделочном предприятии при его полной загрузке составляет более 1000 кг, из которых не менее 25% сбрасывается в производственные стоки и загрязняет природные водоемы. Помимо этого, отделочные фабрики пополняют суммарные газовые выбросы в зоне их производственной деятельности оксидами серы и азота, сероводородом, аммиаком, хлором, формальдегидом. Текстильно-отделочное производство в России более ресурсоемко, чем в Европе: на отделку 1 кг текстиля расходуется 200–300 л воды, 45–55 кВт·ч электроэнергии, что в 2–3 раза превышает среднеевропейские показатели. Очевидно, создание и применение ресурсосберегающих малоотходных технологий в отделке текстильных материалов является актуальной задачей.

Самый большой расход воды в отделочном производстве идет на операции промывки, которые сопровождают подавляющее число процессов отделки: отварку, беление, мерсеризацию, крашение, печатание и т. д. Экономии воды здесь можно достичь несколькими путями. Самый простой – жёсткий контроль расходования воды. Практика показывает, что такие несложные организационные мероприятия, как установка на промывном оборудовании водомерных счётчиков, автоматическое отключение воды при останове линии, позволяют экономить до 20–30% воды на отечественных предприятиях. Другой путь – организация в промывке системы противотока, которая предусматривает подачу воды только в последнюю промывную ванну, из которой она направляется к первой самотёком навстречу движущейся ткани. Кардинальным решением проблем является использование принципиально отличных технологий отделки,

базирующихся на неводных средах. В этом случае достигается не только экономия воды, но и экономия электроэнергии. Поскольку основной её расход в отделке идёт на процессы сушки, то необходимость в ней отпадает по причине отсутствия воды в материале. Существует целый ряд безводных технологий, основанных на применении органических растворителей, жидкого аммиака, сверхкритического диоксида углерода. Однако, несмотря на их оригинальность и достаточно высокую эффективность, они не нашли широкого практического применения по причине отсутствия специального оборудования, трудности регулирования технологических параметров, токсичности используемых химических веществ. Более приемлемой является пенная технология. Она возникла и совершенствовалась в промышленно развитых странах в период обострения энергетического и экологического кризисов мировой промышленной системы в 70-е годы прошлого столетия. Сущность пенной технологии отделки состоит в замене большей части жидкости в отделочных средах на воздух, вследствие чего резко снижается влагосодержание обработанного материала и, соответственно, сокращается расход тепла и энергии на удаление влаги в процессах тепловой обработки. Реализация пенной технологии отделки позволяет также существенно сократить объем промышленных сточных вод, повысить общую безопасность производства.

Другим направлением эффективного построения экотехнологий отделки текстильных материалов является совмещение отделочных процессов. Это позволяет значительно экономить расходы воды, энергии, оборудование, производственные площади и трудозатраты. Разработаны совмещённые процессы отварки и мерсеризации, мерсеризации и крашения, огнестойкой и малосминаемой отделки и ряд других.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение экологизации.
2. Что такое природоёмкость производства?
3. Какую цель преследует создание производственных объединений?
4. Что означает высокая замкнутость материальных потоков сырья, продукции и отходов?
5. Возможно ли создание безотходных технологий?
6. Какие технологии относятся к малоотходным?
7. Назовите примеры реутилизации вторичного сырья.
8. Какова роль ценообразования в экологизации производства?
9. Как материальные потребности человека тормозят экологизацию?
10. Каковы пути преодоления факультативных потребностей человека?
11. Почему отделочное производство оказывает наибольшую нагрузку на ОС из всех текстильных предприятий?
12. Какие природные ресурсы наиболее востребованы в отделочном производстве?
13. Назовите пути снижения расходов воды и энергии в процессах отделки текстильных материалов.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Абиотические факторы – факторы неживой природы (космические, геофизические, климатические, пространственные, временные и т. п.), оказывающие прямое или косвенное влияние на живые организмы.

Абсорбция – поглощение вещества всей массой (объемом) поглощающего тела (другого вещества): газа – жидким или твердым веществом, любого загрязнителя – им же.

Автотрофы – организмы, способные синтезировать органическое вещество из диоксида углерода, воды и минеральных солей. Источником энергии для биосинтеза служит свет (у фотоавтотрофов) или окисление ряда неорганических веществ (у хемоавтотрофов).

Агроценоз – сообщество организмов, культивируемых в сельском хозяйстве и сопутствующих им.

