

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Департамент научно-технологической политики и образования  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Донской государственный аграрный университет»

## **ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ**

Учебное пособие

Персиановский

2019

УДК 664 (075.8)

ББК 36.9

П 81

Рецензенты: **Алексеев А.Л.**, д-р биол. наук., профессор каф. пищевых технологий Донского ГАУ;  
**Колосова М.А.**, к. с.-х. наук, доцент кафедры разведения сельскохозяйственных животных и зоогигиены им. академика П.Е. Ладана

П 81 Промышленная экология : учебное пособие / сост.: Н.В. Широкова, Я.П. Сердюкова ; Донской ГАУ. – Персиановский : Донской ГАУ, 2019. – 193 с.

Учебное пособие содержит краткую информацию об основных средах жизни, жизненных формах организмов, отрицательных последствиях действия антропогенного фактора и их оценке, знакомит с основными методами исследования и их применением для оценки качества окружающей среды, способами улучшения экологической обстановки. Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений направления подготовки 19.03.03 Продукты питания животного происхождения, 19.03.01 Биотехнология, 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания.

УДК 637.1 (075)

ББК 36.95

Утверждено методическим Советом биотехнологического факультета (протокол № 9 от 25.04. 2019 г.)

Рекомендовано к изданию методическим Советом университета (протокол № 4 от 30.05 2019 г.)

© ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2019

© Широкова Н.В., Сердюкова Я.П., составление, 2019

## **ВВЕДЕНИЕ**

Овладение минимумом экологических знаний, необходимых для формирования экологической культуры граждан, является обязательным требованием к подготовке специалистов любого направления. В этом плане закономерна необходимость повышения грамотности выпускников сельскохозяйственных вузов в вопросах охраны окружающей природной среды и рационального природопользования.

Оптимизация взаимоотношений человека с природой рассматривается как необходимое условие существования человека с различными взаимоотношениями, которые должны проявляться в минимальном ущербе живым организмам и неживой природе. Появление на нашей планете экологических катастроф говорит о необходимости, по уменьшению выбросов вредных веществ в окружающую среду и ее загрязнения, созданию малоотходных и безотходных технологий, охраны природы. Большое значение имеет экологическое воспитание и образование людей. Многие просто не знают о надвигающейся беде и тех отрицательных последствиях, которые вызываются загрязнением окружающей среды. [1,2]

Характерной чертой экологии является то, что она является междисциплинарной наукой. По мере своего развития и освоения человеком новых дисциплин экологические знания должны подниматься по спирали вверх.

## **1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ**

**1.1 Промышленная экология.** Известный американский эколог Ю. Одум еще в 1963 г. назвал экологию наукой о строении и функциях природы в целом, а в его фундаментальной «Экологии» (1986) она трактуется уже как – междисциплинарная область знания об устройстве и функционировании многоуровневых систем в природе и обществе в их взаимосвязи. К основным разделам современной экологии относятся:

- общая экология;
- биоэкология; – геоэкология;
- экология человека;
- социальная экология;
- прикладная экология.

Прикладная экология – большой комплекс дисциплин, связанных с различными областями человеческой деятельности и взаимоотношений между человеческим обществом и природой. Одним из разделов прикладной экологии является инженерная экология, которая занимается изучением и разработкой инженерных норм и средств, отвечающих экологическим требованиям. [3]

Основные из них:

- контроль и регламентация материально-энергетических потоков производства и техногенных эмиссий от различных инженерных объектов;
- экологическая безопасность производственной и внепроизводственной среды, производственных процессов, сооружений, машин и изделий;
- контроль состояния производственной среды и окружающей человека среды в зонах воздействия хозяйственных объектов;
- оптимизация отраслей структуры промышленных комплексов и размещения мощностей строительства и эксплуатации гражданских и хозяйственных объектов.

В рамках вышеперечисленного, **промышленная экология** – дисциплина, рассматривающая воздействие промышленности от отдельных предприятий до техносферы на природу и, наоборот, влияние природной среды на функционирование предприятий и их комплексов. По выражению Н. Ф. Реймерса, экология «выросла из коротких штанишек, надетых на нее Э. Геккелем», но еще не удостоилась «нового костюма» – научного признания, соответствующего ее общественной значимости. Проблема защиты окружающей среды – одна из важнейших задач современности. Однако это не одно и то же, что и защита природы. Конечная цель охраны окружающей среды и охраны природы одна и та же: сохранение здоровья и благополучия людей.

Термин "экология" (буквально от греч. oikos — жилище, местопребывание, дом и logos— наука) был предложен Эрнстом Геккелем в 1866 г. Это наука, изучающая организацию и функционирование систем различных уровней. В настоящее время современная экология изучает также взаимодействия человека и биосферы, производства с окружающей его природной средой и другие проблемы.

В зависимости от объекта и предмета исследований, экология подразделяется как:

1. Часть биологии, изучающая отношения организмов (особей, популяций, биоценозов и т. п.) между собой и окружающей средой, называется биоэкологией.
2. Дисциплина, изучающая общие законы функционирования экосистем различного уровня.
3. Комплексная наука, исследующая среду обитания живых существ (включая человека).
4. Наука о способах ограничения потребления ресурсов биосферы для удовлетворения нужд хозяйственной деятельности человека.

В настоящее время развивается экологизация различных дисциплин, под которой понимается процесс внедрения систем технологических, управленческих и других решений, позволяющих эффективно использовать

природные ресурсы. В связи с этим экология распалась на ряд научных отраслей и дисциплин, далеких от первоначального понимания экологии как биологической науки об отношениях живых организмов с окружающей их средой. Но в основе всех современных направлений экологии лежат фундаментальные идеи биоэкологии. [5]

Экологию *по размерам объектов изучения* делят на географическую, объектами изучения которой являются крупные геосистемы, географические процессы с участием живого и глобальную экологию — учение о биосфере Земли.

По отношению к *предметам изучения* экологию подразделяют на экологию микроорганизмов, грибов, растений, животных, человека, сельскохозяйственную, прикладную, инженерную и т.д.

*По средам и компонентам* различают экологию суши, водоемов, морскую, высокогорную, химическую.

*По подходам к предмету исследования* - аналитическую и динамическую экологию.

*В системе экологии человека* выделяют социальную экологию, изучающую взаимоотношения социальных групп общества, так и человека в целом.

**1.2 Задачи экологии** В зависимости от решаемых задач экологию подразделяют на общую, исследующую основные принципы организации и функционирования различных систем, и частную, сферой которой является изучение конкретных групп.

Общая экология классифицируется по уровням организации. Популяционная экология изучает популяции — совокупности особей одного вида объединяемых общей территорией. Биоценология исследует структуру и динамику природных сообществ — совокупностей совместно обитающих популяций разных видов.

В настоящее время многие разделы экологии имеют выраженную практическую направленность и имеют большое значение для развития различных отраслей хозяйства. Основной задачей экологии на современном этапе является изучение количественными методами основ структуры и

функционирования природных и созданных человеком систем. Окружающая нас живая природа не является беспорядочным сочетанием живых существ. Она представляет собой устойчивую и организованную систему, сложившуюся в процессе эволюции органического мира. Любые явления, связанные с воздействиями человека на природу, обратными влияниями природы на человека и его экономику, с хозяйственными процессами называются экологической проблемой.

Взаимоотношение человека с видами и сообществами может быть достигнута за счет усилий со стороны человека. Этим может быть достигнуто решение многих хозяйственных проблем:

- интенсификация производства ряда отраслей;
- сохранение и экономия дорогостоящего сырья;
- увеличение продолжительности жизни и уменьшение заболеваемости людей;
- совершенствование механизмов взаимодействия общества и природы.

### **1.3 Значение экологического образования**

В настоящее время развитие взаимоотношений с природой представляет опасность для существования не только отдельных объектов, территорий, стран и т. п., но и для всего человечества.

Это объясняется тем, что человек тесно связан с живой Природой происхождением, материальными и духовными потребностями, но, в отличие от других организмов, эти связи достигли таких масштабов и форм, что это может привести к полному вовлечению живого покрова планеты (биосферы) в жизнеобеспечение современного общества. [6,7]

Человек, благодаря разуму, стремится обеспечить себе условия среды, быть независимым от физических факторов, например, от климата, от нехватки пищи, избавиться от вредных для него животных и растений и т. п. Поэтому человек, прежде всего, отличается от других видов тем, что взаимодействует с природой через создаваемую *им культуру*, Остановить стихийное развитие

событий помогут лишь знания о том, как ими управлять, что возможно через всеобщее экологическое образование людей. Как справедливо отметил американский эколог Б. Коммонер в начале 70-х гг., «поиски истоков любой проблемы, связанной с окружающей средой, приводят к неоспоримой истине, что коренная причина кризиса заключена не в том, как люди взаимодействуют с природой, а в том, как они взаимодействуют друг с другом...».

Экология, как мы уже показали выше, возникла для решения задач изучения взаимодействия всего живого с неживой природой и организмов между собой. Человек — тоже такой же организм, и изоляция его от природы существенно сказывается на его здоровье. Изменение, а тем более уничтожение этой природной среды, влечет за собой отрицательные последствия для жизни человека. Экологические знания позволяют ему принимать правильное решение с целью охраны природы. Они дают понять, что человек и природа — единое целое и представления о господстве его над природой примитивны.

Экологически образованный человек не допустит стихийного отношения к окружающей его среде жизни. Он будет бороться против экологического варварства, а если в таких людей станет большинство, то они обеспечат нормальную жизнь своим потомкам, преобразуя и совершенствуя саму цивилизацию, находя наилучшие «экологически чистые» варианты взаимоотношения природы и общества.

Отсюда следует, что в настоящее время остановить нарушение экологических законов можно, только подняв на должную высоту *экологическую культуру* каждого члена общества, что возможно сделать, прежде всего, через образование, через изучение основ экологии. Это особенно важно для всех специалистов в первую очередь для специалистов технического профиля.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение промышленной экологии.
2. Можно ли "Охрану природы" или "Охрану окружающей среды" назвать экологией? Если нет, то почему?



3. В чем заключается основная задача экологии?
4. Что такое экологическая проблема?
5. Решению каких народнохозяйственных проблем способствует экология?

### **Тесты для самоконтроля:**

1. Экология - наука изучающая
  - a) влияние загрязнений на окружающую среду
  - b) влияние загрязнений на здоровье человека
  - c) влияние деятельности человека на окружающую среду
  - d) взаимоотношения организмов с окружающей их средой обитания (в том числе многообразие взаимосвязей их с другими организмами и сообществами)
2. Одним из основоположников экологии как науки, давшим ей название науки о взаимоотношениях живых организмов и условий среды, был:
  - a) К.Минней (XVШ)
  - b) М.Б. Латарк (XVШ)
  - c) Г.Гаузе (XX)
  - d) Э.Геккель (XIX)
3. Система жизнеобеспечения Земли включает несколько важнейших сфер, человек является частью той из них которую называют:
  - a) литосферой
  - b) географической оболочкой
  - c) гидросферой
  - d) биосферой
4. Все проблемы экологии могут быть выражены одной фразой:
  - a) океан и суша связаны между собой
  - b) все неживое взаимодействует между собой
  - c) все неживое связано между собой и с окружающей средой
  - d) компоненты географической оболочки изолированы
  - e) обмен веществ и информации.

## 2. УРОВНИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Ген, клетка, орган, организм, популяция, сообщество (биоценоз) — главные уровни организации жизни. Экология изучает уровни биологической организации от организма до экосистем. В ее основе, как и всей биологии, лежит теория эволюционного развития органического мира Ч. Дарвина, базирующаяся на представлениях об *естественном отборе*. В упрощенном виде его можно представить так: в результате борьбы за существование выживают наиболее приспособленные организмы. Вслед за открытием Дарвина (1859) появился термин «экология» Э. Геккеля (1866). [8]

На рис. 1.1. указанные выше компоненты представлены в виде *уровней биологической организации* биологических систем, которые различаются

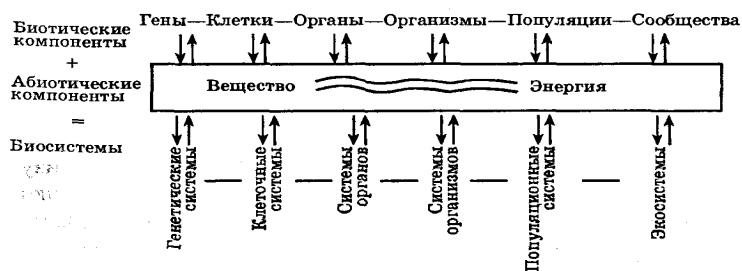


Рис. 1.1. Спектр уровней биологической организации (по Ю. Одуму, 1975)

по принципам организации и масштабам явлений. Они отражают ступень природных систем, при которой меньшие подсистемы составляют большие системы, сами являющиеся подсистемами более крупных систем.

Свойства каждого отдельного уровня значительно сложнее и многообразнее предыдущего. Но объяснить это можно лишь на основе данных о свойствах предшествующего уровня. Экология изучает правую часть «спектра», изображенного на рис. 1.1, т. е. уровни биологической организации от организмов до экосистем. В экологии организм **рассматривается как целостная система**, взаимодействующая с внешней средой, как абиотической, так и биотической. В этом случае такая совокупность, как *биологический вид*,

состоящий из сходных особей, которые, тем не менее, как *индивидуумы* отличаются друг от друга. Они точно так же непохожи, как непохож один человек на другого, тоже относящиеся к одному виду. Но всех их объединяет единый для всех *генофонд*, обеспечивающий их способность к размножению в пределах вида. Поскольку каждый отдельный индивид имеет свои специфические особенности, то и отношение их к состоянию среды, к воздействию ее факторов различное. Например, повышение температуры часть особей может не выдержать и погибнуть, но популяция всего вида выживает за счет других, более приспособленных.

**Популяция** — это совокупность особей одного вида. В реальной природной среде многие виды рассеяны на пространствах, поэтому изучать приходится видовую группировку в пределах определенной территории. Некоторые из группировок достаточно хорошо приспособляются к местным условиям, образуя так называемый *экотип*.

**Биоценоз** — совокупность совместно обитающих популяций разных видов микроорганизмов, растений и животных. В дальнейшем это пространство было названо *биотопом*, под которым понимаются условия окружающей среды на определенной территории: воздух, вода, почвы и горные породы. Именно в этой окружающей среде существуют растительность, животный мир и микроорганизмы, составляющие биоценоз. Компоненты биотопа не просто существуют рядом, а активно взаимодействуют между собой, создавая определенную биологическую систему, которую В. Н. Сукачев назвал биогеоценозом. В этой системе совокупность абиотических и биотических компонентов имеет свою, особую специфику взаимодействий и определенный тип обмена веществом и энергией их между собой и другими явлениями природы. Схема биогеоценоза показана на рис. 1.2..

Представления Сукачева в дальнейшем легли в основу *биогеоценологии* — научного направления в биологии, занимающегося проблемами взаимодействия живых организмов между собой и с окружающей их абиотической средой.

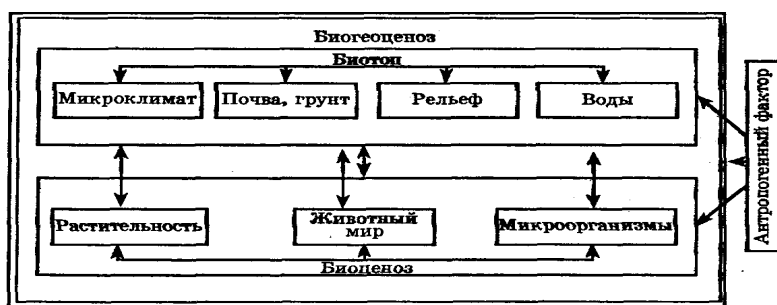


Рис. 1.2. Схема биогеоценоза по Г. А. Новикову (1979)

**Экосистема** — совокупность комплексов организмов с комплексом физических факторов его окружения, т. е. факторов местообитания. Подобные определения есть у других экологов — Ю. Одума, К. Вилли, Р. Уиттекера, К. Уатта и многих других.

Всего все организмы делятся на две большие группы — автотрофов и гетеротрофов.

*Автотрофные* организмы используют неорганические источники для своего существования, создавая органическую материю из неорганической. К таким организмам относятся фотосинтезирующие зеленые растения суши и водной среды, синезеленые водоросли и др. *Гетеротрофные* организмы потребляют только готовые органические вещества. К ним относятся все животные и человек, грибы и др. Гетеротрофы, потребляющие мертвую органику, называются *сапротрофами* (например, грибы), а способные жить и развиваться в живых организмах за счет живых тканей — *паразитами* (например, клещи). Организмы достаточно разнообразны по видам и формам питания, они вступают между собой в сложные трофические взаимодействия, тем самым выполняя важнейшие экологические функции в биотических сообществах. Одни из них производят продукцию, другие потребляют, третьи — преобразуют ее в неорганическую форму. Их называют соответственно: продуценты, консументы и редуценты

**Продуценты** — производители продукции, которой потом питаются все остальные организмы, — это зеленые растения, производящие органические вещества из неорганических соединений.

**Консументы** — это потребители органических веществ. Среди них есть

животные, употребляющие только растительную пищу, — *травоядные* (корова), или питающиеся только мясом других животных — *плотоядные* (хищники), а также употребляющие и то и другое — «*всеядные*» (человек, медведь).

**Редуценты (деструкторы)** — восстановители. Они возвращают вещества из отмерших организмов снова в неживую природу, разлагая органику до простых неорганических соединений и элементов (например, на  $CO_2$ ,  $NO$ , и  $H_2O$ ). Возвращая в почву или в водную среду биогенные элементы, они, завершают биохимический круговорот. Это делают в основном бактерии, большинство других микроорганизмов и грибы. Микроорганизмы, бактерии и другие более сложные формы в зависимости от среды обитания подразделяют на *аэробные*, т. е. живущие при наличии кислорода, и *анаэробные* — живущие в бескислородной среде.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие уровни биологической организации являются объектами изучения экологии?
2. Биогеоценоз и экосистема — сходство и различия.
3. Как подразделяются организмы по характеру источника питания и по экологическим функциям в биотических сообществах?
4. В чем особенность современной классификации организмов?

### **Тесты для самоконтроля:**

1. Организмы, питающиеся готовыми органическими веществами
  - a) автотрофом
  - b) гетеротрофом
  - c) продуцентом
  - d) хемотрофом
2. Устойчивость природных экосистем связана с :
  - a) высокой продуктивностью растений

- b) наличием массы органических веществ
- c) большим видовым разнообразием
- d) интенсивной работой микроорганизмов

3. Сообщество обитающих совместно организмов разных видов вместе с физической средой обитания, функционирующие как единое целое, называется:

- a) биоценозом
- b) биотопом
- c) экосистемой
- d) биогеоценозом

4. Функция автотрофных организмов состоит в осуществлении таких процессов, как:

- a) поступление химических элементов из почвы, водных растворов и атмосферы, преобразование в сложные молекулы органических веществ с помощью энергии Солнца
- b) поступление элементов из почвы, водных растворов и атмосферы с помощью энергии Солнца
- c) поступление элементов из почвы, водных растворов и атмосферы и преобразование в молекулы иных веществ
- d) поступление водных растворов, преобразование в сложные молекулы органических веществ

5. Сложная природная система, образованная совместно живущими и связанными друг с другом видами называется

- a) экосистемой
- b) биотопом
- c) биоценозом
- d) биосферой

### 3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЗМА И СРЕДЫ

Живущие на Земле организмы очень разнообразны; среди растений мы можем встретить микроскопические водоросли, жизнь которых очень коротка, мелкие однолетние цветковые, более крупные многолетние цветковые растения, гигантские древние секвойи. [9]

Вы ознакомитесь с новыми понятиями и узнаете:

что такое «основные среды жизни» и каковы их характерные особенности, как проявляется средообразующая деятельность организмов; какую роль играют в жизни организмов внешние факторы и как они подразделяются в экологии; как достигается соответствие между организмами и средой их обитания.

#### 3.1 Понятие о среде обитания и экологических факторах

*Среда обитания* организма — это совокупность абиотических и биотических условий его жизни. Свойства среды постоянно меняются, и любое существо, чтобы выжить, приспосабливается к этим изменениям.

Земной биотой освоены три основные среды обитания: **водная, наземно-воздушная и почвенная** вместе с **горными породами**. Биологи еще часто выделяют четвертую среду жизни — сами *живые организмы*, заселенные паразитами и симбионтами.

Воздействие среды воспринимается организмами через посредство факторов среды, называемых экологическими.

**Экологические факторы** — это определенные условия и элементы среды, которые оказывают специфическое воздействие на организм. Они подразделяются на абиотические, биотические и антропогенные (рис. 3.1).

*Абиотическими факторами* называют всю совокупность факторов неорганической среды, влияющих на жизнь и распространение животных и растений. Среди них различают физические, химические и эдафические.

*Физические факторы* — это те, источником которых служит физическое

состояние или явление (механическое, волновое и др.). Например, температура, если она высокая — будет ожог, если очень низкая — обмораживание.

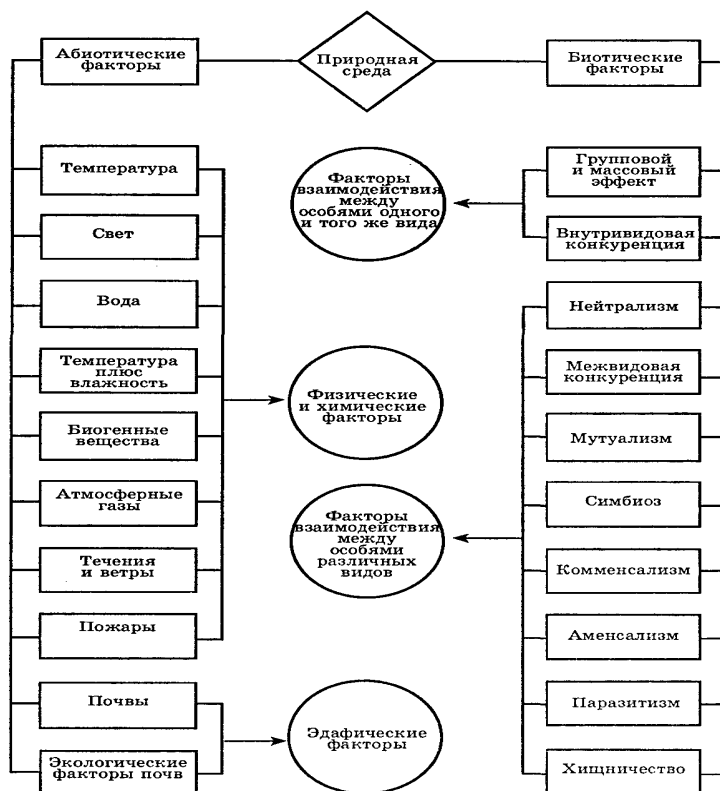


Рис.3.1 Классификация экологических факторов

На действие температуры могут повлиять и другие факторы: в воде — течение, на суше — ветер и влажность, и т. п.

*Химические факторы* — это те, которые происходят от химического состава среды. Например, соленость воды, если она высокая, жизнь в водоеме может вовсе отсутствовать (Мертвое море), но в то же время в пресной воде не могут жить большинство морских организмов. От достаточности содержания кислорода зависит жизнь животных на суше и в воде, и т. п.