Адаптация – процесс и результат приспособления организмов к условиям существования. Различают видовую (генотипическую) адаптацию, происходящую в ряде поколений и связанную с процессом видообразования, и индивидуальную (фенотипическую) адаптацию (*акклимацию*), происходящую в пределах индивидуального развития организма и не затрагивающую его *генотип*.

Адсорбция – поглощение вещества из раствора или газа поверхностными слоями жидкости или твердого тела (называемых адсорбентами); играет важную роль в биологических процессах, а также в процессах очистки веществ и природоохранных технологиях.

Акклиматизация – приспособление организмов к измененным, новым климатогеографическим условиям существования.

Аменсализм – тип межвидовых отношений, при котором в совместной среде один вид организмов подавляет существование другого вида, не испытывая противодействия.

Анабиоз – временная полная приостановка жизнедеятельности организма, связанная с наступлением неблагоприятных условий или с особой фазой индивидуального развития.

Анаэробы – организмы, живущие при отсутствии свободного кислорода.

Антропогенез – исторический процесс происхождения, возникновения и развития человека.

Антропогенные факторы – факторы, возникшие в результате человеческой деятельности.

Ареал – область распространения систематической группы организмов – *популяции*, вида и т. п.

Аэротенк – искусственное сооружение в виде проточного резервуара для биологической очистки сточных вод от органических загрязнителей путем окисления их микроорганизмами, находящимися в аэрируемом слое.

Биоаккумуляция – накопление веществ (техногенных загрязнителей) в организмах возрастающих трофических уровней.

Биоген – питательное вещество; биогены, биогенные элементы – незаменимые химические элементы, из которых состоит вещество живых организмов: углерод, водород, кислород, азот, сера, фосфор.

Биогеохимический цикл – круговорот химических элементов из неорганических соединений через растительные и животные организмы (органические вещества) вновь в исходное состояние. См. *Биотический круговорот*.

Биогеоценоз – наземная *экосистема*, объединяющая на основе обмена веществ, энергии и информации сообщество живых организмов (*биоценоз*) с пространственной совокупностью абиотических условий (*биотопом*).

Биоинтервал фактора – участок диапазона изменений (градиента) какого-либо количественного фактора среды, в пределах которого возможно существование организма данного вида.

Биом – совокупность *экосистем* со сходным типом растительности, расположенных в одной природно-климатической зоне (тундра, тайга, степь, дождевой тропический лес, пустыня и т. п.).

Биосфера – глобальная *экосистема*, особая активная «оболочка» Земли, состав, строение и энергетика которой определяются деятельностью живых организмов.

Биота – любая пространственная совокупность всех живых организмов, безотносительно к категории сообщества (например, биота экосистемы, биота суши, биота океана, биота биосферы).

Биотические факторы – все формы воздействия организмов друг на друга.

Биотический круговорот – круговорот биогенных элементов и вовлекаемых ими других веществ в экосистемах, в биосфере между их биотическими и абиотическими компонентами. Важнейшей чертой биосферного биотического круговорота является высокая степень замкнутости.

Биотический потенциал – 1) совокупность свойств популяции, вида, определяющих возможность увеличения численности и области распространения в данных условиях; 2) то же, что и репродукционный потенциал.

Биотоп (экогон) – относительно однородное по абиотическим факторам среды пространство, занятое данным биоценозом.

Биоценоз – сообщество взаимодействующих организмов разной систематической принадлежности, совместно обитающих на каком-либо участке суши или водоема; население биотопа.

Газы парниковые – газообразные вещества, попадающие в атмосферу и создающие парниковый эффект: пары воды, углекислый газ, метан, окислы азота, летучие углеводороды и др.

Генотип – совокупность генов организма.

Генофонд – совокупность генотипов всех особей популяции, вида.

Гетеротрофы – организмы, питающиеся готовыми органическими веществами.

Гомеостаз – способность организма или системы организмов поддерживать постоянство функциональных характеристик в изменяющихся условиях среды.

Демографический взрыв – резкое увеличение скорости роста численности населения Земли в XX веке.

Детрит – мертвое органическое вещество, продукты выделения и распада организмов.

Детритофаги – организмы, питающиеся детритом (син. сапрофаги).

Емкость среды – количественная характеристика совокупности условий, ограничивающих рост численности популяции.

Закон минимума (Ю. Либих): биотический потенциал (жизнеспособность, продуктивность организма, популяции, вида) лимитируется тем из факторов среды, который находится в минимуме, хотя все остальное условия благоприятны. См. Закон толерантности.

Закон толерантности (В. Шелфорд): факторы среды, имеющие в конкретных условиях пессимальное (неблагоприятное – как минимальное, так и избыточное) значение, которые ограничивают возможность существования вида в данных условиях, вопреки и несмотря на оптимальное сочетание других отдельных условий.

Зоофаги – плотоядные организмы, питающиеся животными других или своих (каннибализм) видов.

Канцерогены – вещества или физические агенты, способные вызвать развитие злокачественных новообразований или содействовать их возникновению.

Кислотные осадки – атмосферные осадки (дождь, снег, туман), содержащие техногенные примеси, из-за которых их кислотность превышает нормальный уровень, т. е. рН ниже 5,6.

Комменсализм – тип межвидовых отношений, сожительства (симбиоза), при котором в совместной среде организмы одного вида безответно получают пользу от присутствия организмов другого вида.

Консументы – гетеротрофные организмы (в основном животные), потребляющие органическое вещество других организмов: растений (растительноядные – *фитофаги*) и животных (плотоядные – *зоофаги*).

Метаболизм – обмен веществ и энергии в организме, биологической системе.

Мониторинг экологический – слежение за качеством всех составляемых окружающей среды и состоянием биологических объектов.

Мутация – изменение в генетическом аппарате организма, приводящее к наследуемому изменению признаков или к гибели организма.

Мутуализм – тип межвидовых взаимоотношений, когда оба сожительствающих организма извлекают взаимную пользу.

Нитрифицирующие бактерии – бактерии, превращающие аммиак и аммонийные соли в нитраты.

Ниша экологическая – комплекс факторов, которые требуются для существования вида, включая его связи с другими видами в сообществе.

Озоновый экран – слой атмосферы, отличающийся повышенной концентрацией молекул озона (O₂), поглощающих коротковолновое ультрафиолетовое излучение Солнца, опасное для живых организмов.

Опустынивание (аридизация) – процесс обеднения растительного покрова, связанный со стойким уменьшением увлажнения территории, превращением ее в аридную зону.

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) – экспертная процедура, предназначенная для определения (прогнозирования) возможных воздействий строительства, пуска, эксплуатации (включая аварийные ситуации) и ликвидации хозяйственного объекта на состояние окружающей среды, целостность природных систем и здоровье людей.

Парниковый эффект – повышение температуры атмосферы из-за увеличения содержания в ней парниковых газов, приводящего к чрезмерному поглощению воздухом теплового излучения Земли.

Пестициды – синтетические вещества, используемые для защиты растений, животных, сельскохозяйственной продукции от угнетающих и повреждающих влияний других организмов – сорняков (гербициды), насекомых (инсектициды), грибков (фунгициды) и др.

Пирамида экологическая (трофическая) – графическое изображение количественных соотношений между трофическими уровнями *биоценоза* – *продуцентами*, *консументами* (отдельно каждого уровня) и *редуцентами*, выраженное в их численности (пирамида чисел), биомассе (пирамида биомасс) или энергии (пирамида энергий).

Пищевая (трофическая) цепь – перенос вещества и энергии между членами *биоценоза*, представляющими различные трофические уровни, при поедании последующим членом цепи предыдущего.

Поллютанты – техногенные загрязнители среды: воздуха (аэрополлютанты), воды (гидрополлютанты), почвы (терраполлютанты).

Популяция – совокупность особей одного биологического вида, населяющих пространство с относительно однородными экологическими условиями, имеющих общий *генофонд* и возможность свободно скрещиваться.

Продуценты – автотрофные организмы (в основном – зеленые растения), образующие первичную продукцию органических веществ.

Регенерация отходов – использование полезных компонентов, заключенных в отходах, для новых технологических циклов (обычно другого типа, чем ранее проходившие).

Редуценты – гетеротрофные организмы (бактерии и грибы), завершающие распад органических соединений до простых неорга-

нических веществ: воды, диоксида углерода, сероводорода и солей.

Рекультивация – комплекс мер, направленный на восстановление ранее нарушенного природного ландшафта, а также продуктивности нарушенных земель.

Рекуперация отходов – технологический процесс обработки отходов с целью повторного использования их компонентов, как правило, в том же технологическом процессе, где произошло образование отходов.

Серобактерии (тиобактерии) – бактерии, окисляющие восстановленные соединения серы.

Стенобионты (стеноэки) – организмы, нормальное существование которых возможно в узких пределах изменений экологических условий: температуры (стенотермы), влажности (стеногидридные организмы), выбора пищи (стенофаги) и т. д.