*Эдафические факторы*, т. е. почвенные, — это совокупность химических, физических и механических свойств почв и горных пород, оказывающих воздействие как на организмы, живущие в них, т. е. для которых они являются средой обитания, так и на корневую систему растений. Хорошо известны влияния химических компонентов (биогенных элементов), температуры, влажности, структуры почв, содержания гумуса и т. п. на рост и развитие растений.

Однако не только абиотические факторы влияют на организмы. Организмы



образуют сообщества, где им приходится бороться за пищевые ресурсы, за обладание определенными пастбищами или территорией охоты, т. е. вступать в конкурентную борьбу между собой. При этом проявляются хищничество, паразитизм и другие сложные взаимоотношения как на внутривидовом, так и, особенно, на межвидовом уровнях. Это уже факторы живой природы, или биотические факторы.

**Биотические факторы** — совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других, а также на неживую среду обитания. Например, в лесу под влиянием растительного покрова создается особый *микроклимат*, где по сравнению с открытым местообитанием создается свой температурно-влажностный режим: зимой здесь на несколько градусов теплее, летом — прохладнее и влажнее.

*Внутривидовые взаимодействия* между особями одного и того же вида складываются из группового и массового эффектов и внутривидовой конкуренции. Групповой эффект — обозначают объединение животных одного вида в группы по две или более особей или эффект, вызванный перенаселением среды. В настоящее время чаще всего эти эффекты называются *демографическими факторами*. Они характеризуют динамику численности и плотность групп организмов на популяционном уровне, в основе которой лежит *внутривидовая конкуренция*, которая в корне отличается от межвидовой. Она проявляется в основном в территориальном поведении животных. [10,11]

*Межвидовые взаимоотношения* значительно более разнообразны (см. рис. 3.1). Два живущие рядом вида могут вообще никак не влиять друг на друга, могут влиять благоприятно или неблагоприятно. Межвидовые отношения лежат в основе существования биотических сообществ (биоценозов).

*нейтрализм* — оба вида независимы и не оказывают никакого действия друг на друга; *конкуренция* — каждый из видов оказывает на другой неблагоприятное воздействие; *мутуализм* — виды не могут существовать друг без друга; *протокооперация* (содружество) — оба вида образуют сообщество, но могут существовать и отдельно, хотя сообщество приносит им обоим пользу;

*комменсализм* — один вид, комменсал, извлекает пользу от сожительства, а другой вид — хозяин не имеет никакой выгоды (взаимная терпимость); *амменсализм* — один вид, испытывает от другого угнетение; *паразитизм* — паразитический вид тормозит рост и размножение своего хозяина и даже может вызвать его гибель; *хищничество* — хищный вид питается своей жертвой.

***Антропогенные факторы*** — факторы, порожденные человеком и воздействующие на окружающую среду.

Среди абиотических факторов довольно часто выделяют *климатические* (температура, влажность воздуха, ветер и др.) и *гидрографические* факторы водной среды (вода, течение, соленость и др.).

Факторы, изменение которых во времени повторяются регулярно, называют *периодическими*. К ним относятся не только климатические, но и некоторые гидрографические — приливы и отливы, некоторые океанские течения. Факторы, возникающие неожиданно (извержение вулкана, нападение хищника и т. п.) называются *непериодическими*.

Подразделение факторов на периодические и непериодические имеет очень важное значение при изучении приспособленности организмов к условиям жизни.

### **3.2 Основные представления об адаптациях организмов**

**Адаптация** (лат. «приспособление») — приспособление организмов к среде. Этот процесс охватывает строение и функции организмов (особей, видов, популяций) и их органов. Адаптация всегда развивается под воздействием трех основных факторов — *изменчивости, наследственности и естественного отбора*.

Основные адаптации организмов к факторам внешней среды формировались и изменялись вместе с изменчивостью экологических факторов. Организмы адаптированы к постоянно действующим ***периодическим факторам***, но среди них важно различать первичные и вторичные.

*Первичные* — это те факторы, которые существовали на Земле еще до

возникновения жизни: температура, освещенность, приливы, отливы и др. Адаптация организмов к этим факторам наиболее древняя и наиболее совершенная.

*Вторичные* периодические факторы являются следствием изменения первичных: влажность воздуха, зависящая от температуры; растительная пища, зависящая от цикличности в развитии растений; ряд биотических факторов внутривидового влияния и др. Они возникли позднее первичных и адаптация к ним не всегда четко выражена.

В нормальных условиях в местообитании должны действовать только периодические факторы, непериодические — отсутствовать.

***Непериодические факторы*** обычно воздействуют катастрофически: могут вызвать болезни или даже смерть живого организма. Человек использовал это в своих интересах, искусственно вводя непериодические факторы: введением химической отравы уничтожает вредные для него организмы: паразитов, вредителей сельхозкультур, болезнетворных бактерий, вирусов и т. п. Но оказалось, что длительное воздействие этого фактора также может вызвать к нему адаптацию

Источником адаптации являются генетические изменения в организме — *мутации*, возникающие как под влиянием естественных факторов, так и в результате искусственного влияния на организм.

На эволюционном пути развития на организмы действуют абиотические и биотические факторы в комплексе.

### **3.3 Лимитирующие факторы**

Впервые на значение лимитирующих факторов обратил внимание Ю. Либих. Он установил **закон минимума**: урожай (продукция) зависит от фактора, находящегося в минимуме. Если в почве полезные компоненты в целом представляют собой уравновешенную систему и только какое-то вещество, например фосфор, содержится в количествах, близких к минимуму, то это может снизить урожай. Но оказалось, что даже те же самые минеральные

вещества, очень полезные при оптимальном содержании их в почве, снижают урожай, если они в избытке. Значит, факторы могут быть лимитирующими, находясь и в максимуме.

Таким образом, **лимитирующими экологическими факторами** следует называть такие факторы, которые ограничивают развитие организмов из-за недостатка или их избытка по сравнению с потребностью. Их иногда называют *ограничивающими факторами*.

Различия в *совокупном* и *изолированном* действиях относятся и к другим факторам. Например, действие отрицательных температур усиливается ветром и высокой влажностью воздуха, но, с другой стороны, высокая влажность ослабляет действие высоких температур, и т. д. Но несмотря на взаимовлияние факторов, все-таки они не могут заменить друг друга, что и нашло отражение в **законе независимости факторов В. Р. Вильямса**: условия жизни равнозначны, ни один из факторов жизни не может быть заменен другим. Например, нельзя действие влажности (воды) заменить действием углекислого газа или солнечного света, и т. д.

Наиболее полно и в наиболее общем виде всю сложность влияния экологических факторов на организм отражает **закон толерантности В. Шелфорда**: отсутствие или невозможность процветания определяется недостатком (в качественном или количественном смысле) или, наоборот, избытком любого из ряда факторов, уровень которых может оказаться близким к пределам переносимого данным организмом. Эти два предела называют **пределами толерантности**. Организмы, для жизни которых требуются условия, ограниченные узким диапазоном толерантности по величине температуры, называют *стенотермными* («стено» — узкий), а способных жить в широком диапазоне температур — *эвритермными* («эври» — широкий) (рис. 3.2).

Подобно температуре действуют и другие лимитирующие факторы, а организмы по отношению к характеру их воздействия называют, соответственно, *стенобионтами* и *эврибионтами*. Например, говорят: организм

стенобионтен по отношению к влажности, или эврибионтен к климатическим факторам, и т. п. Организмы, эврибионтные к основным климатическим факторам, наиболее широко распространены на Земле.

Организмы и сами способны снизить лимитирующее действие факторов, создав, например, определенный микроклимат (микро-

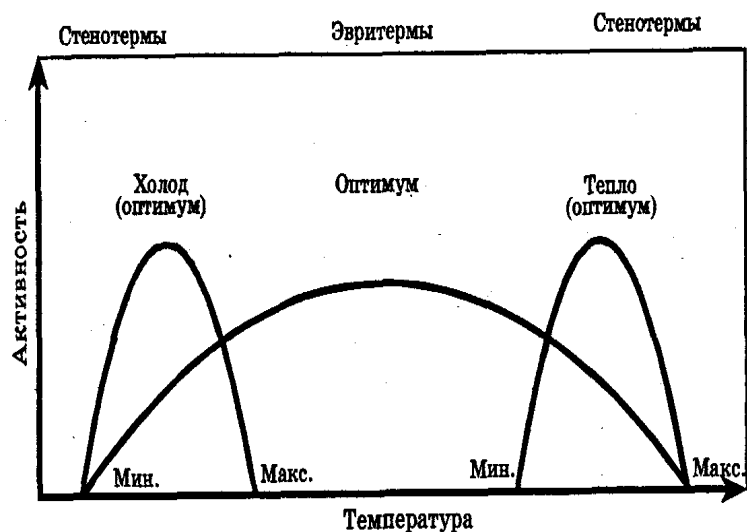


Рис. 3.2. Сравнение относительных пределов толерантности стенотермных и эвритермных организмов

среду). Здесь возникает своеобразная *компенсация факторов*, которая наиболее эффективна на уровне сообществ, реже — на видовом уровне.

*Компенсация факторов*, которая наиболее эффективна на уровне сообществ, реже — на видовом уровне.

Такая компенсация факторов обычно создает условия для *физиологической акклиматизации*, имеющего широкое распространение, который, акклиматизируясь в данном конкретном месте, создает своеобразную популяцию, *экотип*, пределы толерантности которой соответствуют местным условиям. Значит в природных условиях организмы зависят от состояния критических физических факторов, от содержания необходимых веществ и от диапазона толерантности самих организмов к этим и другим компонентам среды.

### 3.4 Значение физических и химических факторов среды в жизни организмов

**Температура** — важнейший из ограничивающих (лимитирующих) факторов. Пределами толерантности для любого вида являются *максимальная* и *минимальная летальные температуры*, за пределами которых вид смертельно поражают жара или холод (рис. 3.3).

На рис. 3.3 показаны температурные пределы жизни видовой группы, популяции. В «оптимальном интервале» организмы чувствуют себя комфортно, активно размножаются и численность популяции растет. К крайним участкам температурного предела жизни — организмы чувствуют себя угнетенно. При дальнейшем похолодании в пределах «нижней границы стойкости» или увеличении жары в пределах «верхней границы стойкости», организмы попадают в «зону смерти» и погибают.

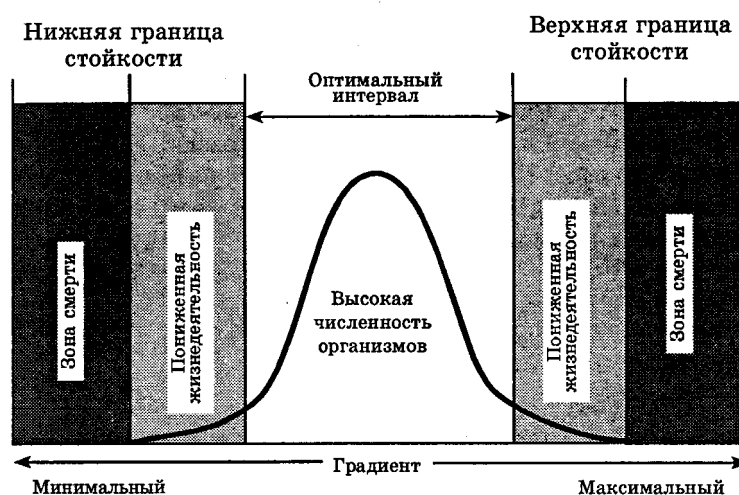


Рис. 3.3. Общий закон биологической стойкости

Этим примером иллюстрируется **общий закон биологической стойкости** (по Ламотту), применимый к любому из лимитирующих факторов. Величина «оптимального интервала» характеризует «величину» стойкости организмов, т. е. величину его толерантности к этому фактору, или «*экологическую валентность*».

Известны **морфологические** приспособления растений к температурам, так называемые *жизненные формы растений*. *эпифиты* — растут на других растениях и не имеют корней в почве; *криптофиты*, или геофиты, теряют всю

видимую растительную массу и прячут свои почки в клубнях, луковицах или корневищах, скрытых в почве; *терофиты* — однолетние растения, отмирающие с наступлением неблагоприятного сезона, выживают лишь их семена или споры.

Морфологические адаптации к климатическим условиям жизни и, прежде всего, к температурным наблюдаются также у животных. **Жизненные формы животных** одного вида, например, могут сформироваться под воздействием низких температур, от  $-20$  до  $-40$  °С, при которых они вынуждены накапливать питательные вещества и увеличивать массу тела: из всех тигров самый крупный амурский тигр, живущий в наиболее северных и суровых условиях. Эта закономерность именуется *правилом Бергмана*: у теплокровных животных размер тела особей в среднем больше у популяций, живущих в более холодных частях ареала распространения вида.

Но в жизни животных гораздо большее значение имеют **физиологические адаптации**, простейшей из которых является *акклиматизация* — физиологическое приспособление к перенесению жары или холода.

Таким образом, температура, являясь важнейшим лимитирующим фактором, оказывает существенное влияние на адаптационные процессы в организмах и популяциях наземно-воздушной среды.

**Свет** — это первичный источник энергии, без которого невозможна жизнь на Земле. Он участвует в фотосинтезе, обеспечивая создание органических соединений из неорганических растительностью Земли, и в этом его важнейшая энергетическая функция. Но в фотосинтезе участвует лишь часть спектра в пределах от 380 до 760 нм, которую называют областью *физиологически активной радиации* (ФАР). Внутри нее для фотосинтеза наибольшее значение имеют красно-оранжевые лучи (600—700 нм) и фиолетово-голубые (400—500 нм), наименьшее — желто-зеленые (500—600 нм). Однако свет не только энергетический ресурс, но и важнейший экологический фактор, весьма существенно влияющий на биоту в целом, и на адаптационные процессы и явления в организмах.

За пределами видимого спектра и ФАР остаются инфракрасная (ИК) и ультрафиолетовая (УФ) области. *УФ-излучение* несет много энергии и обладает фотохимическим воздействием — организмы к нему очень чувствительны. *ИК-излучение* обладает значительно меньшей энергией, легко поглощается водой. Важное значение для организмов **имеет интенсивность освещения**. Растения по отношению к освещенности подразделяются на *светлюбивые, тенелюбивые* и *теневыносливые*.

Первые две группы обладают разными диапазонами толерантности в пределах экологического спектра освещенности.

Свет имеет большое **сигнальное значение** и вызывает *регуляторные адаптации* организмов. **Одним** из самых надежных сигналов, регулирующих активность организмов во времени, является длина дня — фотопериод.

*Фотопериодизм* как явление — это реакция организма на сезонные изменения длины дня. Иными словами, фотопериод — это некий «пусковой механизм», включающий последовательность физиологических процессов в живом организме.

**Вода в жизни организмов.** Вода физиологически необходима любой протоплазме и с экологической точки зрения является *лимитирующим фактором* как в наземных, так и в водных местообитаниях, если там ее количество подвержено резким изменениям (приливы, отливы) или происходит ее потеря организмом в сильно соленой воде осмотическим путем.

**Влажность воздушной среды,** измеряется обычно в *показателях относительной влажности*. Способность влажности изменять эффекты температуры: понижение влажности ниже некоторого предела при данной температуре ведет к иссушающему действию воздуха. В зависимости от способов адаптации растений к влажности выделяют несколько **экологических групп**. У животных по отношению к воде выделяются свои **экологические группы**: *гигрофилы* (влаголюбивые) и *ксерофилы* (сухлюбивые), а так же промежуточную группу — *мезофилов*. Способы регуляции водного баланса у них поведенческие, морфологические и физиологические.



К *поведенческим способам* относятся перемещение в более влажные места, периодическое *посещение водопоя*, переход к *ночному* образу жизни, и др. К *морфологическим адаптациям* — приспособления, задерживающие воду в теле: *раковины наземных уток, роговые покровы у рептилий* и др. *Физиологические приспособления* позволяющей обходиться без питьевой воды. Она широко используется насекомыми и часто такими животными, как верблюд, овца, собака, которые могут выдержать потерю воды в количестве, соответственно, 27, 23 и 17%. Человек погибает уже при 10%-ной потере воды.

**Совместное действие температуры и влажности.** Температура и влажность, действуя в непрерывном единстве, определяют «качество» климата: высокая влажность в течение года сглаживает сезонные колебания температур — это морской климат, высокая сухость воздуха приводит к резким колебаниям температур — континентальный климат.

**Воздушная среда** имеет, малую плотность. Воздушная среда оказывает на организмы не только физическое, но и химическое воздействие, обеспечивая их дыхание и фотосинтез. *Атмосферное давление оказывает* весьма существенное экологическое воздействие животных, которые из-за этого не могут жить выше 6000 м над уровнем моря.

**Химические факторы воздушной среды.** Химический состав атмосферы весьма однороден: азота — 78,8% кислорода — 20,89 других газов — 0,9; углекислого газа — 0,03% по объему.

В почвах и подстилающих их породах, вплоть до уровня грунтовых вод (в *зоне аэрации*) углекислого газа уже 10%, а кислород становится лимитирующим фактором для аэробов.

В воде кислорода в 20 раз меньше, чем в атмосфере, и здесь он является лимитирующим фактором. Источники его — диффузия из атмосферного воздуха и фотосинтез водных растений (водорослей), а растворению способствуют понижение температуры, ветер и волнения воды. Лимитирующее действие  $\text{CO}_2$  в воде не явно выражено, но известно, что высокое его содержание ведет к гибели рыб и других животных. При растворении  $\text{CO}_2$ , в воде

образуется слабая угольная кислота  $H_2CO_3$ , легко образующая карбонаты и бикарбонаты. Карбонаты — источник питательных веществ для построения раковин и костной ткани и хороший буфер для поддержания водородного показателя (рН) водной среды на нейтральном уровне.

### 3.5 Биогенные вещества как экологические факторы

Биогенные соли и элементы, как это показал Ю. Либих, являются лимитирующими факторами и ресурсами среды для организмов. Одни из элементов требуются организмам в относительно больших количествах называют *макроэлементами*, другие тоже жизненно необходимы организмам, но в очень малых, следовых количествах называют биогенными *микроэлементами*. Растения получают их, как правило, из почвы, реже — из воды, а животные и человек — с пищей.

**Биогенные макроэлементы.** Первостепенное значение среди них имеют фосфор и азот в доступной для организмов форме. *Фосфор* — это важнейший и, необходимый элемент протоплазмы, а *азот* входит во все белковые молекулы. Основным источником азота — атмосферный воздух, а фосфора — лишь горные породы и отмершие организмы. Азот фиксируется большинством растительных и гетеротрофных организмов и включается в биологический круговорот. Фосфора в организме содержится в процентном отношении больше, чем в исходных природных источниках.

Лишь немногим по своему значению этим элементам уступают *калий*, кальций, сера и магний. *Калий* входит в состав клеток, играет важнейшую роль в осмотических процессах, в работе нервной системы животных и человека, способствует росту растений и т. д. *Кальций* является составной частью раковин и костей животных, необходим растениям и т. д. *Сера* входит в состав некоторых аминокислот, коферментов, витаминов, обеспечивает хемосинтез и др. *Магний* — необходимая часть молекул хлорофилла, входит в состав рибосом растений и животных и др.

**Биогенные микроэлементы.** Входят в состав ферментов и нередко

бывают лимитирующими факторами. Для растений в первую очередь необходимы: железо, марганец, медь, цинк, бор, кремний, молибден, хлор, ванадий и кобальт. Если в этом наборе, например, нехватка Mn, Fe, Cl, Zn и V, то не будет полноценным процесс фотосинтеза, а если не будет Mo, B, Co и Fe, то нарушится азотный обмен, и т. п. Эти же микроэлементы необходимы животным и человеку. Их недостаток (или избыток при загрязнении) вызывает болезни.

Граница между макро- и микроэлементами довольно условна: например, натрия животным требуется во много раз больше, чем растениям, для которых натрий часто вносят в список микроэлементов.

### **3.6 Ресурсы живых существ как экологические факторы**

**Ресурсы живых существ** — это по преимуществу *вещества*, из которых состоят их тела, *энергия*, вовлекаемая в процессы.

Зеленое растение создается из неорганических молекул и ионов — вода, углекислый газ, кислород, биогенные вещества — и солнечной радиации в результате фотосинтеза. Неорганические компоненты здесь можно рассматривать как *пищевой ресурс*, а свет как *ресурс энергетический*. Сами растения являются пищевым ресурсом травоядных животных, травоядные — ресурс для хищников, те и другие — пищевой ресурс для паразитов, а после гибели — для деструкторов.

**Классификация ресурсов.** Ресурсы живых существ можно разделить на незаменимые и взаимозаменяемые. *Незаменимые ресурсы* — это когда один не в состоянии заменить другой, который, в свою очередь, становится *жестким лимитирующим фактором*.

Ресурсы могут выступать лимитирующим фактором, поскольку никто не отменял закона толерантности при использовании компонентов среды как ресурсов. Здесь действует закон независимости факторов В. Р. Вильямса, причем каждый из ресурсов ( $CO_2$ ,  $H_2O$ , K, S, P, N и др.) добывается независимо от других и, зачастую, своим особым способом.

**Взаимозаменяемые ресурсы** — это когда любой из двух ресурсов можно заменить другим, при этом они могут быть и различного качества. Но взаимозаменяемые ресурсы могут быть *взаимодополняющими*, если при совместном потреблении обоих ресурсов в совокупности их требуется меньше, чем при раздельном потреблении. При совместном потреблении ресурсов, для поддержания жизни организмов обоих ресурсов расходуется больше, чем при раздельном потреблении. Такие ресурсы называются *антагонистическими*.

**Экологическое значение незаменимых ресурсов.** В результате адаптации возникает соответствие между организмом и средой, но оно еще не гарантирует выживания организма в этой среде, если он не сможет найти свое место в сложной цепи биологических взаимодействий как на внутривидовом, так и на межвидовом уровнях. Единственным ресурсом *энергии* для зеленых растений является свет. Солнечная энергия — это единственный из ресурсов, который действует в одном направлении, а остальные (вода, углекислый газ, биогенные вещества) используются многократно, вовлекаемые в биологический круговорот веществ. Важнейшее значение для популяций растений имеет распределение этой энергии. Количество солнечной энергии, которое используется растением на фотосинтез, должно быть пропорционально освещенной площади листьев.

Но при благоприятных условиях, при ярком солнечном освещении, интенсивность фотосинтеза может не достигать максимума. Максимальные же значения использования лучистой энергии у растений составляет 3—4,5% в тропических лесах, 0,6—1,2% в лесах, 0,6% у сельхозкультур. На таких значениях эффективности использования световых ресурсов и держится вся энергетика *экосистемы*.

**Диоксид углерода** также *незаменимы и ресурс* в фотосинтезе, но проблем с его недостатком не возникает. Избыток  $\text{CO}_2$  может интенсифицировать фотосинтез даже при некоторой недостаточной освещенности. *Вода* — это не только компонент фотосинтеза, но и незаменимая составляющая клетки. Для подавляющего большинства растений основной источник воды — почва. Во

многих случаях вода становится лимитирующим фактором из-за ограниченных ее количеств в почве, но она может быть и лимитирующей при максимальном водонасыщении почвы.

**Минеральные ресурсы** — это извлекаемые растением из почвы биогенные микро- и макроэлементы. Без них рост растений, т. е. образование органических молекул, невозможен. Минеральные ресурсы «добываются» корневой системой растений, их доступность неразрывно связана с доступностью воды, а наличие и количественный состав зависят от содержания биогенных веществ в почве. **Кислород** в наземных сообществах не является *пока* лимитирующим ресурсом, но растворимость в воде у него значительно меньше, чем у углекислого газа, поэтому в водной среде кислород является лимитирующим ресурсом. Для всех существ, кроме анаэробов, кислород — незаменимый ресурс.

**Пищевые ресурсы** — это сами организмы. Автотрофные (фото- и хемосинтезирующие) организмы становятся ресурсами для гетеротрофов, принимая участие в пищевой цепи, где каждый предшествующий потребитель превращается в пищевой ресурс для следующего потребителя.

Важнейшее отличие растительной пищи в том, что растительные клетки окружены стенками, состоящими из целлюлозы, представляющих собой волокна, неусвояемые многими животными — консументами. Но наличие этих стенок — основная причина высокого содержания углерода в растениях — потенциального источника больших количеств энергии. Эта энергия доступна лишь животным, способными расщеплять целлюлозу: некоторые бактерии, грибы, улитки и др.

*Травоядным животным* для того, чтобы переварить растительную пищу, необходимо ее тщательно пережевывать (жвачные животные). *Плотоядным* же вообще жевать ничего не нужно, так как в мясе жертвы все компоненты, необходимые им для жизни, содержатся в готовом к усвоению виде, поэтому этот корм можно и целиком проглотить. В пищеварительном тракте травоядных животных, поселяются микроорганизмы, обладающие способностью разлагать

целлюлозу, которые помогают им переварить растительный корм. Кроме того, при разложении растений многие микробы извлекают из них питательные вещества (азот и др.). По этой же причине животные поедают растительный детрит, заселенный микроорганизмами.

**Пространство как ресурс.** Растения и животные *конкурируют* в пространстве прежде всего за ресурсы, а не за площадь, где они могут размножаться. Пространство может стать и *лимитирующим ресурсом*, если при избытке пищи оно не сможет вместить в свои геометрические размеры все организмы, которые могли бы успешно жить в этом пространстве за счет избытка его ресурсов. Пищевой ресурс — любой потребленный компонент среды, который может быть «отнят» одним организмом у другого. Это вызывает внутривидовую конкуренцию. Регулируются эти явления уже на популяционном уровне и изучаются в популяционной экологии.

### **Контрольные вопросы:**

- 1.Что такое среда, обитания и какие среды заселены организмами? Понятие об экологических факторах.
- 2.Как называют совокупность факторов неорганической среды? Дайте характеристику этим факторам.
- 3.Как называют совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других?
- 4.В чем заключаются внутривидовые и межвидовые взаимоотношения?
- 5.Как называются экологические факторы, ограничивающие развитие организма? Законы минимума Ю. Либиха и толерантности В. Шелфорда.
- 6.Что понимается под диапазоном толерантности организма?
- 7.Какое значение имеет свет для жизни на Земле?

### **Тесты для самоконтроля:**

1. Относительно однородное по абиотическим факторам среды пространство, занятое биоценозом называется

- a) биотой
- b) биотопом
- c) экосистемой
- d) экотоном

2. К экологическим факторам не относятся:

- a) климат
- b) рельеф
- c) затмение солнца
- d) содержание кислорода в воде

3. Начальным источником энергии почти во всех экосистемах служит:

- a) энергия ветра
- b) энергия воды
- c) энергия Солнца
- d) энергия ископаемого топлива

4. Экологические факторы, оказывающие наибольшее влияние на численность современных пресмыкающихся:

- a) абиотические
- b) биотические
- c) агропогенные
- d) абиотические и биотические

5. Как называется совокупность областей, где проживает человечество

- a) биосфера
- b) литосфера
- c) гидросфера

## 4. ПОПУЛЯЦИИ

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

### 4.1 Понятия о популяции

Популяция — основная функциональная единица живой природы. Она является элементами сообществ, экосистем, участвует в основных процессах трансформации вещества и переноса энергии. Популяции обладают характерными показателями, присущими только им. Некоторые характеристики популяций взаимосвязаны: смертность определяет структуру, рождаемость — плотность и т. д.

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

*Популяция* — совокупность особей одного вида, изолированная в пространстве и времени от других совокупностей одного и того же вида. Популяция — «ячейка» биоты, которая является основой ее существования: в ней происходит самовоспроизводство живого вещества, она обеспечивает выживание вида благодаря наследственности. Выделяют две группы количественных показателей — статические и динамические. **Статические показатели** характеризуют состояние популяции на данный момент времени.

К статическим показателям популяций относятся их численность, плотность и показатели структуры. **Численность** — количество особей одного вида в пределах пространственной единицы. **Плотность** — число особей, приходящихся на единицу площади, например, плотность населения —



количество человек, приходящееся на один квадратный километр, или для гидробионтов — это количество особей на единицу объема, на литр или кубометр. **Показатели структуры:** *половой* — соотношение полов, *размерный* — соотношение количества особей разных размеров, *возрастной* — соотношение количества особей различного возраста в популяции.

**Динамические показатели** характеризуют процессы, протекающие в популяции за какой-то промежуток времени. Основными динамическими показателями популяций являются рождаемость, смертность и скорость роста популяций.

**Рождаемость** — это число особей, рождающихся в популяции за единицу времени. При рассмотрении экосистем пользуются другим динамическим показателем — **продукцией** — суммой прироста массы всех особей (независимо от того, сколько они прожили) за определенный промежуток времени.

**Смертность** — это число особей, погибших в популяции в единицу времени. Но убыль или прибыль организмов в популяции зависит не только от рождаемости и смертности, но и от скорости их **иммиграции и эмиграции**, т. е. от количества особей, прибывших и убывших в популяции в единицу времени.

Рождаемость, или скорость рождаемости, выражают отношением:

$$\Delta N_n / \Delta t,$$

где  $\Delta N_n$  — число особей, родившихся за некоторый промежуток времени  $\Delta t$ . Но для сравнения рождаемости в различных популяциях пользуются величиной **удельной рождаемости**: отношением скорости рождаемости к исходной численности (N):

$$\Delta N_n / N \Delta t.$$

За бесконечно малый промежуток времени ( $\Delta t \rightarrow 0$ ) мы получим **мгновенную удельную рождаемость**, которую обозначают латинской буквой «b». Эта величина имеет размерность «единица времени<sup>-1</sup>» и зависит от интенсивности размножения особей: для бактерий — час, для фитопланктона — сутки, для насекомых — неделя или месяц, для крупных млекопитающих — год.

Смертность — величина обратная рождаемости, но измеряется в тех же величинах и вычисляется по аналогичной формуле. Если принять, что  $\Delta N_m$  — число погибших особей (независимо от причины) за время  $\Delta t$ , то *удельная смертность*:

$$\Delta N_m / N \Delta t,$$

а при  $\Delta t \rightarrow 0$  имеем *мгновенную удельную смертность*, которую обозначают буквой «d».

Величины рождаемости и смертности по определению могут иметь положительное значение, либо равное нулю.

**Продолжительность жизни вида** зависит от условий (факторов) жизни. Смертность и рождаемость у организмов существенно изменяется с возрастом. Если в популяции не происходит существенных изменений то можно построить **кривые выживания**. Они отражают зависимость количества доживших до определенного возраста особей от продолжительности интервала с момента рождения организмов.

Выделяют три типа основных кривых выживания (рис.4.1), к которым в той или иной мере приближаются все и известные кривые

*Кривая I типа*, когда на протяжении всей жизни смертность ничтожно мала, резко возрастая в конце нее, характерна для насекомых (ее и называют «кривой дрозофилы»), к ней приближаются кривые выживания человека в развитых странах, а так же некоторых крупных млекопитающих.

*Кривая III типа* — это случаи массовой гибели особей в начальный период жизни. Некоторые организмы, которые не заботятся о потомстве и выживают за счет огромного числа личинок, икринок, семян и т. п.

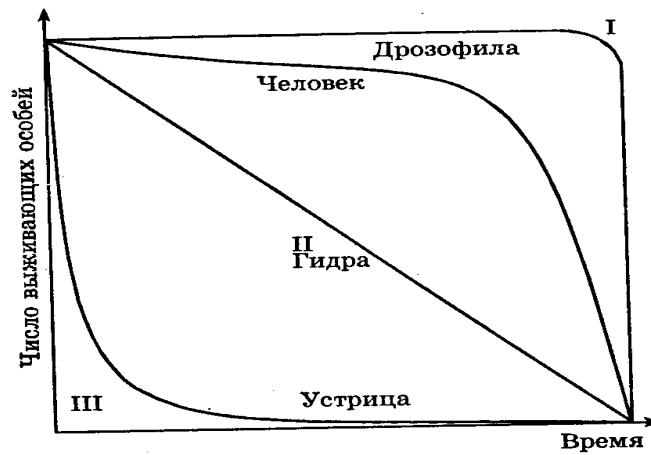


Рис. 4.1. Различные типы кривых выживания

*Кривая II типа* характерна для видов, у которых смертность остается примерно постоянной в течение всей жизни. Такое распределение смертности не столь редкое явление среди организмов. Встречаются они среди рыб, пресмыкающихся, птиц, многолетних травянистых растений.

#### 4.2 Динамика роста численности популяции

На математическом языке эта кривая отражает *экспоненциальный* рост численности организмов и описывается уравнением:

$$N_t = N_0 e^{rt},$$

Экспоненциальный рост возможен только тогда, когда  $r$  имеет постоянное численное значение, так как скорость роста популяции пропорциональна самой численности:

$$\Delta N / \Delta t = rN, \quad \text{где } r \text{ — const.}$$

Таким образом, *экспоненциальный рост численности популяции* — это рост численности ее особей в неизменяющихся условиях.

Условия, сохраняющиеся длительное время постоянными, невозможны в природе. Если бы это было не так, то, например, обычные бактерии могли бы дать такую массу органического вещества, которая могла покрыть весь земной шар слоем толщиной в два метра за два часа.

Однако такого в природе не происходит, так как существует множество ограничивающих факторов. Чтобы иметь полную картину динамики

численности популяции, а также рассчитать скорость ее роста, необходимо знать величину так называемой *чистой скорости воспроизводства* ( $R_0$ ), которая показывает, во сколько раз увеличивается численность популяции за одно поколение, за время его жизни —  $T$ .

$$R_0 = N_T/N_0,$$

где  $N_T$  — численность нового поколения;

$N_0$  — численность особей предшествующего поколения;

$R_0$  — чистая скорость воспроизводства, показывающая также, сколько вновь родившихся особей приходится на одну особь поколения родителей. Если  $R_0 = 1$ , то популяция стационарная, — численность ее сохраняется постоянной.

### 4.3 Регуляция плотности популяции

Факторы, регулирующие плотность популяции, делятся на *зависимые и независимые* от плотности. Зависимые изменяются с изменением плотности, а независимые остаются постоянными при ее изменении. Первые — это биотические, а вторые — абиотические факторы.

Непосредственно от плотности может зависеть и смертность в популяции. Смертность, зависящая от плотности, может регулировать численность и высокоразвитых организмов. Помимо регуляции существует еще *саморегуляция*, при которой на численности популяции сказывается *изменение качества особей*. Различают саморегуляцию фенотипическую и генотипическую.

*Фенотипы* — совокупность всех признаков и свойств организма, сформировавшихся в процессе онтогенеза. Дело в том, что при большой плотности образуются разные фенотипы за счет того, что в организмах происходят физиологические изменения.

*Генотипические* причины саморегуляции плотности популяций связаны с наличием в ней мере двух разных генотипов.

*Циклические* колебания можно также объяснить саморегуляцией. Климатические ритмы и связанные с ними изменения в пищевых ресурсах

заставляют популяцию вырабатывать какие-то механизмы внутренней регуляции. Таким образом, саморегуляция обеспечивается механизмами торможения роста численности.

### **Контрольные вопросы**

1. Каково место популяций в биоте Земли?
2. Что отражают статические показатели популяции?
3. Что отражают динамические показатели популяции?
4. Что понимается под продолжительностью жизни вида?
5. «Демографические таблицы» и кривые выживания.
6. Как классифицируются экологические факторы, регулирующие плотность популяции?

### **Тесты для самоконтроля:**

1. Число особей вида на единицу площади или на единицу объема жизненного пространства показывает:
  - a) видовое разнообразие
  - b) плодовитость
  - c) плотность популяции
  - d) общие популяции
2. Совокупность свободно скрещивающихся особей одного вида, которая длительно существует в определенной части ареала относительно обособленно от других совокупностей того же вида называют..
  - a) родом
  - b) породой
  - c) популяцией
  - d) сортом
3. Какие свойства не характеризуют популяцию:
  - a) рождаемость
  - b) численность, плотность

с) среда обитания

d) возрастная структура

4. Особенности состояния популяции не определяют такие показатели, как:

a) возрастной спектр

b) устойчивость

с) плотность

d) индекс численности

5. Общее число особей популяции на определенной территории - это:

a) индекс численности

b) общие популяции

с) плотность популяции

d) экологическая пирамида

## 5. БИОТИЧЕСКИЕ СООБЩЕСТВА

Когда речь идет об экосистемах, под *биотическим сообществом* понимается *биоценоз*, поскольку сообщество представляет собой население *биотопа* — места жизни биоценоза.

### 5.1 Биоценоз определение

**Биоценоз** — это система, состоящая из трех компонентов: растительности, животных и микроорганизмов. В такой системе отдельные виды, популяции и группы видов могут заменяться соответственно другими без особого ущерба для содружества, а сама система существует за счет уравнивания сил антагонизма между видами. Стабильность сообщества определяется количественной регуляцией численности одних видов другими, а его размеры зависят от внешних причин — от величины территории с однородными абиотическими свойствами, т. е. биотопа. Функционируя в единстве биоценоз и биотоп образуют *биогеоценоз*, или *экосистему*. Границы биоценоза совпадают с границами биотопа и, следовательно, с границами *экосистемы*. Биотическое сообщество (биоценоз) — это более высокий уровень организации, чем

популяция, которая является его составной частью. Биоценоз обладает сложной внутренней структурой. Выделяют видовую и пространственную структуры биоценозов. [13]

## 5.2 Видовая структура биоценоза

Для существования сообщества важна не только величина численности организмов, но и видовое разнообразие. Разнообразие вида является основой стабильности в развитии популяций, разнообразие между видами и, следовательно, популяциями — основа существования биоценоза как основной части экосистемы.

**Видовая структура** биоценоза характеризуется видовым разнообразием и количественным соотношением видов, зависящих от ряда факторов. Главными лимитирующими факторами являются температура, влажность и недостаток пищевых ресурсов. Здесь могут выжить организмы, жизненные формы которых приспособлены к таким условиям. Богатые видами биоценозы — тропические леса, с разнообразным животным миром.

Обычно бедными видами природные биоценозы считаются, если они содержат десятки и сотни видов растений и животных, богатые — это несколько тысяч или десятки тысяч видов. **Видовое разнообразие** — это число видов в данном сообществе. Оно взаимосвязано с разнообразием условий среды обитания. Чем больше организмов найдут в биотопе подходящих для себя условий по экологическим требованиям, тем больше видов в нем поселится. Виды, которые преобладают по численности, называют **доминантными**, или — доминантами данного сообщества. Но и среди них есть такие, без которых другие виды существовать не могут. Их называют **эдификаторами** (лат. — «строители»). Они определяют микросреду всего сообщества и их удаление грозит полным разрушением биоценоза. Как правило, эдификаторами выступают растения — ель, сосна, кедр, ковыль и лишь изредка — животные (сурки).

**«Второстепенные»** виды — малочисленные и даже редкие — тоже очень важны в сообществе. Их преобладание — это гарантия устойчивого развития сообществ. В наиболее богатых биоценозах практически все виды

малочисленны, но чем бедней видовой состав, тем больше видов доминантов. При определенных условиях могут быть увеличение численности отдельных доминантов. Для оценки разнообразия используют и другие показатели, которые значительно дополняют вышеуказанные. **Обилие вида** — число особей данного вида на единицу площади или объема занимаемого ими пространства.

### 5.3 Пространственная структура биоценоза

Виды в биоценозе образуют и определенную **пространственную структуру**, особенно в его растительной части — **фитоценозе**. Прежде всего четко определяется вертикальное ярусное **строение** в лесах умеренного и тропического поясов. Например, в лесах можно выделить пять — шесть ярусов: первый — деревья первой величины (дуб, липа, вяз); второй — деревья второй величины (рябина, яблоко, груша, черемуха и др.); третий — подлесок кустарниковый (крушина, жимолость, бересклет и др.); четвертый состоит из высоких трав, а пятый и шестой, соответственно, из более низких трав (рис. 5.1). Ярусность позволяет растениям более полно использовать световой поток — в верхних ярусах светолюбивые, в нижних — теневыносливые и, в самом низу, улавливают остаток света тенелюбивые растения.

В вертикальном направлении, под воздействием растительности, изменяется микросреда, включая не только повышение температуры, но и изменение газового состава. Изменения микросреды способствуют образованию и определенной фауны — от насекомых, птиц и до млекопитающих

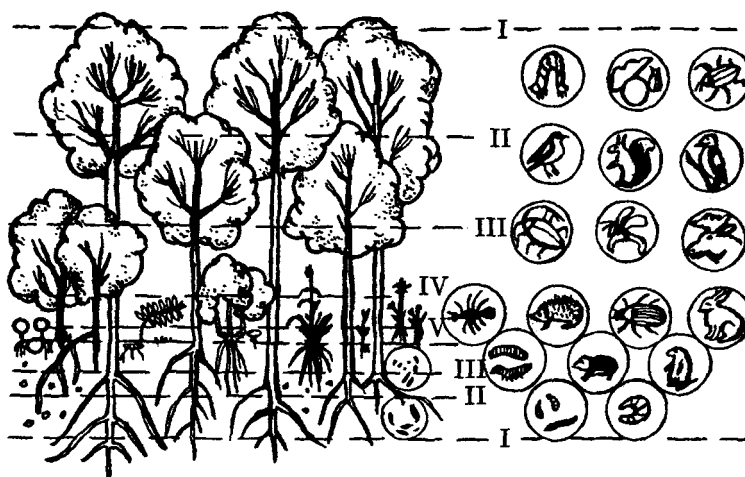




Рис. 5.1. Яруса лесного биогеоценоза.

Помимо ярусности в пространственной структуре биоценоза наблюдается *мозаичность* — изменение растительности и животного мира по горизонтали. Мозаичность зависит от разнообразия видов, количественного их взаимоотношения, от почвенных условий. Мозаичность может возникнуть и искусственно — в результате вырубки лесов человеком.

Видовая структура биоценозов, пространственное распределение видов в биотопе, во многом определяется взаимоотношениями между видами, между популяциями.

#### 5.4 Экологическая ниша. Взаимоотношения организмов в биоценозе

**Экологическая ниша** — место вида в природе, преимущественно в биоценозе, включающее как положение его в пространстве, так и его роль в сообществе, отношение к абиотическим условиям существования ниша не просто физическое пространство, занимаемое организмом, но и его место в сообществе. Знание экологической ниши позволяет ответить на вопросы, как, где и чем питается вид, чьей добычей он является, каким образом и где он отдыхает и размножается.

Экологическую нишу, определяемую только физиологическими особенностями организмов, *называют фундаментальной*, а ту, в пределах которой вид реально встречается в природе, — *реализованной*.

Реализованная ниша — это та часть фундаментальной ниши, которую данный вид, популяция в состоянии «отстоять» в конкурентной борьбе. **Конкуренция** — отрицательные взаимодействия двух организмов, стремящихся к одному и тому же. *Межвидовая конкуренция* — это любое взаимодействие между популяциями, которое вредно сказывается на их росте и выживании. Конкуренция проявляется в виде борьбы видов за экологические ниши. Межвидовая конкуренция за *ресурсы* может касаться пространства, пищи, биогенных веществ и т. п. Именно уменьшение ресурсов приводит к ситуациям, когда мы имеем дело лишь с отрицательными взаимодействиями. Результатом

межвидовой конкуренции может быть либо *приспособление*, двух видов, либо популяция одного вида *замещается* популяцией другого вида, а первый вынужден *переселиться* на другое место или *перейти на другую пищу*. Если виды живут в разных местах, то говорят, что они занимают *разные* экологические ниши, если же они живут в одном месте, но потребляют разную пищу, то говорят об их *несколько различающихся экологических* нишах. Процесс разделения популяциями видов пространства и ресурсов называется *дифференциацией экологических ниш* (рис. 5.1).

Главный результат ниш — снижение конкуренции. Например, тенелюбивые растения не конкурируют со светолюбивыми и т. п. *Нейтрализм* — это такая форма биотических взаимоотношений, когда сожительство двух видов на одной территории не влечет за собой ни положительных, ни отрицательных последствий для них. В этом случае виды не связаны непосредственно друг с другом и даже не контактируют между собой. Например, белки и лоси, обезьяны и слоны и т. п. *Аменсализм* — это такие биотические отношения, при которых происходит торможение роста одного вида (*аменсаля*) продуктами выделения другого. *Хищничество и паразитизм*: отношения хищник — жертва и паразит — хозяин являются результатом прямых пищевых связей, которые для одного из партнеров имеют отрицательные последствия, а для другого — положительные. Все варианты пищевых экологических связей можно отнести к этим типам взаимодействия, в том числе и корову, поедающую траву. Любой гетеротрофный организм в сообществе существует за счет поедания другого гетеротрофа или автотрофа. [14,16]

*Хищниками* называют животных, питающихся другими животными, которых они ловят и умерщвляют. Для хищников характерно охотничье поведение.

*Паразитизм* — это такая форма пищевой связи между видами, когда организм-потребитель использует тело живого хозяина не только как источник пищи, но и как место своего обитания (постоянного или временного). Хищничество и паразитизм — это пример взаимодействия двух популяций, отрицательно сказывающееся на росте и выживании одной из них.

**К положительным видам взаимодействия** относят комменсализм, кооперацию и мутуализм. Экологи считают, что в стабильных экосистемах отрицательные и положительные взаимодействия должны находиться в равновесии.

Комменсализм, кооперация и мутуализм можно рассматривать как *стадии последовательного совершенствования* положительных взаимодействий в ходе эволюции.

**Комменсализм** — это наиболее простой тип положительных взаимодействий. Комменсалы — организмы, которые поселяются в жилищах других организмов, не принося вреда. В океанах и морях в раковине — организмы, которые получают здесь укрытие, но не причиняют «владельцу» этой раковины ничего.

**Мутуализм (симбиоз)** — следующий этап развития зависимости двух популяций друг от друга. Объединение происходит между весьма разными организмами и наиболее важные системы возникают между автотрофами и гетеротрофами. Примером может служить сотрудничество между бактериями, фиксирующими азот, и бобовыми растениями; симбиоз между копытными и бактериями, обитающими в их рубце, и др. Из приведенной характеристики биоценозов видно, что их устойчивость зависит прежде всего от изменений в структуре сообществ, от динамики видового разнообразия, от изменений в трофической цепи.

### **Контрольные вопросы**

1. Что понимается под биоразнообразием?
2. Почему видовое разнообразие является основой биологического разнообразия в живой природе?
3. Какие существуют показатели оценки биоразнообразия биологических сообществ?
4. Как отражается биоразнообразие в пространственной структуре биоценоза?
5. Что такое экологическая ниша?