Стресс – состояние физиологического напряжения организма, совокупность реакций, возникающих в ответ на внешние воздействия, нарушающие *гомеостаз*.

Сукцессия – направленная и непрерывная последовательность изменений видового состава организмов в данном местообитании.

Урбанизация – рост и развитие городов, преобразование сельской местности в городскую, миграция сельского населения в города, увеличение роли городов в жизни общества.

Фенотип – совокупность генетически определяемых признаков и свойств организма.

Фитопланктон – совокупность микроводорослей, мелких растительных организмов, обитающих в толще воды.

Фитофаги – растительноядные животные.

Хемосинтез – синтез органических веществ у хемоавтотрофных бактерий, использующих в качестве источника энергии окисление некоторых неорганических веществ.

Эврибионты (эвриэки) – организмы, существующие в широких пределах изменений экологических условий: температуры (эвритермы), влажности (эвригидридные организмы), выбора пищи (эврифаги) и т. п.

Эвтрофикация водоемов – чрезмерное обогащение водной среды питательными веществами.

Эдафон – совокупность животного населения почвы.

Экосистема (экологическая система) – совокупность совместно обитающих разных видов организмов и условий их существования, находящихся в закономерной взаимосвязи друг с другом.

Эктотермы – организмы, температура тела которых мало отличается от температуры среды обитания и следует за ее изменениями: низшие организмы, растения, холоднокровные животные.

Эмиссия (в экологии) – выпуск, испускание каких-либо веществ, побочных продуктов производства.

Эндотермы – теплокровные животные – птицы и млекопитающие, способные с помощью внутренних механизмов терморегуляции поддерживать относительно постоянную температуру тела, в определенных пределах не зависящую от температуры среды.

Эрозия почвы – разрушение (смыв, размыв, выдувание) плодородного слоя почвы талыми, ливневыми водами и ветрами.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Акимова, Т.А. Экология – Человек – Экономика – Биота – Среда / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. – М.: ЮНИТИ–Дана, 2007.
2. Введение в экологию: метод. указ. / сост. Л.В. Красухина, С.А. Никольская. – Иваново, 2002.
3. Вернадский, В.И. Биосфера / В.И. Вернадский. – М.: Мысль, 1967.
4. Гиляров, А.М. Популяционная экология / А.М. Гиляров. – М.: МГУ, 1990.
5. Охрана окружающей среды и рациональное природопользование / В.И. Гриневич [и др.]. – Иваново: ИГХТУ, 1995.
6. Коробкин, В.И. Экология / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – Ростов н/Д.: Феникс, 2003.
7. Красухина, Л.В. Биота: учеб. пособие / Л.В. Красухина, С.А. Никольская. – Иваново: ИГТА, 2005.
8. Кричевский, Г.Е. Экологические проблемы отделочного производства / Г.Е. Кричевский // Текстильная химия. – 1996. – № 1 (8). – С. 28–38.
9. Небел, Б. Наука об окружающей среде / Б. Небел. – М.: Мир, 1993. – Т. 1, 2.
10. Одум, Ю. Экология / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986.
11. Охрана окружающей среды: учеб. для вузов / под ред. С.В. Белова. – М.: Высш. шк., 1991.
12. Протасов, В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: учеб. и справ. пособие / В.Ф. Протасов. – М.: Финансы и статистика, 1995.
13. Реймерс, Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы / Н.Ф. Реймерс. – М.: Россия молодая, 1994.
14. Стадницкий, Г.В. Экология: учеб. пособие для вузов / Г.В. Стадницкий, А.И. Родионов. – СПб.: Химия, 1997.
15. Степень, Р.А. Экология. Экологические проблемы товарооборота / Р.А. Степень, В.Н. Паршикова. – М.: Академия, 2004.
16. Экология и безопасность: справ.: в 3 т. / под ред. Н.Г. Рыбальского. – М., 1993.
17. Экология: метод. указ. / сост. В.В. Васильев, С.А. Никольская, Л.В. Красухина, Н.И. Зуева. – Иваново, 2004.