6. В чем состоят отрицательные взаимодействия между видами?

7. В чем состоят положительные взаимодействия между видами?

### **Тесты для самоконтроля:**

1. Вид, который является строителем биоценоза называют:

- a) эдификатором
- b) доминантом
- c) автохнотом
- d) реликтом
- e) все ответы не верны

2. Совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе, называется:

- a) экологическим равновесием
- b) экологическим уровнем
- c) экологической нишей
- d) экосистемой

3. Почву В.И. Вернадский называл:

- a) косным веществом
- b) биогенным веществом
- c) биокосным веществом
- d) мертвым веществом

4. При описании функции биоценоза важными являются такие характеристики, как:

- a) биомасса, продукция, разложение
- b) продукция, обмен веществ, разложение
- c) продукция, потребление, разложение
- d) биомасса, потребление, обмен веществ

5. В лесах умеренного климата может быть:

- a) 1-2 яруса растений
- b) 5-6 ярусов растений

с) 10-12 ярусов растений

d) 15-16 ярусов растений

## 6. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Любая единица, включающая все совместно функционирующие, организмы (биотическое сообщество) на данном участке и взаимодействующая с физической средой таким образом, что поток энергии создает определенные биотические структуры и круговорот веществ между живой и неживой частями, представляют собой экологическую систему, или экосистему».

### 6.1 Концепция экосистемы

Главным предметом исследования в экосистеме становятся трансформации вещества и энергии между биотой и физической средой, биогеохимический круговорот веществ в целом (рис. 6.1). Это позволяет дать общую оценку результатов жизнедеятельности многих отдельных организмов, видов, как по биогеохимическим функциям, т. е. по характеру осуществляемых в природе процессов превращения вещества и энергии. Например, все высшие растения потребляют одни и те же вещества, все они используют свет и благодаря фотосинтезу, образуют близкие по составу органические вещества и выделяют кислород.

Выделяют: *микроэкосистемы* (лишайники и т. п.); *мезоэкосистемы* (пруд, озеро, степь и др.); *макроэкосистемы* (континент, океан) и, наконец, *глобальную экосистему* (биосфера Земли) или *экоферу* — интеграция всех систем. Многие системы автономны — пруды, озера, океан, леса и др. Но даже биосфера Земли часть веществ отдает в космос и получает вещества из космоса. Таким образом, *природные экосистемы — это открытые системы*: они должны получать и отдавать вещества и энергию.

Запасы веществ, усвояемые организмами и, прежде всего, продуцентами, в природе неограниченны. Если бы эти вещества не использовались многократно,

а точнее не были бы вовлечены в этот вечный круговорот, то жизнь на Земле была бы вообще невозможна. Такой круговорот (рис. 6.1) биогенных компонентов возможен лишь при наличии функционально различных групп организмов, способных осуществлять и поддерживать поток веществ, извлекаемых ими из окружающей среды.

Для поддержания круговорота веществ в экосистеме необходимы неорганические молекулы в усвояемой для продуцентов форме, консументы, питающиеся продуцентами и другими консументами, а также редуценты, восстанавливающие вещества.

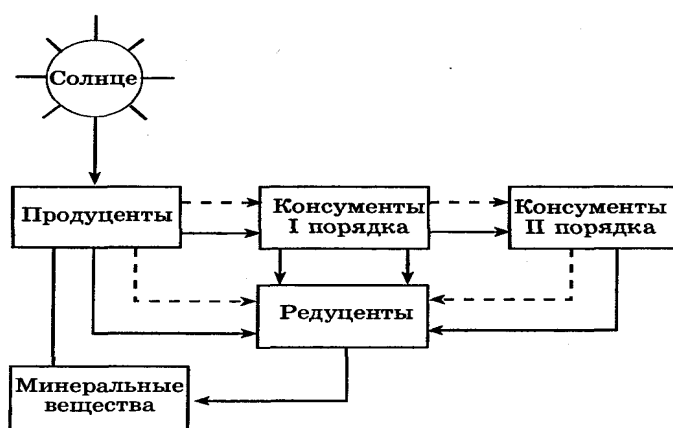


Рис. 6.1. Схема переноса вещества (сплошная линия) и энергии (пунктирная линия) в природных экосистемах

С точки зрения пищевых взаимодействий организмов, **трофическая структура** экосистемы делится на два яруса: 1) верхний — *автотрофный ярус*, или «зеленый пояс», включающий фотосинтезирующие организмы, создающие сложные органические молекулы из неорганических простых соединений, и 2) нижний — *гетеротрофный ярус*, или «коричневый пояс» почв и осадков, в котором преобладает разложение отмерших органических веществ снова до простых минералов. Чтобы разобраться в сложных биологических взаимодействиях в экосистеме, следует выделить ряд компонентов: 1) *неорганические вещества* (С, N, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, P, O и др.), участвующие в круговоротах; 2) *органические соединения* (белки, углеводы, липиды, гумусовые вещества и др.), связывающие биотическую и абиотическую части; 3) *воздушную, водную и субстратную среду*, включающую абиотические факторы; 4) *продуцентов* —

автотрофных организмов, в основном зеленых растений, способных производить пищу из простых неорганических веществ; 5) *консументов*,— гетеротрофы, в основном животные, питающиеся другими организмами или частицами органического вещества; 6) *редуцентов*— гетеротрофных организмов, в основном бактерий и грибов, получающих энергию путем разложения отмершей или поглощения растворенной органики.

Фотосинтезирующие организмы и хемосинтезирующие, создают органические вещества на Земле продукцию в количестве 100 млрд т/год и примерно такое же количество веществ должно превращаться в результате дыхания растений в углекислый газ и воду. Однако этот баланс неточен.

## 6.2 Продуцирование и разложение в природе

Без процессов дыхания и разложения, так же как и без фотосинтеза, жизнь на Земле была бы невозможна.

*Дыхание* — это процесс окисления, который сравнивали с горением. Благодаря дыханию как бы «сгорает» накопленное при фотосинтезе органическое вещество.

Итак, дыхание — процесс гетеротрофный, уравнивающий автотрофное накопление органического вещества. Различают аэробное, анаэробное дыхание и брожение.

*Аэробное дыхание* — процесс, обратный фотосинтезу, где окислитель, газообразный кислород присоединяет водород. *Анаэробное дыхание* происходит обычно в бескислородной среде и в качестве окислителя служат другие неорганические вещества, например сера. И наконец, *брожение* — такой анаэробный процесс, где окислителем становится само органическое вещество.

Посредством процесса аэробного дыхания организмы получают энергию для поддержания жизнедеятельности и построения клеток. Бескислородное дыхание — это основа жизнедеятельности сапрофагов (бактерии, дрожжи, плесневые грибы, простейшие). Аэробное дыхание превосходит, и значительно, анаэробное в скорости.

В целом, можно утверждать, что происходит некоторое *отставание гетеротрофного разложения от продуцирования во времени.*

*Разложение детрита* путем его физического размельчения и биологического воздействия и доведение его до образования гумуса, **гумификация**, идет относительно быстро. Последний этап, *минерализация гумуса*, — процесс медленный, обуславливающий запаздывание разложения по сравнению с продуцированием.

Кроме биотических факторов, в разложении принимают участие и абиотические (пожары). Но если бы мертвые организмы не разлагались бы микроорганизмами для которых они служат пищей, все питательные вещества оказались бы в мертвых телах и никакая новая жизнь не могла бы возникать.

**Гомеостаз** — способность биологических систем — организма, популяции и экосистем — противостоять изменениям и сохранять равновесие.

Для управления экосистемами не требуется регуляция извне — это **саморегулирующаяся система**. Саморегулирующийся гомеостаз на экосистемном уровне обеспечен множеством управляющих механизмов. Один из них — система «хищник—жертва» (рис. 5.3). Между условно выделенными блоками управление осуществляется посредством положительных и отрицательных связей. *Положительная обратная связь*, например увеличивает чрезмерно популяцию жертвы. *Отрицательная обратная связь* «уменьшает отклонение», например, ограничивает рост популяции жертвы за счет увеличения численности популяции хищников. Эта схема (рис.6.2 а) иллюстрирует процесс коэволюции в системе «хищник—жертва».

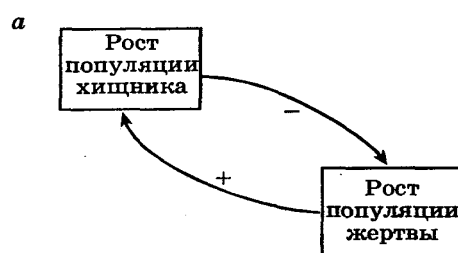


Рис. 6.2. Элементы кибернетики из Ю.Одума:



*a* — взаимодействие положительной (+) и отрицательной (-) обратных связей в системе хищник — жертва;

### 6.3 Энергия экосистемы

Энергетические потоки Жизнь на Земле существует за счет солнечной энергии. Свет — единственный на Земле пищевой ресурс, энергия которого, в соединении с углекислым газом и водой, рождает процесс фотосинтеза. Фотосинтезирующие растения создают органическое вещество, которым питаются травоядные животные, ими питаются плотоядные и т. д. Энергия передается от организма к организму, создающих пищевую **или трофическую цепь**: от автотрофов, продуцентов к гетеротрофам, консументам и так с одного трофического уровня на другой.

**Трофический уровень** — это место каждого звена в пищевой цепи. *Первый трофический уровень* — это продуценты, все остальные — консументы. *Второй трофический уровень* — это растительноядные консументы; *третий* — плотоядные консументы, питающиеся растительноядными формами; *четвертый* — консументы, потребляющие других плотоядных и т. д. Следовательно, можно и консументов разделить по уровням: консументы первого, второго, третьего и т. д. порядков (рис. 6.3).

Четко распределяются по уровням консументы, специализирующиеся на определенном виде пищи. Однако есть виды, которые питаются мясом и растительной пищей (человек, медведь и др.), которые могут включаться в пищевые цепи на любом уровне. Пища, поглощаемая консументом, усваивается не полностью — от 12 до 20% у некоторых растительноядных, до 75% и более у плотоядных. Энергетические затраты связаны прежде всего с поддержанием метаболических процессов, которые называют тратой на *дыхание*, оцениваемая общим количеством  $CO_2$  выделенного

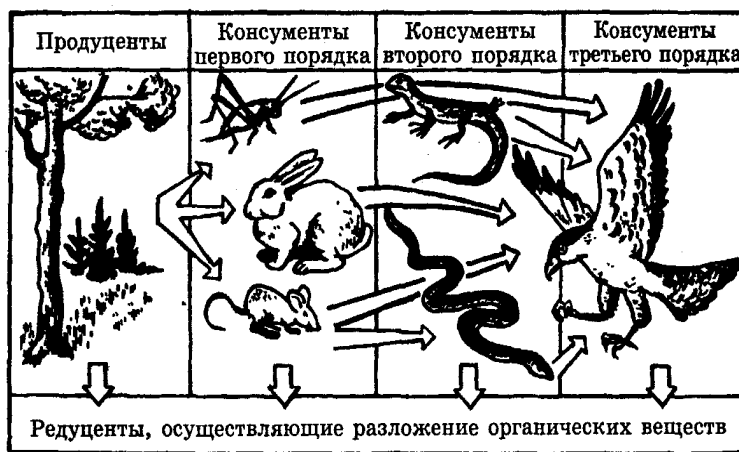


Рис.6.3. Пищевые взаимосвязи организмов в биогеоценозе

организмом. Меньшая часть идет на образование тканей и некоторого запаса питательных веществ, т. е. на рост. Остальная часть пищи выделяется в виде экскрементов. Значительная часть энергии рассеивается в виде тепла при химических реакциях в организме. В конечном итоге вся энергия, превращается в тепловую и рассеивается в окружающей среде.

Таким образом, входя в экосистему, поток лучистой энергии разбивается на две части, распространяясь по двум видам трофических сетей, но источник энергии общий — солнечный свет.

### Принцип биологического накопления

В круговорот веществ в экосистеме часто добавляются вещества, попадающие сюда извне. Эти вещества концентрируются в трофических цепях и накапливаются в них, т. е. происходит их **биологическое накопление**. Это явление наглядно видно на примере концентрирования радионуклидов и пестицидов в трофических цепях.

Наиболее известна способность к биологическому накоплению у ДДТ — вещества, ранее широко применяемого для борьбы с вредными насекомыми и запрещенного к применению в настоящее время. Таким образом, принципы биологического накопления надо учитывать при любых поступлениях загрязнений в среду.

#### 6.4 Биологическая продуктивность экосистем

**Продуктивность экологической системы** — это скорость, с которой продуценты усваивают лучистую энергию в процессе фотосинтеза и хемосинтеза, образуя органическое вещество, которое затем может быть использовано в качестве пищи. Различают разные **уровни продуцирования**, на которых создается первичная и вторичная продукция. Органическая масса, создаваемая продуцентами в единицу времени, называется **первичной продукцией**, а прирост за единицу времени массы консументов — **вторичной продукцией**.

Первичная продукция подразделяется как бы на два уровня — валовую и чистую продукцию. *Валовая первичная продукция* — это общая масса валового органического вещества, создаваемая растением в единицу времени при данной скорости фотосинтеза, включая и траты на дыхание.

Растения тратят на дыхание от 40 до 70% валовой продукции. Меньше всего ее тратят планктонные водоросли — около 40% от всей использованной энергии. Та часть валовой продукции, которая не израсходована «на дыхание», называется *чистой первичной продукцией*: она представляет собой величину *прироста* растений и именно эта продукция потребляется консументами и редуцентами.

*Вторичная продукция* не делится уже на валовую и чистую, так как консументы и редуценты, т. е. все гетеротрофы, увеличивают свою массу за счет первичной продукции, т. е. используют ранее созданную продукцию.

Все живые компоненты экосистемы — продуценты, консументы и редуценты — составляют **общую биомассу** (живой вес) сообщества в целом или его отдельных частей, тех или иных групп организмов. Биомассу обычно выражают через сырой и сухой вес, но можно выражать и в энергетических единицах — в калориях, джоулях и т. п. На образование биомассы расходуется не вся энергия, но та энергия, которая используется, создает первичную продукцию и может расходоваться в разных экосистемах по-разному.

*В стабильных сообществах практически вся продукция тратится в*

*трофических сетях и биомасса остается постоянной.*

**Экологические пирамиды** Трофическую структуру, можно изобразить графически, в виде так называемых экологических пирамид. Известны три основных типа экологических пирамид: 1) *пирамида чисел*, отражающая численность организмов на каждом уровне (пирамида Элтона); 2) *пирамида биомассы*, характеризующая массу живого вещества, — общий сухой вес, калорийность и т. д.; 3) *пирамида продукции* (или энергии), имеющая универсальный характер, показывающая изменение первичной продукции (или энергии) на последовательных трофических уровнях.

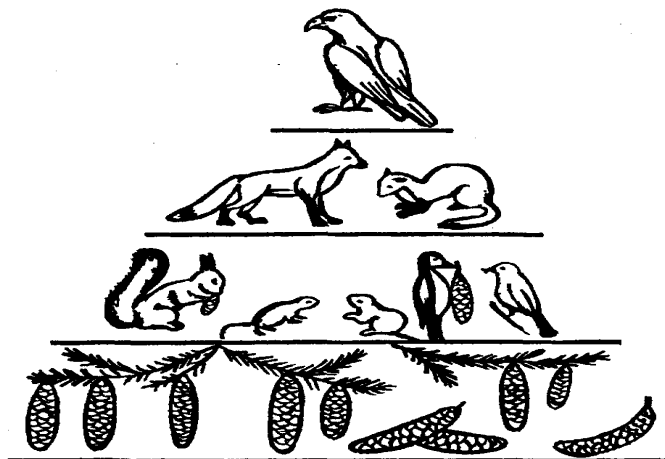
**Пирамида чисел** отображает отчетливую закономерность, обнаруженную Элтоном: количество особей, составляющих последовательный ряд звеньев от продуцентов к консументам, неуклонно уменьшается (рис. 6.4). В основе, этой закономерности лежит, *во-первых*, тот факт, что для уравнивания массы большого тела необходимо много маленьких тел; *во-вторых*, от низших трофических уровней к высшим теряется количество энергии (от каждого уровня до предыдущего доходит лишь 10% энергии) и, *в-третьих* — обратная зависимость метаболизма от размера особей (чем мельче организм, тем интенсивнее обмен веществ, тем выше скорость роста их численности и биомассы).

В наземных экосистемах действует следующее правило **пирамиды биомасс**: суммарная масса растений превышает массу всех травоядных, а их масса превышает всю биомассу хищников. В растительных сообществах она может достигать 40—55%, а в отдельных случаях, в полупустынях — 70—75 %.

Она четко указывает на количество всего живого вещества на данном трофическом уровне, например, в единицах массы на единицу площади —  $г/м^2$  или на объем —  $г/м^3$  и т. д.

Отсюда понятно, что еще более совершенным отражением влияния трофических отношений да экосистему должно быть **правило пирамиды продукции** (или энергии): на каждом предыдущем трофическом уровне количество биомассы, создаваемой за единицу времени (или энергии), больше,

чем на последующем. Пирамида продукции отражает законы расходования энергии в трофических цепях



**Рис. 6.4. Упрощенная схема пирамиды Элтона**

В конечном итоге все три правила пирамид отражают энергетические отношения в экосистеме, а пирамида продукции (энергии) имеет универсальный характер.

В природе, в стабильных системах, биомасса изменяется незначительно, т. е. природа стремится использовать полностью валовую продукцию.

Человек получает достаточно много продукции от природных систем, основным источником пищи для него является сельское хозяйство. Создав агроэкосистемы, человек стремится получить как можно больше чистой продукции растительности, значительная часть продукции идет в промышленность и теряется в отбросах, т. е. и здесь теряется около 90% чистой продукции и только около 10% непосредственно используется на потребление человеком.

В природных экосистемах энергетические потоки также изменяются по своей интенсивности и характеру, но этот процесс регулируется действием экологических факторов, что проявляется в динамике экосистемы в целом.

### **6.5 Динамика экосистемы**

Экосистема испытывает те же процессы, что и ее популяции и сообщества: цикличность, смену популяций и биоценозов, и др. *Цикличность* Суточная, сезонная и многолетняя периодичность внешних условий. *Суточные циклы*

наиболее резко выражены в условиях климата где значительная разница между дневными и ночными температурами. Например, в песчаных пустынях Средней Азии многие животные прячутся в норы или ведут ночной образ жизни летом, а некоторые — зимой переходят на дневной (змеи, пауки и др.). Однако суточные ритмы наблюдаются во всех географических зонах, и даже в тундре в полярный день растения закрывают и открывают свои цветки в соответствии с этими ритмами. **Сезонная цикличность** выражается в том, что на определенный период из биоценоза «выпадают» группы животных и даже целые популяции, впадающие в спячку,

**Многолетняя цикличность** проявляется благодаря колебаниям климата. Многолетняя периодичность в изменении численности биоценоза, вызванная неравномерным выпадением осадков по годам, с периодическим повторением засух.

Под **экологической сукцессией** понимает вообще весь процесс развития экосистемы. Более конкретное определение дает этому явлению Н. Ф. Реймерс: «Сукцессия — последовательная смена биоценозов, возникающая на одной и той же территории (биотопе) под влиянием природных факторов или воздействия человека». Изменения в сообществе в результате сукцессии носят закономерный характер и обусловлены взаимодействием организмов между собой и с окружающей абиотической средой. Экологическая сукцессия происходит в определенный отрезок времени, в который изменяется видовая структура сообщества и абиотическая среда его существования вплоть до его развития возникновения стабилизированной системы. Такую стабилизированную экосистему называют **климаксом**. В этом состоянии система находится тогда, когда в ней на единицу энергии приходится максимальная биомасса и максимальное количество связей между организмами. Система проходит ряд стадий развития, первые из которых часто называют **стадией первых поселенцев**. Поэтому, в более узком смысле, сукцессия — это последовательность сообществ, сменяющих друг друга в данном районе.

Для возникновения сукцессии необходимо свободное пространство. В

зависимости от первоначального состояния субстрата, различают первичную и вторичную сукцессии. *Первичная сукцессия* — это если формирование сообществ начинается на первоначально свободном субстрате, а *вторичная сукцессия* — это последовательная смена одного сообщества, существовавшего на данном субстрате, другим, более совершенным для данных абиотических условий. Первыми, как правило, на свободное пространство начинают внедряться растения посредством перенесенных ветром спор и семян. Ельник — это последняя климаксная стадия развития экосистемы в климатических условиях Севера. Вначале же здесь развиваются березняки, ольховники, осинники, под пологом которых растут ели. Постепенно они перерастают березу и вытесняют ее, захватывая пространство (рис. 6.5). Береза растет намного быстрее чем ель. Под кронами берез возникает уже свой микроклимат, обилие опада листьев способствует формированию особых почв, поселяются многие животные, появляется разнообразный травянистый покров. А ель продолжает расти в столь благоприятной обстановке и, наконец, береза не выдерживает конкуренции с ней за пространство и свет и вытесняется елью.

Классическим примером природной сукцессии является «старение» озерных экосистем — *эвтрофикация*. Она выражается в зарастании озер растениями от берегов к центру. Здесь наблюдается ряд *стадий зарастания* — от *начальных* — дальние от берега до *достигнутых* у берега. В конечном итоге озеро превращается в торфяное болото, представляющее устойчивую экосистему климаксного типа.

Но и она не вечна — на ее месте постепенно может возникнуть лесная экосистема уже благодаря наземной сукцессионной серии в соответствии с климатическими условиями местности.

***Вторичная сукцессия*** является, как правило, следствием деятельности человека. В частности, описанная выше смена растительности при формировании ельника чаще происходит в результате вторичной сукцессии, возникающей на вырубках ранее существовавшего леса (ельника). Вторичная сукцессия заканчивается стабильной стадией сообщества через 150—250 лет, а

первичная длится 1000 лет.

Вторичная сукцессия проявляется так же и в эвтрофикации. Бурное «цветение» водоемов, особенно искусственных водохранилищ, есть результат их обогащения биогенами, обусловленное деятельностью человека. «Пусковым механизмом» процесса обычно является обильное поступление *фосфора*, реже — *азота*, иногда *углерода и кремния*. Ключевую роль обычно играет фосфор.

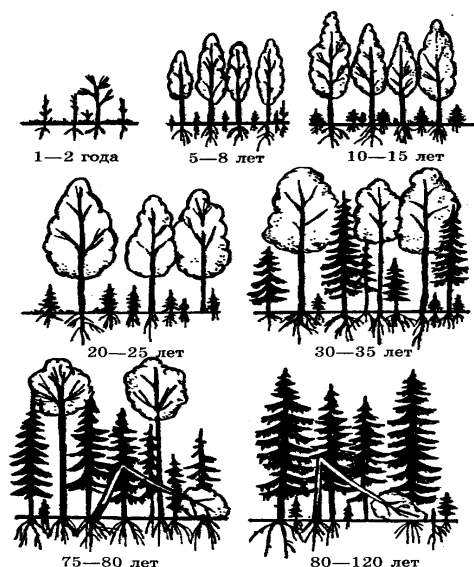


Рис. 6.5. Смена березняка ельником

При поступлении биогенов резко возрастает продуктивность водоемов за счет роста численности и биомассы водорослей.

Последовательный ряд закономерно сменяющих друг друга в сукцессии сообществ называется *сукцессионной серией*. Она наблюдается в природе не только в лесах, болотах и озерах, но и на стволах отмирающих деревьев, в пнях и прудах и т. д.

### 6.6 Круговорот веществ в природе

Основных круговоротов веществ в природе два: большой (геологический) и малый (биогеохимический).

**Большой круговорот веществ в природе (геологический)** обусловлен взаимодействием солнечной энергии с глубинной энергией Земли и осуществляет перераспределение вещества между биосферой и более глубокими горизонтами Земли.

Осадочные горные породы, образованные за счет магматических пород, в



подвижных зонах земной коры вновь погружаются в зону высоких температур и давлений. Там они переплавляются и образуют магму — источник новых магматических пород. После поднятия этих пород на земную поверхность и действия процессов выветривания вновь происходит трансформация их в новые осадочные породы (рис.6.6). Символом круговорота веществ является спираль, а не круг. Это означает, что новый цикл круговорота не повторяет в точности старый, а вносит что-то новое, что со временем приводит к весьма значительным изменениям.

Большой круговорот — это **и круговорот воды** между сушей и океаном через атмосферу. Влага, испарившаяся с поверхности Мирового океана (на что затрачивается почти половина поступающей к поверхности Земли солнечной энергии), переносится на сушу, где выпадает в виде осадков, которые вновь возвращаются в океан в виде поверхностного и подземного стока. Круговорот воды происходит и по более простой схеме: испарение влаги с поверхности океана — конденсация водяного пара — выпадение осадков на эту же водную поверхность океана.

Подсчитано, что в круговороте воды на Земле ежегодно участвует более 500 тыс. км<sup>3</sup> воды.

Круговорот воды в целом играет основную роль в формировании природных условий на нашей планете. С учетом транспирации воды растениями и поглощения ее в биогеохимическом цикле, весь запас воды на Земле распадается и восстанавливается за 2 млн лет.

**Малый круговорот веществ в биосфере (биогеохимический)**, в отличие от большого, совершается лишь в пределах биосферы. Сущность его в образовании живого вещества из неорганических соединений в процессе фотосинтеза и в превращении органического вещества при разложении вновь в неорганические соединения.

Этот круговорот для жизни биосферы — главный, и он сам является порождением жизни. Изменяясь, рождаясь и умирая, живое вещество поддерживает жизнь на нашей планете, обеспечивая биогеохимический

круговорот веществ.

Главным источником энергии круговорота является солнечная радиация, которая порождает фотосинтез.

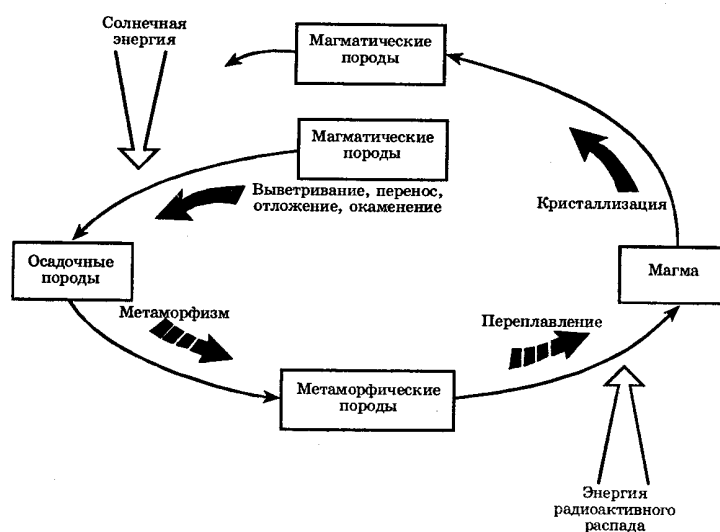


Рис. 6.6. Большой круговорот веществ

Эта энергия довольно неравномерно распределяется по поверхности земного шара. Кроме того, она теряется путем отражения, поглощается почвой, расходуется на транспирацию воды и т. д., как отмечали, на фотосинтез тратится не более 5% от всей энергии, но чаще всего 2—3%.

В ряде экосистем перенос вещества и энергии осуществляется преимущественно посредством трофических цепей. Такой круговорот обычно называют *биологическим*. Он предполагает замкнутый цикл веществ, многократно используемый трофической цепью.

В масштабах всей биосферы такой круговорот невозможен. Здесь действует биогеохимический круговорот, представляющий собой обмен макро- и микроэлементов и простых неорганических веществ с веществом атмосферы, гидросферы и литосферы. Круговорот отдельных веществ В. И. Вернадский назвал *биогеохимическими циклами*. Суть цикла в следующем: химические элементы, поглощенные организмом, уходя в абиотическую среду, затем, через какое-то время, снова попадают в живой организм и т. д. Такие элементы называют *биофильными*. Этими циклами и круговоротом в целом обеспечиваются важнейшие *функции живого вещества* в биосфере. В. И. Вернадский выделяет

пять таких функций:

- *первая функция* — *газовая* — основные газы атмосферы Земли, азот и кислород, биогенного происхождения, как и все подземные газы — продукт разложения отмершей органики;
- *вторая функция* — *концентрационная* — организмы накапливают в своих телах многие химические элементы.
- *третья функция* — *окислительно-восстановительная* — организмы, обитающие в водоемах, регулируют кислородный режим и создают условия для растворения или же осаждения ряда металлов (V, Mn, Fe) и неметаллов (S) с переменной валентностью;

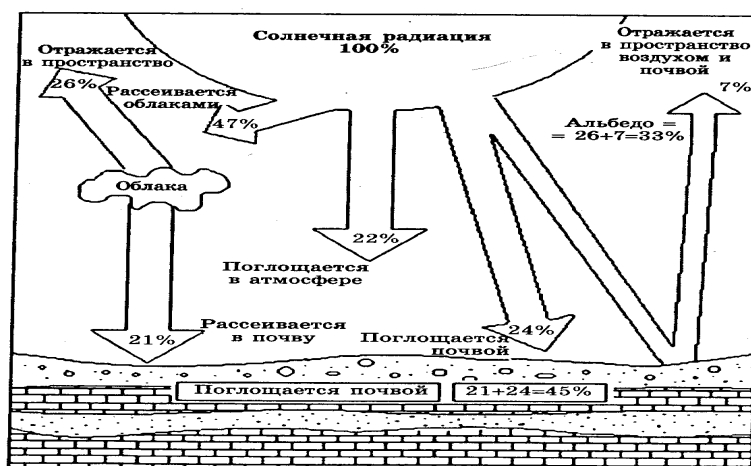


Рис. 6.7. Поступление и распределение солнечной энергии в пределах биосферы Земли

- *четвертая функция* — *биохимическая* — размножение, рост и перемещение в пространстве живого вещества;
- *пятая функция* - *биогеохимическая деятельность человека* — охватывает все разрастающееся количество веществ земной коры, в том числе таких концентраторов углерода, как уголь, нефть, газ и др., для хозяйственных и бытовых нужд человека.

В биогеохимических круговоротах следует различать две части, или как бы два среза: 1) *резервный фонд* - это огромная масса движущихся веществ, не связанных с организмами; 2) *обменный фонд* - значительно меньший, но весьма активный, обусловленный прямым обменом биогенным веществом между

организмами и их непосредственным окружением. Если же рассматривать биосферу в целом, то в ней можно выделить: 1) круговорот газообразных веществ с резервным фондом в атмосфере и гидросфере (океан) и 2) осадочный цикл с резервным фондом в земной коре (в геологическом круговороте).

В связи с этим, следует отметить, лишь единственный на Земле процесс, который не тратит, а, наоборот, связывает солнечную энергию и накапливает ее — это создание органического вещества в результате фотосинтеза. *В связывании и запасании солнечной энергии и заключается основная планетарная функция живого вещества на Земле.*

#### **6.4 Биогеохимические циклы наиболее жизненно важных биогенных веществ**

Наиболее жизненно важными можно считать вещества из которых в основном состоят белковые молекулы. К ним относятся углерод, азот, кислород, фосфор, сера.

Биогеохимические циклы углерода, азота и кислорода (рис.6.12) наиболее совершенны. В круговороте *углерода*, а точнее — наиболее подвижной его формы —  $\text{CO}_2$ , четко прослеживается трофическая цепь: *продуценты*, улавливающие углерод из атмосферы при фотосинтезе, *консументы* — поглощающие углерод вместе с телами продуцентов и консументов низших порядков, *редуцентов* — возвращающих углерод вновь в круговорот. Скорость оборота  $\text{CO}_2$  составляет порядка 300 лет (полная его замена в атмосфере) (рис. 6.11). В Мировом океане трофическая цепь: продуценты (фитопланктон) — консументы (зоопланктон, рыбы) — редуценты (микроорганизмы) — осложняется тем, что некоторая часть углерода мертвого организма, опускаясь на дно, «уходит» в осадочные породы и участвует уже не в биологическом, а в геологическом круговороте вещества.

Резервуаром биологически связанного углерода являются леса, они содержат до 500 млрд т этого элемента, что составляет  $2/3$  его запаса в атмосфере. Вмешательство человека в круговорот этого элемента приводит к возрастанию

содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере.

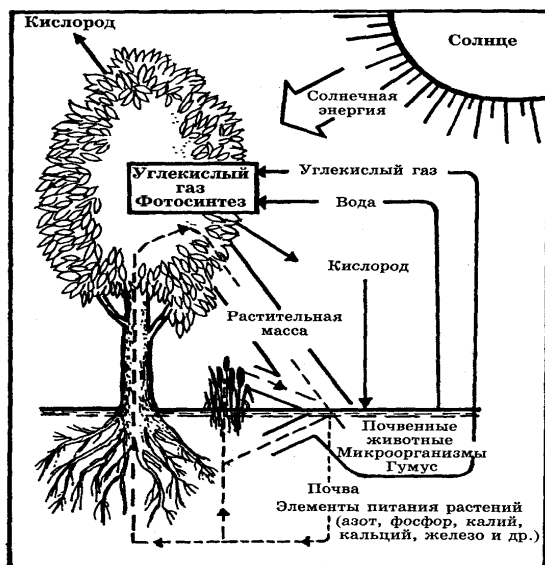


Рис. 6.8 Схема биогеохимического круговорота веществ на суше

Скорость *круговорота кислорода* — 2 тыс. лет (рис. 6.9), именно за это время весь кислород атмосферы проходит через живое вещество. Основной поставщик кислорода на Земле — зеленые растения. Ежегодно они производят на суше  $53 \cdot 10^9$  т кислорода, а в океанах —  $414 \cdot 10^9$  т.

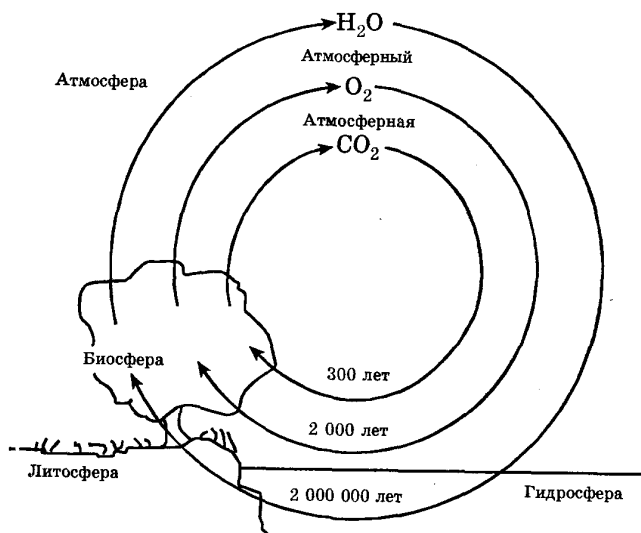


Рис. 6.9. Темпы циркуляции веществ

Главный потребитель кислорода — животные, почвенные организмы и растения, использующие его в процессе дыхания. Процесс круговорота кислорода в биосфере весьма сложен, так как он содержится в очень многих химических соединениях.

Подсчитано, что на промышленные и бытовые нужды ежегодно расходуется

23% кислорода, который освобождается в процессе фотосинтеза.

Биогеохимический **круговорот азота** не менее сложен, чем углерода и кислорода, и охватывает все области биосферы. Поглощение его растениями ограничено, так как они усваивают азот только в форме соединения его с водородом и кислородом. Редуценты, а конкретно почвенные бактерии, постепенно разлагают белковые вещества отмерших организмов и превращают их в аммонийные соединения, нитраты и нитриты. Часть нитратов попадает в процессе круговорота в подземные воды и загрязняет их.

Опасность заключается также и в том, что азот в виде нитратов и нитритов усваивается растениями и может передаваться по пищевым цепям. Азот возвращается в атмосферу вновь с выделенными при гниении газами. Роль бактерий в цикле азота такова, что если будет уничтожено только двенадцать их видов, участвующих в круговороте азота, жизнь на Земле прекратится. Так считают американские ученые.

Биогеохимический круговорот в биосфере, помимо кислорода, углерода и азота, совершают и многие другие элементы, входящие в состав органических веществ, — сера, фосфор, железо и др.

**Биогеохимические циклы фосфора и серы**, важнейших биогенных элементов, значительно менее совершенны, так как основная их масса содержится в резервном фонде земной коры.

Круговорот серы и фосфора — *осадочный биогеохимический цикл*. Такие циклы легко нарушаются от различного рода воздействий и часть обмениваемого материала выходит из круговорота. Возвратиться опять в круговорот она может лишь в результате геологических процессов или путем извлечения живым веществом.

**Фосфор** содержится в горных породах, образовавшихся в прошлые геологические эпохи. В биогеохимический круговорот он может попасть в случае подъема этих пород из глубины земной коры на поверхность суши, в зону выветривания. Эрозионными процессами он выносится в море в виде минерала — апатита.

Общий круговорот фосфора можно разделить на две части — водную и наземную. В водных экосистемах он усваивается фитопланктоном и передается по трофической цепи вплоть до консументов третьего порядка — морских птиц.

В наземных экосистемах фосфор извлекают растения из почв и далее он распространяется по трофической сети. Возвращается в почву после отмирания животных и растений и с их экскрементами. Теряется фосфор из почв в результате эрозии. Повышенное содержание фосфора на водных вызывает бурное увеличение биомассы водных растений, «цветение» водоемов. Большая же часть фосфора уносится в море и там теряется безвозвратно.

**Сера** также имеет основной резервный фонд в отложениях и почве, но в отличие от фосфора имеет резервный фонд и в атмосфере (рис. 6.15). В обменном фонде главная роль принадлежит микроорганизмам. Одни из них восстановители, другие — окислители.

В горных породах сера встречается в виде сульфидов ( $\text{FeS}_2$  и др.), в растворах — в форме иона ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), в газообразной фазе в виде сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ) или сернистого газа ( $\text{SO}_2$ ). В некоторых организмах сера накапливается в чистом виде ( $\text{S}_2$ ) и при их отмирании на дне морей образуются залежи самородной серы.

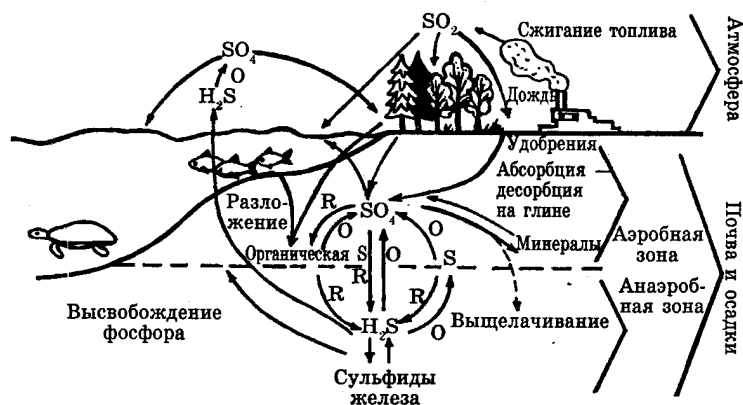


Рис. 6.10. Круговорот серы

В морской среде сульфат-ион занимает второе место по содержанию после хлора и является основной доступной формой серы, которая восстанавливается автотрофами и включается в состав аминокислот. «Кольцо» в центре схемы иллюстрирует процесс окисления (O) и восстановление (R), благодаря которым

происходит обмен серы между фондом доступного сульфата ( $\text{SO}_4$ ) и фондом сульфидов железа, находящихся глубоко в почве и в осадках вернет на сушу «потерянные отложения».

Круговорот серы, содержится в организмах в небольших количествах, но является ключевым в общем процессе продукции и разложения. В наземных экосистемах сера возвращается в почву при отмирании растений, захватывается микроорганизмами, которые восстанавливают ее до  $\text{H}_2\text{S}$ . Другие организмы и воздействие самого кислорода приводят к окислению этих продуктов. Образовавшиеся сульфаты растворяются и поглощаются растениями из поровых растворов почвы — так продолжается круговорот.

Однако круговорот серы, так же как и азота, может быть нарушен вмешательством человека. Причиной тому прежде всего сжигание ископаемого топлива, а особенно угля. Сернистый газ ( $\text{SO}_2\uparrow$ ) нарушает процессы фотосинтеза и приводит к гибели растительности.

Биогеохимические циклы легко нарушаются человеком. Так, добывая полезные ископаемые человек, загрязняет воду и воздушную среду и др. Круговорот становится не циклическим, а *ациклическим*. Охрана природных ресурсов должна быть, в частности, направлена на то, чтобы ациклические биогеохимические процессы превратить в циклические.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое биосфера и чем она отличается от других оболочек Земли?
2. Из чего состоят абиотическая и биотическая части биосферы как глобальной экосистемы?
3. Что понимал В. И. Вернадский под живым веществом и какие биохимические принципы лежат в основе биогенной миграции?
4. Как происходит большой круговорот веществ и воды в природе?
5. Как и какие важнейшие функции живого вещества обеспечиваются посредством малого круговорота веществ в природе?
6. Из каких частей состоит биогеохимический круговорот веществ?



7. В чем особенности биогеохимических циклов основных биогенных элементов?

### Тесты для самоконтроля:

1. Биологический круговорот веществ есть:

- a) обмен веществом и энергией между различными компонентами биосферы, который обусловлен приливами и отливами
- b) обмен веществом и энергией между различными компонентами биосферы, который обусловлен деятельностью животных
- c) обмен веществом и энергией между различными компонентами биосферы, который обусловлен жизнедеятельностью бактерий
- d) обмен веществом и энергией между различными компонентами биосферы, который обусловлен жизнедеятельностью многообразия видов живых существ и носит циклический характер

2. Живое вещество находится в постоянном взаимодействии их с окружающей средой, основные виды которых:

- a) вещественные, энергетические, информационные
- b) вещественные, химические, физические
- c) физические, химические, пространственные
- d) вещественные, молекулярные, генетические

3. Живое вещество биосферы образовано совокупностью особей:

- a) всех видов животных, включая человека
- b) всех видов растений и животных
- c) всех организмов, населяющих биосферу, включая человека
- d) всех видов растений, включая человека

4. Для живого вещества биосфере наиболее важны следующие характеристики

- a) продуктивность природной зоны, природное сообщество химический состав
- b) разнообразие, продуктивность биомассы, химический состав, участие в круговороте веществ
- c) разнообразие, продуктивность, численность особей, природная зона

d) продуктивность, круговорот веществ, химический состав, пространство

5. Что является доказательством того, что человечество становится мощной геологической силой

a) изменение климата

b) загрязнение атмосферы

c) истощение водных ресурсов

d) ухудшение здоровья населения

e) разрушение природных систем жизнеобеспечения

## 7. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭВОЛЮЦИИ БИОСФЕРЫ

По современным представлениям, *биосфера* — это особая оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов, которая находится в непрерывном обмене с организмами.

Эти представления базируются на учении В. И. Вернадского о биосфере. Важнейшая значимость учения проявилась лишь во второй половине нашего века. Этому способствовало развитие экологии и, прежде всего глобальной экологии, где биосфера является основополагающим понятием.

### 7.1 Учение В. И. Вернадского о биосфере

Учение В. И. Вернадского о биосфере — это фундаментальное учение, связанное с важнейшими проблемами сохранения и развития жизни на Земле. По представлениям В. И. Вернадского, биосфера включает *живое вещество* (т. е. все живые организмы), *биогенное* (уголь, известняки, нефть и др.), *косное* (в его образовании живое не участвует, например, магматические горные породы), *биокосное* (создается с помощью живых организмов), а *также радиоактивное* вещество, вещество *космического* происхождения (метеориты и др.) и *рассеянные атомы*. Все эти семь различных типов веществ геологически связаны между собой.

Сущность учения В. И. Вернадского заключена в признании *исключительной*

роли «живого вещества», преобразующего облик планеты. По В. И. Вернадскому, «на земной поверхности нет химической силы более постоянно действующей, а потому более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом». Именно живые организмы улавливают и преобразуют лучистую энергию Солнца и создают бесконечное разнообразие нашего мира. [17]

Вторым главнейшим аспектом учения В. И. Вернадского является разработанное им представление об *организованности биосферы*, которая проявляется в согласованном взаимодействии живого и неживого, взаимной приспособляемости организма и среды. В. И. Вернадский обосновал также важнейшие представления о формах превращения вещества, путях биогенной миграции атомов, т. е. миграции химических элементов при участии живого вещества, накоплении химических элементов, о движущих факторах развития биосферы и др.

Важнейшей частью учения о биосфере В. И. Вернадского являются представления о ее *возникновении и развитии*. Современная биосфера возникла не сразу, а в результате длительной эволюции в процессе постоянного взаимодействия абиотических и биотических факторов. В сжатом виде идеи В. И. Вернадского об эволюции биосферы могут быть сформулированы следующим образом:

1. Вначале сформировалась литосфера — предвестник окружающей среды, а затем после появления жизни на суше — биосфера.
2. В течение всей геологической истории Земли никогда не наблюдались геологические эпохи лишенные жизни. Следовательно, современное живое вещество генетически связано с живым веществом прошлых геологических эпох.
3. Живые организмы — главный фактор миграции химических элементов в земной коре, 90% по весу массы ее вещества в своих чертах обусловлено жизнью.
4. Геологический эффект деятельности организмов обусловлен тем, что их

количество бесконечно велико и действуют они практически в течение большого промежутка времени.

5. Основным движущим фактором развития процессов в биосфере является энергия живого вещества.

Вершиной творчества В. И. Вернадского стало учение о *ноосфере*, т. е. сфере разума.

В целом учение о биосфере В. И. Вернадского заложило основы современных представлений о взаимосвязи и взаимодействии живой и неживой природы. Практическое значение учения о биосфере огромно.

## 7.2 Ноосфера как новая стадия эволюции биосферы

**Ноосфера** («мыслящая оболочка», сфера разума) — высшая стадия развития биосферы. Это «сфера взаимодействия природы и общества, в пределах которой разумная человеческая деятельность становится главным, определяющим фактором развития».

Почему возникло понятие «ноосфера»? Оно появилось в связи с оценкой роли человека в эволюции биосферы. Учения В. И. Вернадского о ноосфере состоит в том, что он выявил геологическую роль жизни, живого вещества в планетарных процессах, в создании и развитии биосферы и всего разнообразия живых существ в ней. Среди этих существ он выделил человека как *мощную геологическую силу*. Эта сила способна оказывать влияние на ход биогеохимических и других процессов в охваченной ее воздействием среде Земли. Вся среда изменяется человеком, благодаря его труду. Он способен перестроить ее согласно своим представлениям и потребностям, изменить фактически ту биосферу, которая складывалась в течение всей геологической истории Земли.