Дополнительная литература

1. Окружающая среда в Ивановской области / В.И. Гриневич [и др.] // Экология и промышленность. – 1999. – № 6–7.
2. Медоуз, Д.Х. За пределами роста: учеб. пособие / Д.Х. Медоуз, Д.Л. Медоуз, И. Рандерс. – М.: Прогресс-Пангея, 1994.
3. Моисеев, Н.Н. Человек и ноосфера / Н.Н. Моисеев. – М.: Молодая гвардия, 1990.
4. Невский, А.В. Анализ и синтез водных ресурсосберегающих химико-технологических систем / А.В. Невский. – М.: Наука, 2004.
5. Николаева, М.А. Товарная экспертиза / М.А. Николаева. – М.: Деловая литература, 1998.
6. Новиков, Ю.В. Экология, охрана окружающей среды и человек: учеб. пособие для вузов / Ю.В. Новиков. – М.: ФАИР, 1998.
7. Протасов, В.Ф. Экология: термины и понятия. Стандарты и сертификация / В.Ф. Протасов. – М.: Финансы и статистика, 2001.
8. Степановских, А.С. Общая экология / А.С. Степановских. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.
9. Степановских, А.С. Охрана окружающей среды / А.С. Степановских. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.
10. Об охране окружающей природной среды: федер. закон РФ от 10.01.2002 // Зеленый мир. – 2002. – № 7–8.

О Г Л А В Л Е Н И Е

<i>Введение</i>	3
I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ	5
1. БИОТА	5
1.1. Отличие живого от неживого. Уровни организации живой материи	5
1.2. Организмы	6
1.3. Популяции	8
1.3.1. Статические характеристики популяции	9
1.3.2. Динамические характеристики популяции	13
1.4. Экосистемы	16
1.4.1. Поток энергии в экосистеме. Трофическая цепь	18
1.4.2. Продуктивность экосистем. Правило пирамиды	20
1.4.3. Закономерности экосистем	23
1.4.4. Стабильность экосистем и их естественное развитие	23
1.5. Биосфера	26
1.5.1. Структура биосферы	26
1.5.2. Эволюция биосферы	28
1.5.3. Функции биосферы	32
1.5.4. Круговорот веществ в биосфере	34
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	38
2. СРЕДА	40
2.1. Факторы среды	40
2.1.1. Общие закономерности действия экологических факторов. Диаграмма выживания	41
2.1.2. Закон лимитирующих факторов	45
2.1.3. Общие закономерности действия биотических факторов	47
2.1.4. Адаптация организмов к неблагоприятным условиям среды	49
2.2. Важнейшие ресурсы биосферы	51
2.2.1. Энергетические ресурсы	51
2.2.2. Атмосфера	53
2.2.3. Вода	57
2.2.4. Почва	65
2.2.5. Живые организмы как среда жизни	74
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	76
3. ЧЕЛОВЕК	78
3.1. Происхождение и эволюция человека	78
3.2. Экологическая ниша человека	81

3.3. Среда жизни современного человека	83
3.4. Характеристика популяции современного человека	85
3.5. Демографическая проблема	86
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	<i>90</i>
II. ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ	91
4. СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ИХ ЗАЩИТА	91
4.1. Энергетические ресурсы и проблемы их использования	92
4.1.1. Загрязнение атмосферы	93
4.1.2. Глобальные экологические проблемы, вызванные загрязнением атмосферы	97
4.1.3. Инженерная защита атмосферы	101
4.2. Водные ресурсы	103
4.2.1. Источники и последствия загрязнения воды	104
4.2.2. Загрязнение вод России	110
4.2.3. Инженерная защита водных объектов	114
4.3. Земельные ресурсы и их защита	117
4.4. Биоресурсы и их защита	122
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	<i>127</i>
5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕГЛАМЕНТАЦИЯ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	129
5.1. Экологическое нормирование качества окружающей среды	129
5.2. Экологическое нормирование качества текстильных изделий	131
5.3. Экологический мониторинг	136
5.4. Организационные формы контроля экологической регламентации	137
5.5. Международное сотрудничество в области экологии	139
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	<i>142</i>
6. ЭКОЛОГИЗАЦИЯ	143
6.1. Общие принципы экологизации	143
6.2. Экологизация отделочного производства текстильной отрасли	146
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	<i>148</i>
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ	149
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	156

Учебное издание

Никольская Светлана Августовна

ЭКОЛОГИЯ

Научный редактор В.В. Васильев

Редактор О.Р. Ростов

Компьютерная верстка С.Б. Евстигнеевой

Дизайн обложки С.П. Поповой

Подписано в печать 28.04.2015. Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Бумага писчая.
Плоская печать. Усл. печ. л. 9,3. Уч.-изд. л. 7,0. Тираж 100 экз. Заказ №

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

Издательский центр ДИВТ

153000, г. Иваново, Шереметевский проспект, 21

Отпечатано в ОАО «Информатика»

153032 г. Иваново, ул. Ташкентская, 90