По В. И. Вернадскому становление ноосферы «есть не случайное явление на нашей планете», «создание свободного разума», «человеческого гения», а «природное явление, резко материально проявляющееся в своих следствиях в окружающей человека среде». Другими словами, ноосфера — окружающая человека среда, в которой природные процессы обмена веществ и энергии кон-

тролируются обществом.

Человек, по мнению В. И. Вернадского, является частью биосферы, ее «определенной функцией». Воздействие человеческого общества, как единого целого на природу, по своему характеру резко отличается от воздействий других форм живого вещества.

Ноосфера — естественное и необходимое следствие человеческих усилий. Это преобразованная людьми биосфера соответственно познанным и практически освоенным законам ее строения и развития. Рассматривая такое развитие биосферы в ноосферу с позиций системного подхода, можно заключить, что ноосфера — это новое состояние некоторой глобальной системы совокупность трех мощных подсистем: «человек», «производство» и «природа», как фактор трех взаимосвязанных элементов при активной роли подсистемы «человек». По мнению многих ученых — ноосфера в будущем станет особой областью Солнечной системы. *«Биосфера перейдет так или иначе, рано или поздно в ноосферу... На определенном этапе развития человек вынужден взять на себя ответственность за дальнейшую эволюцию планеты, иначе у него не будет будущего»*, — утверждал В. И. Вернадский.

### **Контрольные вопросы**

1. Каковы важнейшие аспекты учения В. И. Вернадского о биосфере?
2. Почему человек абсолютно зависим от жизнедеятельности и разнообразия других организмов?
3. Что такое ноосфера и почему возникло это понятие?
4. Возможно ли возникновение ноосферы в результате коэволюции между человеческим обществом и природной средой?

### **Тесты для самоконтроля:**

1. Развитие живого вещества биосферы есть:
  - a) расселение по планете, размножение
  - b) повышение уровня его организации и увеличение разнообразия

- с) повышение уровня организации и расселение
- д) повышение уровня его организации и степени приспособленности к окружающей среде

2. Живое вещество находится в настоящих взаимодействиях с окружающей средой, основные виды которых:

- а) вещественные, энергетические, информационные
- б) вещественные, химические, физические
- с) физические, химические, пространственные
- д) вещественные, молекулярные, генетические

3. Биологический круговорот веществ есть:

- а) обмен веществом и энергией между различными компонентами биосферы, который обусловлен приливами и отливами
- б) обмен веществом и энергией между различными компонентами биосферы, который обусловлен деятельностью животных
- с) обмен веществом и энергией между различными компонентами биосферы, который обусловлен жизнедеятельностью бактерий
- д) обмен веществом и энергией между различными компонентами биосферы, который обусловлен жизнедеятельностью многообразия видов живых существ и носит циклический характер

4. Как называется совокупность областей, где проживает человечество

- а) биосфера
- б) литосфера
- с) гидросфера
- д) антропосфера
- е) ноосфера

5. Какая отрасль культуры является в настоящее время ведущей

- а) мифология
- б) идеология
- с) социология
- д) экология

## 8. ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

### 8.1 БИОСОЦИАЛЬНАЯ ПРИРОДА ЧЕЛОВЕКА И ЭКОЛОГИЯ

**Человек** — высшая ступень развития живых организмов на Земле. Он, *биосоциальное существо*, генетически связанное с другими формами жизни, но выделившееся из них благодаря способности производить орудия труда, обладающее речью, сознанием, творческой активностью и нравственным самосознанием.

*Биосоциальная* природа человека отражается в том, что его жизнь определяется единой системой условий, в которую входят как биологические, так и социальные элементы. Это вызывает необходимость не только его биологической, но и *социальной адаптации*, т. е. приведение индивидуального и группового поведения в соответствие с господствующей в данном обществе, классе, социальной группе норм и ценностей в процессе социализации (путем усвоения знаний об этом обществе, классе и т. д.). Эту область человеческой природы изучает большая группа социальных дисциплин, с которыми экология весьма тесно связана (социально-экономические науки и др.). *Биологическая адаптация* человека весьма отличается от животного мира, так как стремится сохранить не только его биологические, но и социальные функции.

Общие законы взаимоотношения человека (или группы людей) и биосферы, влияние на человека (или группы людей) природной и социальной сред изучает наука **экология человека**.

*Человек как биологический вид, Эволюционные особенности вида* — это составная часть живого, и он не может существовать в естественных условиях вне биосферы и живого вещества определенного эволюционного типа.

Появление человека *Homo sapiens* произошло совсем недавно 3,5—5 млн лет назад. Для наглядности можно привести такой пример: представим весь период развития органической жизни в масштабе одного года, тогда появление и развитие человека уложится всего в одни сутки «31 декабря» (365-я часть), появление сельского хозяйства (10 тыс. лет назад) — в две минуты, а

промышленная революция (200 лет назад) — в две секунды, т. е. она возникла в 23 ч 59 мин 58с 31 декабря. Если сравнить время появления и развития человека, например, с периодом существования динозавров на Земле, то они просуществовали в 14 раз дольше, т. е. «две недели».

Все это приводит к мысли, что человек, как и любой биологический вид на Земле, не является «вершиной эволюции», как часто думают сами люди.

Первобытный человек, до недавнего времени (до появления сельского хозяйства) представлял собой обычного *всеядного консумента* естественных экосистем. Занимаясь собирательством и охотой, он создавал недолговременные небольшие поселения, перекочевывая с места на место в поисках участков с более богатой растительностью и другой пищей. В это время и в еще более раннее, влияние человека на окружающую природу было невелико. Еще 1,5 млн лет назад продолжительность жизни человека не превышала 20 лет, а численность всей его популяции на Земле составляла около 500 тыс. особей. Столь незначительная продолжительность жизни объясняется тем, что человек жил в еще практически нетронутой первозданной природной среде, в которой *господствовали силы саморегуляции*, которым он противостоял теми же способами, которыми обладали и представители других видов животного мира. Как и любой вид, человек не только зависит от среды, но и воздействует на нее. В отличие от животных человек обладает интеллектом. **Интеллект** позволил ему найти «противоядие» против одного из важнейших факторов — *нехватки пищевых ресурсов*: сельское хозяйство — скотоводство и земледелие. Это произошло примерно 10 тыс. лет назад. **Человек стал строить свою собственную экологическую систему.**

Способность человека мыслить, создание необходимых *орудий труда* позволили ему, временно, преодолеть действие абиотических и биотических факторов. Б. Небел считает, что преодолеть их действие человек смог:

- 1) в изобилии производя продовольствие (хотя с его распределением все еще возникают проблемы);
- 2) создавая водохранилища и подводя воду в населенные пункты и на поля;



- 3) создавая средства борьбы с хищниками и многими болезнетворными организмами;
- 4) построив жилища и научившись обогревать или охлаждать их по собственному желанию;
- 5) выиграв в конкурентной борьбе с другими видами. Человек, научившись преодолевать действие лимитирующих факторов, тем не менее еще не одержал победу над ними. *Значит, человек остается зависимым от климатических явлений* — от жары и холода, засухи и дождей и других явлений.

Таким образом, хотя человек существо социальное, природа всегда будет фактором существования человека, составлять неотъемлемую часть окружающей человека среды, куда входит и искусственно созданная им среда, и общественные отношения (социум). Искусственная среда обитания также воздействует на человека, т. е. здесь возникает обратная связь, но она воздействует как на биологические, так и на социальные процессы, протекающие в человеческих популяциях.

## **8.2 Природные ресурсы Земли как фактор выживания человека**

В самом общем виде, применительно к человеку **ресурсы** — это вещество извлекаемое из природной среды для удовлетворения своих потребностей и желаний. **Потребности** человека можно разделить на *материальные и духовные*. Природные ресурсы в прямом их применении в какой-то части удовлетворяют духовные потребности человека, например эстетические («красота природы»), рекреационные и т. п. Но главное их назначение — удовлетворять материальные потребности, т. е. создание *материальных благ*.

Итак, **природные (естественные) ресурсы** — это природные объекты и явления, которые человек использует для создания материальных благ, обеспечивающих не только поддержание существования человечества, но и постепенное повышение *качества жизни*.

Природные объекты и явления — это различные *тела и силы природы*, используемые человеком как ресурсы. Организмы, кроме человека — черпают

живые энергетические ресурсы непосредственно из окружающей природной среды, являясь частью биогеохимических циклов. Эти ресурсы по своему действию можно рассматривать и как экологические факторы, в том числе и как лимитирующие, например большая часть пищевых ресурсов.

Человек, благодаря своим все возрастающим материальным потребностям, не может довольствоваться дарами природы только в той мере, при которой не должен нарушать ее равновесие, т. е. около 1% от ресурсов природной экосистемы, поэтому ему приходится использовать и те природные ресурсы, которые накоплены за миллиарды и миллионы лет в недрах Земли. Для создания материальных благ человеку необходимы металлы (железо, медь, алюминий и др.) и неметаллическое сырье (глина, песок, минеральные удобрения и др.), а также лесная продукция (строительный лес, для производства целлюлозы и бумаги, и т. д.) и многое другое.

Другими словами, природные ресурсы, используемые человеком, многообразны, многообразно их назначение, происхождение, способы использования и т. п.

**Классификация природных ресурсов** В основу классификации положено три признака: по источникам происхождения, по использованию в производстве и по степени истощаемости ресурсов.

**По источникам происхождения** ресурсы подразделяются на биологические, минеральные и энергетические.

**Биологические ресурсы** — это все живые компоненты биосферы: продуценты, консументы и редуценты с заключенным в них генетическим материалом. Они являются источниками получения людьми материальных и духовных благ. К ним относятся промысловые объекты, культурные растения, домашние животные, живописные ландшафты, микроорганизмы, т. д., сюда относятся растительные ресурсы, ресурсы животного мира и др. **Минеральные ресурсы** — это вещественные составляющие литосферы, используемые в хозяйстве как минеральное сырье или источники энергии. Минеральное сырье может быть *рудным*, если из него извлекаются металлы, и *нерудным*, если извлекаются

неметаллические компоненты (фосфор и т. д.) или используются как строительные материалы.

Если же минеральные богатства используются как топливо (уголь, нефть, газ, горючие сланцы, торф, древесина, атомная энергия) и одновременно как источник энергии в двигателях для получения пара и электричества, то их называют *топливно-энергетическими ресурсами*. *Энергетическими ресурсами* называют совокупность энергии Солнца и космоса, атомно-энергетических, топливно-энергетических, термальных и других источников энергии.

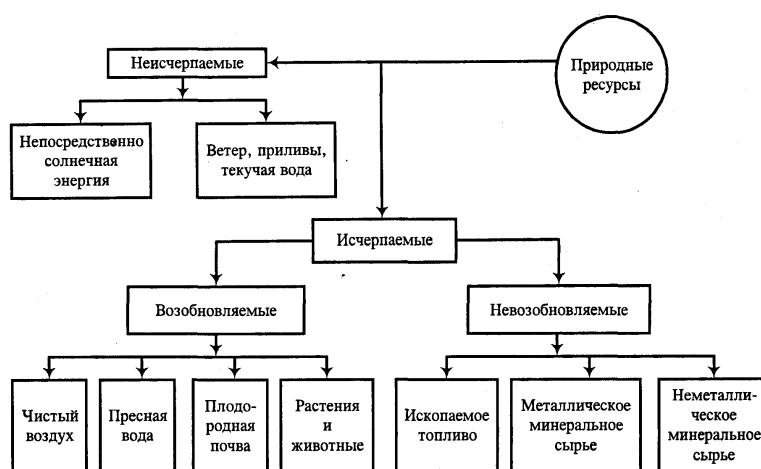


Рис.8.1. Классификация природных ресурсов

Второй признак, по которому классифицируют ресурсы, — **по использованию их в производстве**. Сюда относятся следующие ресурсы:

— **земельный фонд** — все земли в пределах страны, входящие по своему назначению в следующие категории: сельскохозяйственные, населенных пунктов, несельскохозяйственного назначения (промышленности, транспорта, горных выработок и т. п.).

— **лесной фонд** — часть земельного фонда Земли, на которой произрастает или может произрастать лес, выделенный для ведения сельского хозяйства и организации особо охраняемых природных территорий; он является частью биологических ресурсов;

— **водные ресурсы** — количество подземных и поверхностных вод, которые могут быть использованы для различных целей в хозяйстве (особое значение имеют ресурсы пресных вод, основным источником которых являются речные

воды);

— **гидроэнергетические ресурсы** — которые способна дать река, приливно-отливная деятельность океана и т. п.;

— **ресурсы фауны** — количество обитателей вод, лесов, которые может использовать человек, не нарушая экологического равновесия;

— **полезные ископаемые** (рудные, нерудные, топливно-энергетические ресурсы) — природное скопление минералов в земной коре, которое может быть использовано в хозяйстве, а скопление полезных ископаемых образует их месторождения, запасы которых должны иметь промышленное значение.

С природоохранной точки зрения важное значение имеет классификация ресурсов по третьему признаку — **по степени истощаемости**. *Истощение природных ресурсов* с экологических позиций — это несоответствие между безопасными нормами изъятия природного ресурса из природных систем и недр, и потребностями человечества (страны, региона, предприятия и т. д.). На рис. 8.1 приводится схема классификации по степени истощаемости.

**Неисчерпаемые ресурсы** — непосредственно солнечная энергия и вызванные ею природные силы, — например, ветер и приливы существуют вечно и в неограниченных количествах.

**Исчерпаемые ресурсы** имеют количественные ограничения, но одни из них могут *возобновляться*, если есть к этому естественные возможности или даже с помощью человека (искусственная очистка воды, воздуха, повышение плодородия почв, восстановление поголовья диких животных и т. п.). Однако очень важная группа ресурсов *не возобновляется*. Все они имеют ограниченные запасы в литосфере. Эти ресурсы конечны и не возобновляются.

У человека есть возможности заменить наиболее дефицитные ресурсы на имеющие большее распространение и большие запасы. Но, как правило, подобно тому, как и при замене одних экологических ресурсов (например, пищевых) в экосистемах другими, понижается качество.

Таким образом, одним из важнейших лимитирующих факторов выживания человека как биологического вида является ограниченность и исчерпаемость

важнейших для него природных ресурсов. Но человек еще и социальное существо, поэтому для развития и выживания человеческого общества очень важен характер использования ресурсов.

В настоящее время человечеству доступны климатические и космические ресурсы, ресурсы Мирового океана и континентов. Постоянно растет количественное их потребление, растет их «ассортимент» без учета ресурсообеспеченности.

### **Контрольные вопросы**

1. В чем отличия и сходство человека и животного мира?
2. Почему человек стал строить свою собственную экосистему?
3. В чем особенности адаптационных процессов в искусственной, городской, среде?
4. Какими факторами ограничен рост человеческой популяции?
5. Что такое природные ресурсы и из чего они состоят?
6. Как классифицируются ресурсы по источникам происхождения? по использованию их в производстве? по степени истощаемости?

### **Тесты для самопроверки**

1. Первый экологический кризис был связан с:
  - a) резким изменением климата в местах обитания человека;
  - b) ускоренным расселением людей на Земле;
  - c) ростом численности людей и истреблением многих доступных видов животных;
  - d) опустыниванием больших площадей Земли;
  - e) сплошной вырубкой лесов.
2. Социальная экология это:
  - a) научная дисциплина исследующая и обобщающая специфические связи между обществом и человеком и окружающей средой;
  - b) научная дисциплина исследующая связи между группами внутри человеческого общества;

с) раздел общей экологии исследующей взаимоотношения между человеком и его производственной деятельностью;

д) научная дисциплина исследующая вопросы развития миграции

е) научная дисциплина исследующая совершенствование возможностей человеческого общества.

3. Социозкосистемы состоят из компонентов:

а) биогенных, абиогенных, социальных

б) биогенных, абиогенных, искусственных

в) биогенных, абиогенных, искусственных и социальных

г) абиогенных, социальных, искусственных

е) все ответы не верны

4. Один из антропогенных кризисов был вызван:

а) изменением климата

б) массовым уничтожением крупных животных в результате перепромысла;

в) ослаблением солнечной радиации;

г) ухудшением качества питьевой воды;

е) ростом численности населения Земли.

## 9. АНТРОПОГЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Человек в конкурентной борьбе за выживание в природной окружающей среде начал строить свои искусственные антропогенные экосистемы. Примерно десять тысяч лет назад он перестал быть «рядовым» консументом, собирающим дары природы, и начал эти «дары» получать сам, посредством своей трудовой деятельности, создав сельское хозяйство - растениеводство и животноводство. Освоив сельскохозяйственную модель человек подошел к промышленной революции *которая* началась 200 лет назад, и до современного комплексного взаимодействия с окружающей средой. На современном этапе он для удовлетворения своих все возрастающих потребностей вынужден изменять природные экосистемы и даже разрушать их.

## 9.1 Человек и экосистемы

Энергия — это изначальная движущая сила экосистем, причем всех - и природных и антропогенных. Энергетические ресурсы этих систем могут быть неисчерпаемы - солнце ветер приливы и исчерпаемы - топливно-энергетическими (уголь, нефть, газ и т. п). Используя топливо, человек может добавлять энергию в систему или даже полностью ее субсидировать энергией. Опираясь на эти энергетические особенности существующих систем, Ю. Одум предложил их классификацию, приняв энергию за основу, и выделил четыре фундаментальных типа экосистем:

1. Природные: движимые Солнцем, не субсидируемые.
2. Природные, движимые Солнцем, субсидируемые другими естественными источниками.
3. Движимые Солнцем и субсидируемые человеком.
4. Индустриально-городские, движимые топливом (ископаемым, другим органическим или ядерным).

Первые два типа — это *природные экосистемы*, а третий и четвертый — следует отнести к *антропогенным*.

**К первому типу экосистем** относятся океаны, высокогорные леса, являющиеся основой жизнеобеспечения на планете Земля.

**Ко второму типу экосистем** относят речные экосистемы, дождевые леса, т. е. те, которые субсидируются энергией приливных волн, течений и ветра.

Хотя экосистемы первого типа неспособны поддерживать высокую плотность их фауны и флоры, они занимают громадные площади — одни океаны — это 70% территории земного шара. Ими движет энергия только самого Солнца, и они являются основой, стабилизирующей и поддерживающей жизнеобеспечивающие условия на планете.

Экосистемы второго типа обладают высокой естественной плодородностью, поскольку организмы, приспособились использовать «дополнительную» энергию приливов и течений. Эти системы «производят» столько первичной биомассы, что ее хватает не только на собственное содержание, но часть этой

продукции может выноситься в другие системы или накапливаться.

Таким образом, природные экосистемы «работают» без всяких затрат со стороны человека. Поддержание своей жизнеспособности и собственного развития, в системе создается и заметная доля пищевых продуктов и других материалов, необходимых уже для жизни самого человека. Но главное, здесь очищаются большие объемы воздуха, возвращает-

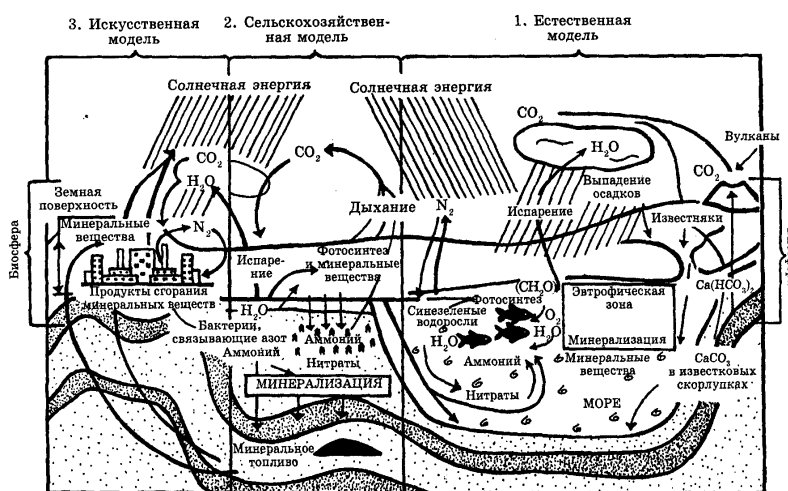


Рис.9.1. Динамика экологической системы человек — окружающая среда  
 ся в оборот пресная вода, формируется климат и др.

Совсем иначе работают антропогенные экосистемы. К ним можно отнести **третий тип** — это агроэкосистемы, аквакультуры, производящие продукты питания и волокнистые материалы, но уже не только за счет энергии Солнца, но и в форме горючего, поставляемого человеком.

Эти системы походят на природные, поскольку саморазвитие культурных растений в период вегетации — это процесс природный и вызван к жизни природной солнечной энергией. Подготовка почвы, уборка урожая и др. — это уже энергетические затраты человека. Человек практически целиком меняет природную экосистему, что выражается, прежде всего, в *ее упрощении*, т. е. снижении видового разнообразия, вплоть до сильно упрощенной монокультурной системы (табл.9.1).

Таблица 9.1 - Сравнение природной и упрощенной антропогенной экосистем



Природная экосистема (болото, луг, лес)	Антропогенная экосистема (поле, завод, дом)
Получает, преобразует, накапливает солнечную энергию	Потребляет энергию ископаемого и ядерного топлива
Продуцирует кислород и потребляет диоксид углерода	Потребляет кислород и продуцирует диоксид углерода при сгорании ископаемого топлива
Формирует плодородную почву	Истощает или представляет угрозу для плодородных почв
Накапливает, очищает и постепенно расходует воду	Расходует много воды, загрязняет ее
Создает место обитания различных видов дикой природы	Разрушает место обитания многих видов дикой природы
Бесплатно фильтрует и обеззараживает загрязнители и отходы	Производит загрязнители и отходы, которые должны обеззараживаться за счет населения
Обладает способностью самосохранения и самовосстановления	Требует больших затрат для постоянного поддержания и восстановления

Современное сельское хозяйство позволяет постоянно, из года в год, удерживать экосистемы на ранних стадиях сукцессий, добиваясь максимальной продуктивности одного или нескольких растений (например, кукурузы, пшеницы, гороха и т. п.). Устойчивое появление новых видов, например травянистых растений, есть результат естественного сукцессионного процесса. То, что мы называем *сорняками*, — не что иное, как пионерные виды растений, *вредители* — насекомые и другие животные, а возбудители болезней — микроорганизмы. Животноводство — это также путь к упрощению экосистемы; охраняя полезных ему сельскохозяйственных животных, (коров, свиней, овец и др.), человек уничтожает диких животных: травоядных, как конкурентов в пищевых ресурсах, хищников, как уничтожающих домашний скот.

Вылов ценных видов рыб упрощает экосистемы водоемов. Загрязнение воздушной и водной сред также ведет к гибели деревьев и рыб и обедняет природные экосистемы.

Нетрудно понять, что, по мере роста народонаселения, люди будут вынуждены преобразовывать все новые зрелые экосистемы в простые молодые продуктивные (например, путем уничтожения тропических лесов, осушения болот

и т. п.). На поддержание этих систем в «молодом» возрасте увеличится использование топливно-энергетических ресурсов. Кроме того, произойдет утрата видового (генетического) разнообразия и природных ландшафтов.

Молодые, продуктивные экосистемы очень уязвимы из-за монотипного видового состава, так как в результате какой-то экологической катастрофы, например засухи, ее уже не восстановить из-за разрушения генотипа. Но для жизни человечества они необходимы, поэтому наша задача — сохранить баланс между упрощенными антропогенными и соседствующими с ними бо-лее сложными, с богатейшим генофондом, природными экосистемами, от которых они зависят.

Действительное различие между системами лишь в распределении энергии: в антропогенной она поглощается лишь несколькими или, вообще, одним-двумя видами, а в природной — многими видами и веществами.

Для экосистемы **четвертого типа**, относятся индустриально-городские системы — здесь энергия топлива полностью заменяет солнечную энергию. По сравнению с потоком энергии в природных экосистемах — здесь ее расход на два-три порядка выше.

## **9.2 Сельскохозяйственные экосистемы (агроэкосистемы)**

Главная цель сельхозсистем — рациональное использование тех *биологических ресурсов*, которые непосредственно вовлекаются в сферу деятельности человека — источники пищевых продуктов, технологического сырья, лекарственных препаратов. Сюда же относятся специально культивируемые человеком виды, являющиеся объектами сельскохозяйственного производства: рыбоводства, звероводства, специального выращивания лесных культур, а также виды, используемые для промышленных технологий.

**Агроэкосистемы** создаются человеком для получения высокого урожая — чистой продукции автотрофов.

1. В них резко снижено разнообразие видов: снижение видов культивируемых растений снижает и видовое разнообразие животного населения биоценоза;

видовое разнообразие разводимых человеком животных ничтожно мало по сравнению с природным; культурные пастбища по видовому разнообразию похожи на сельскохозяйственные поля.

2. Виды растений и животных, культивируемых человеком, за счет искусственного отбора и неконкурентоспособны в борьбе с дикими видами без поддержки человека.

3. Агрэкосистемы получают дополнительную энергию, кроме солнечной.

4. Чистая продукция (урожай) удаляется из экосистемы и не поступает в цепи питания биоценоза, а частичное ее использование вредителями, потери при уборке, которые тоже попадают в естественные трофические цепи, пресекаются человеком.

5. Экосистемы полей, садов, пастбищ, огородов и других агроценозов — это упрощенные системы, поддерживаемые человеком на ранних стадиях сукцессии, и они столь же неустойчивы и неспособны к саморегуляции, как и природные пионерные сообщества, поэтому они не могут существовать без поддержки человека.

Чтобы не происходило таких явлений, необходима искусственная регуляция численности вредителей с быстрым подавлением тех, которые только пытаются выйти из-под контроля. Упрощение природного окружения человека, с экологических позиций, очень опасно. Поэтому нельзя превращать весь ландшафт в агрохозяйственный, необходимо сохранять и умножать его многообразие, оставляя нетронутые участки, которые могли бы быть источником видов для восстанавливающихся в сукцессиях сообществ.

### **9.3 Индустриально-городские экосистемы**

*Урбанизация* — это рост и развитие городов, увеличение доли городского населения за счет сельской местности, процесс повышения роли городов в развитии общества. Рост численности населения и его плотности —

характерная черта городов.

Человек сам создает эти сложные урбанистические системы, преследуя цель — улучшить условия жизни, и не только просто «оградившись» от лимитирующих факторов, но и создав для себя новую искусственную среду, повышающую комфортность жизни. Это ведет к отрыву человека от естественной природной обстановки и к нарушению природных экосистем.

**Урбанистическая система** неустойчивая природно-антропогенная система, по мере развития города все более дифференцируются на функциональные зоны — промышленная, селитебная, лесопарковая. **Промышленные зоны** — это территории сосредоточения промышленных объектов различных отраслей (металлургической, химической, машиностроительной, электронной и др.). Они являются основными источниками загрязнения окружающей среды.

**Селитебные зоны** — это территории сосредоточения жилых домов, административных зданий, объектов культуры, просвещения и т. п.

**Лесопарковая** — это зеленая зона вокруг города, окультуренная человеком, т. е. приспособленная для массового отдыха, спорта, развлечения. Возможны ее участки и внутри городов, но обычно здесь *городские парки* — древесные насаждения в городе, занимающие достаточно обширные территории и тоже служащие горожанам для отдыха. В отличие от естественных лесов и даже лесопарков, городские парки и в городе (скверы, бульвары) не являются самоподдерживающимися и само регулируемым системами.

Лесопарковая зона, городские парки и другие участки территории, отведенные и специально приспособленные для отдыха людей, называют **рекреационными** зонами.

Углубление процессов урбанизации ведет к усложнению инфраструктуры города. Значительное место начинает занимать *транспорт* и *транспортные сооружения* (автомобильные дороги, автозаправочные станции, гаражи, станции обслуживания, железные дороги со своей сложной инфраструктурой, в том числе подземные — метрополитен; аэродромы с комплексом обслуживания и др.). *Транспортные системы* пересекают все функциональные зоны города и

оказывают влияние на всю городскую среду .

**Среда, окружающая человека** в этих условиях, — это совокупность абиотической и социальных сред, совместно и непосредственно оказывающих влияние на людей и их хозяйство. По Н. Ф. Реймерсу, ее можно делить на собственно *природную среду* и *преобразованную человеком природную среду* (антропогенные ландшафты вплоть до искусственного окружения людей — здания, асфальт дорог, искусственное освещение и т. д., т. е. до *искусственной среды*). В целом же среда городская и населенных пунктов городского типа — это часть **техносферы**, т. е. биосферы, коренным образом преобразованной человеком в технические и техногенные объекты.

*Геологическая среда* — это горные породы, подземные воды, на которые оказывает воздействие хозяйственная деятельность человека (рис.9.2).

На городских территориях, в урбозкосистемах, можно выделить группу систем, отражающую всю сложность взаимодействия зданий и сооружений с окружающей средой, которые называют *природно-техническими системами*. Они теснейшим образом связаны с антропогенными ландшафтами, с их геологическим строением и рельефом.

Таким образом, урбосистемы — это средоточие населения, жилых и промышленных зданий и сооружений. Существование урбосистем зависит от энергии горючих ископаемых и атомно-энергетического сырья, искусственно регулируется и поддерживается человеком.

Среда урбосистем, как ее географическая, так и геологическая части, наиболее сильно изменена и по сути дела стала **искусственной**, здесь возникают проблемы утилизации и реутилизации вовлекаемых в оборот

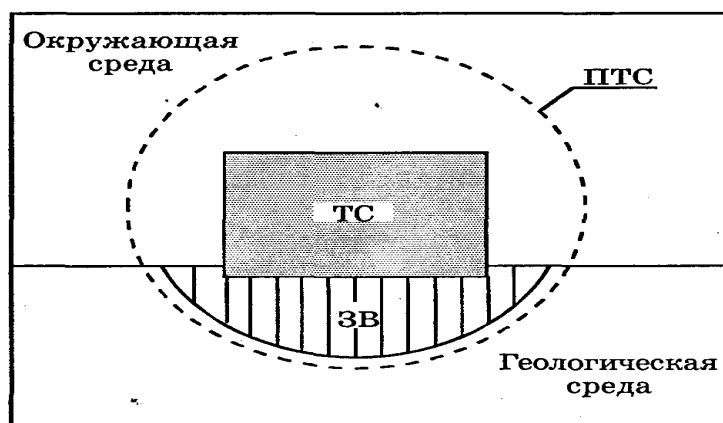


Рис.9.2. Взаимодействие технической системы с внешними средами: ТС — техническая система; ПТС — природно-техническая система; ЗВ — зона воздействия (влияния) технической системы на геологическую среду природных ресурсов, загрязнения и очистки окружающей среды, здесь происходит все большая изоляция хозяйственно-производственных циклов от природного обмена веществ (биогеохимических оборотов) и потока энергии в природных экосистемах. Именно здесь наибольшая плотность населения и искусственная среда, которые угрожают здоровью человека.

### Контрольные вопросы

1. Какой принцип положен Ю. Одумом в выделение четырех фундаментальных типов экосистем? Перечислите эти типы.
2. Что характерно для первого и второго типа экосистем (природных)?
3. Чем отличается третий тип экосистем (агроэкосистем) от похожих на них природных экосистем?
4. Что такое урбанизация и урбанистические системы?
5. Что понимается под природно-технической системой и искусственной средой?

### Тесты для самопроверки

1. Природно-промышленная система включает в себя:
  - а) системы деятельности обеспечивающие сохранение природно-ресурсного потенциала;

- b) совокупность мер исправленных на сохранение природы в состоянии, соответствующем эволюционным потребностям;
- c) экосистему оказывающая влияние на деятельность человеческого общества;
- d) структура производства, включающая в себя созданную человеком экосистему и оказывающее влияние на промышленное производство;
- e) совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению.

2. Важнейшей составной частью экосистемы современного города являются:

- a) благоустроенные жилища;
- b) автодороги и транспорт;
- c) сферы услуг и развлечений;
- d) зеленые насаждения;
- e) совокупность промышленных предприятий

3. С экологической точки зрения решение проблем энергетики связано:

- a) со строительством гидроэлектростанций;
- b) со стороительством современных теплоэлектростанций;
- c) с разработкой новых безопасных реакторов для атомных станций;
- d) с использованием нетрадиционных возобновляемых источников энергии;
- e) со строительством гидротермальных и тепловых электростанций;

4. К антропогенным источникам загрязнения окружающей среды не относятся

- a) транспорт
- b) сельское хозяйство
- c) вулканы и гейзеры
- d) промышленные предприятия
- e) городское хозяйство

4. Тяжесть воздействия загрязняющих веществ на организм человека определяют 3 основных фактора:

- a) химическая природа загрязнителя, его концентрация и устойчивость во внешней среде

b) характер источника загрязнения, концентрация загрязняющего вещества и длительность его воздействия на организмы

c) агрегатное состояние загрязнителя, его устойчивость во внешней среде и площадь загрязнения

d) характер источника загрязнения, химическая природа загрязнителя и его способность к саморазрушению

e) все ответы верны

5. Высокая доля использования природных ресурсов и, как следствие, высокий уровень загрязнения окружающей среды является ключевыми факторами, характеризующими

a) благосостояние населения;

b) перепотребление;

c) уровень развития производства;

d) демографический взрыв

## 10. АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОСФЕРУ

### 10.1 ОСНОВНЫЕ ВИДЫ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА БИОСФЕРУ

**Биосфера**, динамичная планетарная экосистема, во все периоды своего эволюционного развития постоянно изменялась под воздействием различных природных процессов. В результате длительной эволюции биосфера выработала способность к саморегуляции и нейтрализации негативных процессов. Достигалось это посредством сложного механизма круговорота веществ.

Главным событием эволюции биосферы признавалось приспособление организмов к изменившимся внешним условиям. Гарантом динамической устойчивости биосферы в течение многих лет служила естественная биота в виде сообществ и экосистем в необходимом объеме.

Однако по мере возникновения, совершенствования и распространения новых технологий (охота — земледельческая культура — промышленная революция) планетарная экосистема, адаптированная к воздействию природных факторов,



все в большей степени стала испытывать влияние новых небывалых по силе, мощности и разнообразию воздействий. Вызваны они человеком, а потому называются антропогенными. Под *антропогенными воздействиями* понимают деятельность, связанную с реализацией экономических, военных, рекреационных, культурных и других интересов человека, вносящую физические, химические, биологические и другие изменения в окружающую природную среду.

Известный эколог Б. Коммонер (1974) выделял пять, по его мнению, основных видов вмешательства человека в экологические процессы:

- упрощение экосистемы и разрыв биологических циклов;
- концентрация рассеянной энергии в виде теплового загрязнения;
- рост ядовитых отходов от химических производств;
- введение в экосистему новых видов;
- появление генетических изменений в организмах растений и животных.

Подавляющая часть антропогенных воздействий носит *целенаправленный* характер, т. е. осуществляется человеком сознательно во имя достижения конкретных целей.

Нарушение основных систем жизнеобеспечения биосферы связаны в первую очередь с целенаправленными антропогенными воздействиями. По своей природе, глубине и площади распространения, времени действия и характеру приложения они могут быть различными.

Анализ экологических последствий антропогенных воздействий позволяет разделить все их виды на положительные и отрицательные (негативные). К *положительным* воздействиям человека на биосферу можно отнести воспроизводство природных ресурсов, восстановление запасов подземных вод, рекультивацию земель на месте разработок полезных ископаемых и некоторые другие мероприятия.

*Отрицательное* (негативное) воздействие человека на биосферу проявляется в самых разнообразных масштабных акциях: вырубке леса на больших площадях, истощении запасов пресных подземных вод, засолении и

опустынивании земель, резком сокращении численности, а также видов животных и растений, и т. д.

Главнейшим и наиболее распространенным видом отрицательного воздействия человека на биосферу является *загрязнение*. Большинство экологических ситуаций в мире так или иначе связаны с загрязнением окружающей природной среды (кислотные дожди, опасные отходы и т. д.). Поэтому понятие «загрязнение» рассмотрим подробнее.

**Загрязнением** называют поступление в окружающую природную среду любых твердых, жидких и газообразных веществ, микроорганизмов или энергий (в виде звуков, шумов, излучений) в количествах, вредных для здоровья человека, животных, состояния растений и экосистем.

Более развернутую характеристику этого понятия приводит известный французский ученый Ф. Рамад: «*Загрязнение* есть неблагоприятное изменение окружающей среды, которое целиком или частично является результатом человеческой деятельности, прямо или косвенно меняет распределение входящей энергии, уровни радиации, физико-химические свойства окружающей среды и условия существования живых существ. Эти изменения могут влиять на человека прямо или через сельскохозяйственную продукцию, через воду или другие биологические продукты (вещества)».

По объектам загрязнения различают *загрязнение поверхностных и подземных вод, загрязнение атмосферного воздуха, загрязнение почв* и т. д. В последние годы актуальными стали и проблемы, *связанные с загрязнением околоземного космического пространства*.

Источниками *антропогенного загрязнения*, наиболее опасного для популяций любых организмов, являются промышленные предприятия (химические, металлургические, целлюлозно-бумажные, строительных материалов и др.), теплоэнергетика, транспорт, сельскохозяйственное производство и другие технологии. Под влиянием урбанизации загрязнены территории крупных городов и промышленных агломераций. *Природными загрязнителями* могут быть пыльные бури, вулканический пепел, селевые потоки и др.

По видам загрязнений выделяют *химическое, физическое и биологическое* загрязнение (рис.10.1). По своим масштабам и распространению загрязнение может быть *локальным, региональным и глобальным*.

Количество загрязняющих веществ в мире огромно, и число их по мере развития новых технологических процессов постоянно растет. В этом отношении «приоритет», как в локальном, так и в глобальном масштабе, ученые отдают следующим загрязняющим веществам:

— *диоксиду серы* (с учетом эффектов вымывания диоксида серы из атмосферы и попадания образующихся серной кислоты и сульфатов на растительность, почву и в водоемы);

— *тяжелым металлам*: в первую очередь свинцу, кадмию и особенно ртути (с учетом ее миграции и превращения в высокотоксичную метилртуть);

— некоторым *канцерогенным веществам*, в частности бенз(а)пирену;

— *нефти и нефтепродуктам* в морях и океанах;

— *хлорорганическим пестицидам* (в сельских районах);

— *оксиду углерода и оксидам азота* (в городах).

Под видами загрязнений понимают также любые нежелательные для экосистем антропогенные изменения

*ингредиентное* (минеральное и органическое) загрязнение как совокупность веществ, чуждых естественным биогеоценозам (например,



Рис. 10.1. Виды загрязнения окружающей среды

бытовые стоки, ядохимикаты, продукты сгорания и т. д);

*параметрическое* загрязнение, связанное с изменениями качественных параметров окружающей среды (тепловое, шумовое, радиационное, электромагнитное);

*биоценотическое* загрязнение, вызывающее нарушение в составе и структуре популяций живых организмов (перепромысел, акклиматизация видов и т. д.);

*стационально-деструкционное* загрязнение (станция — место обитания популяции, деструкция — разрушение), связанное с нарушением и преобразованием ландшафтов и экосистем в процессе природопользования (регулирование водотоков, урбанизация, вырубка лесных насаждений и пр.).

Можно отметить, что воздействие человека на биосферу в целом и на отдельные ее компоненты (атмосферу, гидросферу, литосферу и биотические сообщества) достигло к настоящему времени беспрецедентных размеров. Современное состояние планеты Земля оценивается как глобальный экологический кризис. Негативные тенденции этих воздействий человека на биоту носят не только выраженный локальный, но и глобальный характер.

## 10.2 АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРУ

Вопрос о воздействии человека на атмосферу находится в центре внимания специалистов и экологов всего мира. И это не случайно, так как крупнейшие глобальные экологические проблемы современности — «парниковый эффект», нарушение озонового слоя, выпадение кислотных дождей, связаны именно с антропогенным загрязнением атмосферы.

Охрана атмосферного воздуха — ключевая проблема оздоровления окружающей природной среды. Атмосферный воздух занимает особое положение среди других компонентов сферы. Человек может находиться без пищи пять недель, без воды — пять дней, а без воздуха всего лишь пять минут. При этом воздух должен иметь определенную чистоту и любое отклонение от нормы опасно для здоровья.

Атмосферный воздух выполняет и сложнейшую защитную экологическую функцию, предохраняя Землю от абсолютно холодного Космоса и потока солнечных излучений. В атмосфере идут глобальные метеорологические процессы, формируются климат и погода, задерживается масса метеоритов.

Атмосфера обладает способностью к самоочищению. Оно происходит при вымывании аэрозолей из атмосфер осадками, турбулентном перемешивании приземного слоя воздуха, отложении загрязненных веществ на поверхности земли и т.д. Однако в современных условиях возможности природных систем самоочищения атмосферы серьезно подорваны. При антропогенных загрязнениях в атмосфере стали проявляться нежелательные экологические последствия, в том числе и глобального характера. По этой причине атмосферный воздух уже не в полной мере выполняет свои защитные, терморегулирующие и жизнеобеспечивающие экологические функции.

**Под загрязнением атмосферного воздуха** следует понимать любое изменение его состава и свойств, которое оказывает негативное воздействие на здоровье человека и животных, состояние растений и экосистем.

Загрязнение атмосферы может быть естественным (природным) и

антропогенным (техногенным).

**Естественное загрязнение** воздуха вызвано природными процессами. К ним относятся вулканическая деятельность, выветривание горных пород, ветровая эрозия, массовое цветение растений, дым от лесных и степных пожаров и др.

**Антропогенное загрязнение** связано с выбросом различных загрязняющих веществ в процессе деятельности человека. По своим масштабам оно значительно превосходит природное загрязнение атмосферного воздуха.

В зависимости от масштабов распространения выделяют различные типы загрязнения атмосферы: местное, региональное и глобальное. *Местное загрязнение* характеризуется повышенным содержанием загрязняющих веществ на небольших территориях (город, промышленный район, сельскохозяйственная зона и др.). При *региональном загрязнении* в сферу негативного воздействия вовлекаются значительные пространства, но не вся планета. *Глобальное загрязнение* связано с изменением состояния атмосферы в целом.

По агрегатному состоянию выбросы вредных веществ в атмосферу классифицируются на: 1) газообразные (диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, углеводороды и др.); 2) жидкие (кислоты, щелочи, растворы солей и др.); 3) твердые (канцерогенные вещества, свинец и его соединения, органическая и неорганическая пыль, сажа, смолистые вещества и прочие).

*Главные загрязнители (поллютанты) атмосферного воздуха*, образующиеся в процессе производственной и иной деятельности человека — диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ), оксид углерода (CO) и твердые частицы. На их долю приходится около 98 % в общем, объеме выбросов вредных веществ. Помимо главных загрязнителей, в атмосфере городов и поселков наблюдается еще более 70 наименований вредных веществ, среди которых — формальдегид, фтористый водород, соединения свинца, аммиак, фенол, бензол, сероуглерод и др. Однако именно концентрации главных загрязнителей (диоксид серы и др.) наиболее часто превышают допустимые уровни во многих городах.

Наиболее опасное загрязнение атмосферы — радиоактивное. В настоящее время оно обусловлено в основном глобально распределенными

долгоживущими радиоактивными изотопами — продуктами испытания ядерного оружия, проводившихся в атмосфере и под землей.

Еще одной формой загрязнения атмосферы является локальное избыточное поступление тепла от антропогенных источников. Признаком теплового (термического) загрязнения атмосферы служат так называемые термические юны, например, «остров тепла» в городах, потепление водоемов и т. п.

**Основные источники загрязнения атмосферы** В настоящее время основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха следующие отрасли: теплоэнергетика (тепловые и атомные электростанции, промышленные и городские котельные и др.), далее предприятия черной металлургии, нефтедобычи и нефтехимии, автотранспорт, предприятия цветной металлургии и производство стройматериалов.

Роль различных отраслей хозяйства в загрязнении атмосферы в развитых промышленных странах Запада несколько иная. Так, например, основное количество выбросов вредных веществ в США, Великобритании и Германии приходится на автотранспорт (50—60%), тогда как на долю теплоэнергетики значительно меньше, всего 16—20%.

**Тепловые и атомные электростанции. Котельные установки.** В процессе сжигания твердого или жидкого топлива в атмосферу выделяется дым, содержащий продукты полного (диоксид углерода и пары воды) и неполного (оксиды углерода, серы, азота, углеводороды и др.) сгорания. Объем энергетических выбросов очень велик. Так, современная теплоэлектростанция мощностью 2,4 млн кВт расходует до 20 тыс. т угля в сутки и выбрасывает в атмосферу в сутки 680 т  $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$ , 120-140 т твердых частиц (зола, пыль, сажа), 200 т оксидов азота.

Перевод установок на жидкое топливо (мазут) снижает выбросы золы, но практически не уменьшает выбросы оксидов серы и азота. Наиболее экологично газовое топливо, которое в три раза меньше загрязняет атмосферный воздух, чем мазут, и в пять раз меньше, чем уголь.

Крупный источник энергетического загрязнения атмосферы — отопительная

система жилищ (котельные установки) дает мало оксидов азота, но много продуктов неполного сгорания. Из-за небольшой высоты дымовых труб токсичные вещества в высоких концентрациях рассеиваются вблизи котельных установок.

**Черная и цветная металлургия.** При выплавке одной тонны стали в атмосферу выбрасывается 0,04 т твердых частиц, 0,03 т оксидов серы и до 0,05 т оксида углерода, а также в небольших количествах такие опасные загрязнители, как марганец, свинец, фосфор, мышьяк, пары ртути и др. В процессе сталеплавильного производства в атмосферу выбрасываются смеси, состоящие из фенола, формальдегида, бензола, аммиака и других токсичных веществ. Значительные выбросы отходящих газов и пыли, содержащих токсичные вещества, отмечаются на заводах цветной металлургии при переработке свинцово-цинковых, медных, сульфидных руд, при производстве алюминия и др.

**Химическое производство.** Выбросы этой отрасли, хотя и невелики по объему (около 2% всех промышленных выбросов), тем не менее, ввиду своей весьма высокой токсичности, значительного разнообразия и концентрированное представляют значительную угрозу для человека и всей биоты. На разнообразных химических производствах атмосферный воздух загрязняют оксиды серы, соединения фтора, аммиак, нитрозные газы (смесь оксидов азота), хлористые соединения, сероводород, неорганическая пыль и т. п.).

**Выбросы автотранспорта.** В мире насчитывается несколько сот миллионов автомобилей, которые сжигают огромное количество нефтепродуктов, существенно загрязняя атмосферный воздух, прежде всего в крупных городах. 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). Наибольшее количество вредных веществ в составе отработавших газов образуется при не отрегулированной топливной системе автомобиля. Правильная ее регулировка позволяет снизить их количество в 1,5



раза, а специальные нейтрализаторы снижают токсичность выхлопных газов в шесть и более раз.

Интенсивное загрязнение атмосферного воздуха отмечается также при добыче и переработки минерального сырья, на нефте- и газоперерабатывающих заводах, при выбросе пыли и газов из подземных горных выработок, при сжигании мусора и горении пород в отвалах (терриконах) и т. д. В сельских районах очагами загрязнения атмосферного воздуха являются животноводческие и птицеводческие фермы, промышленные комплексы по производству мяса, распыление пестицидов и т. д.

### **10.3 Экологические последствия загрязнения атмосферы**

К важнейшим экологическим последствиям глобального загрязнения атмосферы относятся:

- 1) возможное потепление климата («парниковый эффект»);
- 2) нарушение озонового слоя;
- 3) выпадение кислотных дождей. Большинство ученых в мире рассматривают их как крупнейшие экологические проблемы современности.

**Возможное потепление климата («парниковый эффект»)** В настоящее время наблюдаемое изменение климата, которое выражается в постепенном повышении среднегодовой температуры, начиная со второй половины прошлого века, большинство ученых связывают с накоплениями в атмосфере так называемых «парниковых газов» — диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ), метана ( $\text{CH}_4$ ), хлорфторуглеродов (фреонов), озона ( $\text{O}_3$ ), оксидов азота и др.

Парниковые газы, и в первую очередь  $\text{CO}_2$  препятствуют длинноволновому тепловому излучению с поверхности Земли. По Г. Хефлингу, атмосфера, насыщенная парниковыми газами, действует как крыша теплицы. Она, с одной стороны, пропускает внутрь большую часть солнечного излучения, с другой — почти не пропускает наружу тепло, переизлучаемое Землей.

В связи с сжиганием человеком все большего количества ископаемого топлива: нефти, газа, угля и др. (ежегодно более 9 млрд т условного топлива) —

концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере постоянно увеличивается. За счет выбросов в атмосферу при промышленном производстве и в быту растет содержание фреонов (хлорфторуглеродов). На 1—1,5% в год увеличивается содержание метана (выбросы из подземных горных выработок, сжигание биомассы и др.). В меньшей степени растет содержание в атмосфере и оксида азота (на 0,3% ежегодно).

Следствием увеличения концентраций этих газов, создающих «парниковый эффект» является рост средней глобальной температуры воздуха у земной поверхности. Расчеты некоторых ученых показывают, что в 2005 г. она будет на 1,3 °С больше, чем в 1950—1980 гг. В докладе, подготовленном под эгидой ООН международной группой по проблемам климатических изменений, утверждается, что к 2100 г. температура на Земле увеличится на 2—4 градуса. Масштабы потепления, а значит, экологические последствия могут быть катастрофическими. В первую очередь это связано с предполагаемым повышением уровня Мирового океана, вследствие таяния полярных льдов, сокращения площадей горного оледенения и т. д. Моделируя экологические последствия повышения уровня океана всего лишь на 0,5—2,0 м к концу XXI в., ученые установили, что это неизбежно приведет к нарушению климатического равновесия, затоплению равнин в более чем 30 странах, и к другим неблагоприятным последствиям.

Ряд ученых видят в предполагаемом глобальном потеплении климата и положительные экологические последствия. Повышение концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере и связанное с ним увеличение фотосинтеза, а также возрастание увлажнения климата могут, по их мнению, привести к увеличению продуктивности как естественных фитоценозов (лесов, лугов, саванн и др.), так и агроценозов (культурных растений, садов, виноградников и др.).

По вопросу о степени влияния парниковых газов на глобальное потепление климата также нет единства во мнениях. Так, в отчете Межправительственной группы экспертов по проблеме изменения климата (1992) отмечается, что наблюдающееся в последнее столетие потепление климата на 0,3—0,6°С могло

быть обусловлено преимущественно природной изменчивостью ряда климатических факторов.

На международной конференции в Торонто (Канада) в 1985 г. перед энергетикой всего мира поставлена задача сократить к 2005 г. на 20% промышленные выбросы углерода в атмосферу. Но ощутимый экологический эффект может быть получен лишь при сочетании этих мер с глобальным направлением экологической политики — максимально возможным сохранением сообществ организмов, природных экосистем и всей биосферы Земли. **Озоновый слой (озоносфера)** охватывает весь земной шар и располагается на высотах от 10 до 50 км с максимальной концентрацией озона на высоте 20—25 км. Насыщенность атмосферы озоном постоянно меняется в любой части планеты, достигая максимума весной в приполярной области.

Впервые истощение озонового слоя привлекло внимание широкой общественности в 1985г., когда над Антарктидой было обнаружено пониженное (до 50%) содержание озона, получившее название «*озоновой дыры*». С тех пор результаты измерений подтверждают уменьшение озонового слоя практически на всей планете. В настоящее время истощение озонового слоя признано всеми как серьезная угроза глобальной экологической безопасности. Снижение концентрации озона ослабляет способность атмосферы защищать все живое на Земле от жесткого ультрафиолетового излучения (УФ-радиация). Живые организмы весьма уязвимы для ультрафиолетового излучения, ибо энергии этих лучей достаточно, чтобы разрушить химические связи в большинстве органических молекул. Установлено также, что растения под влиянием сильного ультрафиолетового излучения постепенно теряют свою способность к фотосинтезу, а нарушение жизнедеятельности планктона приводит к разрыву трофических цепей биоты водных экосистем, и т. д.

Еще до конца не установлено, каковы основные процессы, нарушающие озоновый слой. Предполагается как естественное, так и антропогенное происхождение «озоновых дыр». По мнению ученых, это вероятно связано с

повышенным содержанием *хлорфторуглеродов (фреонов)*. Одна из важнейших экологических проблем, с которой связывают окисление природной среды — **кислотные дожди**. Образуются они при промышленных выбросах в атмосферу диоксида серы и оксидов азота, которые, соединяясь с атмосферной влагой, образуют серную и азотную кислоты. Суммарные мировые антропогенные выбросы двух главных загрязнителей воздуха — виновников подкисления атмосферной влаги —  $\text{SO}_3$  и  $\text{NO}_2$  составляют ежегодно — более 255 млн т. Опасность представляют, не сами кислотные осадки, а протекающие под их влиянием процессы. Под действием кислотных осадков из почвы выщелачиваются не только жизненно необходимые растениям питательные вещества, но и токсичные тяжелые и легкие металлы — свинец, кадмий, алюминий и др. Впоследствии они сами или образующиеся токсичные соединения усваиваются растениями и другими почвенными организмами, что ведет к негативным последствиям. Примером негативного воздействия кислотных осадков на природные экосистемы является *закисление озер*. Особенно интенсивно оно происходит в Канаде, Швеции, Норвегии и на юге Финляндии.

Объясняется это тем, что значительная часть выбросов серы в таких промышленно развитых странах, как США, Германии и Великобритании, выпадают именно на их территории. Наиболее уязвимы в этих странах озера, так как коренные породы, слагающие их ложе, не способными нейтрализовать кислотные осадки, в отличие, например, от известняков, которые создают щелочную среду и препятствуют закислению. Закисление озер опасно не только для популяций различных видов рыб, но часто влечет за собой гибель планктона, многочисленных видов водорослей и других его обитателей. Озера становятся практически безжизненными.

#### **10.4 ОСОБЫЕ ВИДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОСФЕРУ**

К числу особых видов антропогенного воздействия на биосферу относят:

1) загрязнение среды опасными отходами;

- 2) шумовое воздействие;
- 3) биологическое загрязнение;
- 4) воздействие электромагнитных полей и излучений и некоторые другие виды воздействий.

### **Загрязнение среды отходами производства и потребления**

Одной из наиболее острых экологических проблем в настоящее время является загрязнение окружающей природной среды отходами производства и потребления и в первую очередь опасными отходами. Сконцентрированные в отвалах, хвостохранилищах, терриконах, свалках отходы являются источником загрязнения атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почв и растительности. Все отходы подразделяют на *бытовые и промышленные* (производственные).

Бытовые отходы могут находиться как в твердом, так и жидком и реже — в газообразном состояниях. *Твердые бытовые отходы* (ТБО)— совокупность твердых веществ (пластмасса, бумага, стекло, кожа и др.) и пищевых отходов, образующихся в бытовых условиях. *Жидкие бытовые отходы* представлены в основном сточными водами хозяйственно-бытового назначения. *Газообразные* — выбросами различных газов.

*Промышленные (производственные) отходы* (ОП)— это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшихся при производстве продукции или выполнении работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства. Они бывают твердыми (отходы металлов, пластмасс, древесина и т.д.), жидкими (производственные сточные воды, отработанные органические растворители и т. д.) и газообразные (выбросы промышленных печей, автотранспорта и т. д.).

Промышленные отходы, так же, как и бытовые, из-за недостатка полигонов захоронения в основном вывозятся на несанкционированные свалки. Обезвреживается и утилизируется только 1/5 часть.

Наибольшее количество промышленных отходов образует угольная

промышленность, предприятия черной и цветной металлургии, тепловые электростанции, промышленность строительных материалов.

Экологические кризисные ситуации, возникающие в различных точках планеты, во многих случаях обусловлены негативным воздействием так называемых опасных отходов. Под **опасными отходами** понимают отходы, содержащие в своем составе вещества, которые обладают одним из опасных свойств (токсичность, взрывчатость, инфекционность, пожароопасность и т. д.) и присутствуют в количестве, опасном для здоровья людей и окружающей природной среды.

Опасные отходы стали проблемой века и для борьбы с ними предпринимаются огромные усилия во всем мире.

*Радиоактивные отходы (РАО)* — твердые, жидкие или газообразные продукты ядерной энергетики, военных производств, других отраслей промышленности и систем здравоохранения, содержащие радиоактивные изотопы в концентрации, превышающей утвержденные нормы.

Радиоактивные элементы, например, стронций-90, передвигаясь по пищевым (трофическим) цепям, вызывают стойкие нарушения жизненных функций, вплоть до гибели клеток и всего организма. Некоторые из радионуклидов могут сохранять смертоносную токсичность в течение 10—100 млн лет.

Огромное количество небольших захоронений радиоактивных отходов рассеяно по всему миру. Так, только в США их выявлено несколько десятков тысяч, из которых многие являются активными источниками радиоактивного излучения. Проблема радиоактивных отходов со временем будет еще более острой и актуальной.

*Диоксинсодержащие отходы* образуются при сжигании промышленного и городского мусора, бензина со свинцовыми присадками и как побочные продукты в химической, целлюлозно-бумажной и электротехнической промышленности. Установлено, что диоксины образуются также при обезвреживании воды хлорированием при производстве пестицидов.

Диоксины — синтетические органические вещества из класса

хлоруглеводородов. Диоксины 2, 3, 7, 8, — ТХДД и диоксиноподобные соединения (более 200) — самые токсичные из полученных человеком веществ. Они обладают мутагенным, канцерогенным, действием; подавляют иммунную систему («диоксиновый СПИД») и в случае получения человеком через продукты питания или в виде аэрозолей достаточно высоких доз вызывают — постепенное истощение и смерть без явно выраженных патологических симптомов. Биологическое действие диоксинов проявляется уже в исключительно низких дозах. Впервые в мире диоксиновая проблема возникла в США в 30—40 гг.

Серьезную экологическую опасность для человека и биоты представляют также отходы, содержащие пестициды, бенз(а)пирен и другие токсиканты. Кроме того, следует учитывать, что за последние десятилетия человек, качественно изменив химическую обстановку на планете, включил в круговорот совершенно новые, весьма токсичные вещества, экологические последствия от использования которых еще не изучены.

Под **биологическим загрязнением** понимают привнесение в экосистемы в результате антропогенного воздействия нехарактерных для них видов живых организмов (бактерий, вирусов и др.), ухудшающих условия существования естественных биотических сообществ или негативно влияющих на здоровье человека.

Основными источниками биологического воздействия являются сточные воды предприятий пищевой и кожевенной промышленности, бытовые и промышленные свалки, канализационная сеть, поля орошения и др. Из этих источников разнообразные органические соединения и патогенные микроорганизмы попадают в почву, горные породы и подземные воды.

Особую опасность представляет биологическое загрязнение среды возбудителями инфекционных и паразитарных болезней. Значительные изменения окружающей среды в результате антропогенного воздействия приводят к непредсказуемым последствиям в поведении популяций возбудителей и переносчиков опасных для человека и животных болезней.

## **Контрольные вопросы**

1. На какие виды классифицируются отходы производства, потребления?
2. Какие отходы представляют наибольшую экологическую опасность для человека и биотических сообществ?
3. Что называют биологическим загрязнением?
4. Почему охрана природного воздуха считается ключевой проблемой оздоровления окружающей природной среды?
5. Назовите главные загрязнители (поллютанты) атмосферного воздуха.
6. Оцените роль различных отраслей хозяйства в загрязнении атмосферы.
7. Приведите примеры пагубного влияния высокотоксичных загрязнителей (поллютантов) на живые организмы.
8. Каковы важнейшие экологические последствия глобального загрязнения атмосферы?
  9. Чем вызваны кислотные дожди?
  10. Почему истощение озонового слоя Земли относится к числу важнейших экологических проблем?

## **Тесты для самопроверки**

1. Террикон - это:
  - a) отвал шахтных горных пород или отходов, отсыпаемой в форме конуса;
  - b) антропогенная тераса на склоне горы или холме созданная в процессе устройства рисовых полей
  - c) аббревиатура проектной документации - территориальная комплексная схема охраны наследия.
2. «Парниковый эффект», связанный с накоплением в атмосфере углекислого газа, сажи и других твердых частиц
  - a) вызовет повышение средней температуры и будет способствовать улучшению климата
  - b) вызовет уменьшение прозрачности атмосферы, что приведет в конечном



счете к похолоданию

с) вызовет повышение температуры и приведет к неблагоприятным изменениям в биосфере

d) не приведет к заметным изменениям в биосфере

3. К антропогенным источникам загрязнения окружающей среды не относятся

a) транспорт

b) сельское хозяйство

с) вулканы и гейзеры

d) промышленные предприятия

e) городское хозяйство

4. Выпадение кислотных дождей связано с:

a) изменением солнечной радиации;

b) повышением содержания углекислого газа в атмосфере;

с) увеличением количества озона в атмосферах;

d) выбросами в атмосферу оксида серы и оксида азота;

e) повышением содержания метана в атмосфере.

5. Проблема разрушения озонового слоя атмосферы впервые возникла

a) в начале XX века;

b) в 1940-1960гг.;

с) в 1970-1980гг.;

d) в середине 90-х годов;

e) в начале XIX века

## 11. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

### 11.1 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

В истории формирования природоохранной концепции можно выделить несколько этапов: видовая и заповедная охрана природы — поресурсная охрана — охрана природы — рациональное использование природных ресурсов — охрана среды обитания человека — охрана окружающей природной среды. Соответственно расширялось и углублялось само понятие природоохранной деятельности.

*Охрана природы* — совокупность государственных и общественных мероприятий, направленных на сохранение атмосферы, растительности и животного мира, почв, вод и земных недр.

Интенсивная эксплуатация природных богатств привела к необходимости нового вида природоохранной деятельности — *регионального использования природных ресурсов*, при котором требования охраны включаются в сам процесс хозяйственной деятельности по использованию природных ресурсов.

В 50-х гг. XX в. возникает еще одна форма охраны — *охрана среды обитания человека*. Это понятие, близкое по смыслу к *охране природы*, в центр внимания ставит человека, сохранение и формирование таких природных условий, которые наиболее благоприятны для его жизни, здоровья и благосостояния. [18]

*Охрана окружающей природной среды* — новая форма взаимодействия человека и природы, рожденная в современных условиях, она представляет систему государственных и общественных мер (технологических, экономических, административно-правовых, просветительных, международных), направленных на гармоничное взаимодействие общества и природы, сохранение и воспроизводство действующих экологических сообществ и природных ресурсов во имя живущих и будущих поколений.

В последние годы все чаще используется термин «защита окружающей природной среды». Охрана окружающей природной среды тесно связана с природопользованием — одним из разделов прикладной экологии.

*Природопользование* — общественно-производственная деятельность, направленная на удовлетворение материальных и культурных потребностей общества путем использования различных видов природных ресурсов и природных условий.

Природопользование включает в себя: а) охрану, возобновление и воспроизводство природных ресурсов, их извлечение и переработку; б) использование и охрану природных условий среды жизни человека; в) сохранение, восстановление и рациональное изменение экологического равновесия природных систем; г) регуляцию воспроизводства человека и численности людей. Природопользование может быть нерациональным и рациональным.

*Нерациональное природопользование* не обеспечивает сохранение природно-ресурсного потенциала, ведет к ухудшению качества природной среды, сопровождается загрязнением и истощением природных систем, нарушением экологического равновесия и разрушением экосистем. *Рациональное природопользование* означает научно-обоснованное использование природных богатств, при котором достигается максимально возможное сохранение природно-ресурсного потенциала, при минимальном нарушении способности экосистем к саморегуляции и самовосстановлению.

По Ю. Одуму, рациональное природопользование преследует двоякую цель:

— обеспечить такое состояние окружающей среды, при котором она смогла бы удовлетворить наряду с материальными потребностями запросы эстетики и отдыха;

— обеспечить возможность непрерывного получения урожая полезных растений, производства животных и различных материалов путем установления сбалансированного цикла использования и возобновления.

В нынешний, современный этап развития проблемы охраны окружающей природной среды рождается новое понятие — *экологическая безопасность*, под

которым понимается состояние защищенности жизненно важных экологических интересов человека и прежде всего его прав на благоприятную окружающую природную среду.

Научной основой всех мероприятий по обеспечению экологической безопасности населения и рациональному природопользованию служит теоретическая экология, важнейшие принципы которой ориентированы на поддержание устойчивости экосистем.

Экосистемы имеют следующие предельные границы (существования, функционирования), которые необходимо учитывать при антропогенном воздействии:

— предел *антропотолерантности* — устойчивости к негативному антропогенному воздействию, например, влиянию пестицидов, вредному для млекопитающих и орнитофауны и т. п.;

— предел *стохетолераюности* — устойчивости против стихийных бедствий, например, действия на лесные экосистемы ураганных ветров, снежных лавин, оползней и др.;

— предел *гомеостаза* — способности к саморегуляции;

— предел *потенциальной регенеративности*, т. е. способности к самовосстановлению.

Рациональное природопользование должно заключаться в максимально возможном повышении этих пределов и достижении высокой продуктивности всех звеньев трофических цепей природных экосистем. Сбалансированное природопользование возможно лишь при использовании системного подхода, учитывающего все виды взаимосвязей и взаимовлияний между средами и человеком.

Нерациональное природопользование в конечном счете ведет к экологическому кризису, а экологически сбалансированное природопользование создает предпосылки для выхода из него.

*Выход из глобального экологического кризиса* — важнейшая научная и практическая проблема современности. Задача заключается в разработке

комплекса надежных антикризисных мер, позволяющих активно противодействовать дальнейшей деградации природной среды и выйти на устойчивое развитие общества. Попытки решения этой проблемы только одними какими-либо средствами, например технологическими (очистные сооружения, безотходные технологии и т. д.), не приведут к необходимым результатам. Преодоление экологического кризиса возможно лишь при условии гармоничного развития природы и человека, снятии антагонизма между ними. Наиболее общим принципом, или правилом охраны окружающей среды, необходимо считать следующий: *глобальный исходный природно-ресурсный потенциал в ходе исторического развития непрерывно истощается*, что требует от человечества научно-технического совершенствования, направленного на более широкое и полное использование этого потенциала.

Из этого закона следует другой основополагающий принцип охраны природы и среды жизни: «*экологичное — экономично*», т. е. чем рачительнее подход к природным ресурсам и среде обитания, тем меньше требуется энергетических и других затрат. Воспроизводство природно-ресурсного потенциала и усилия на его воплощение должны быть сопоставимы с экономическими результатами эксплуатации природы.



Рис. 11.1 Пути выхода из экологического кризиса

Еще одно важнейшее экологическое правило — все компоненты природной среды — атмосферный воздух, воды, почву и др. — охранять надо не по отдельности, а в целом, как единые природные экосистемы биосферы. Только

при таком экологическом подходе возможно обеспечить сохранение ландшафтов, недр, генофонда животных и растений.

*основными принципами охраны окружающей среды* являются следующие:

- приоритет охраны жизни и здоровья человека;
- научно-обоснованное сочетание экологических и экономических интересов;
- рациональное и неистощительное использование природных ресурсов;
- платность природопользования;
- соблюдение требований природоохранительного законодательства, неотвратимость ответственности за его нарушение;
- гласность в работе экологических организаций и тесная связь их с общественными объединениями и населением в решении природоохранных задач;
- международное сотрудничество в области охраны окружающей природной среды.

Важнейший природоохранный принцип — *научно-обоснованное сочетание экологических и экономических интересов* — отвечает духу Международной конференции ООН в Рио-де-Жанейро (1992), где был взят курс на модель устойчивого развития общества, на разумное сочетание экологической и экономической составляющих, на сохранение окружающей природной среды *наряду, вместе* с экономическим ростом.

Экологический кризис не является неизбежным и закономерным порождением научно-технического прогресса, он обусловлен как у нас в стране, так и в других странах мира комплексом причин объективного и субъективного характера, среди которых не последнее место занимает потребительское, а нередко в хищническое отношение к природе, пренебрежение фундаментальными экологическими законами.

В качестве первого направления должно быть названо ***совершенствование технологии*** — создание экологически чистой технологии, внедрение безотходных, малоотходных производств, обновление основных фондов и др.

Второе направление — *развитие и совершенствование экономического механизма* охраны окружающей среды.

Третье направление — применение мер административного пресечения и мер юридической ответственности за экологические правонарушения *административно-правовое направление.*

Четвертое направление — гармонизация экологического мышления *эколого-просветительское направление.*

Пятое направление — гармонизация экологических международных отношений *международно-правое направление.*

Определенные шаги по выходу из экологического кризиса по всем указанным выше пяти направлениям предпринимаются; однако предстоит пройти самые трудные и ответственные участки пути.

## **11.2 Нормирование качества окружающей природной среды**

Под *качеством окружающей природной среды* понимают степень соответствия ее характеристик потребностям людей и технологическим требованиям. В основу всех природоохранных мероприятий положен принцип *нормирования качества окружающей природной среды.* Этот термин означает установление нормативов (показателей) предельно допустимых воздействий человека на окружающую природную среду.

*Соблюдение экологических нормативов*, т. е. нормативов, которые определяют качество природной среды, обеспечивает:

- экологическую безопасность населения;
- сохранение генетического фонда человека, растений и животных;
- рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития.

Чем меньше пороговая величина экологических нормативов, тем выше качество окружающей природной среды. Однако более высокое качество требует соответственно больших затрат, эффективных технологий и высокочувствительных средств контроля. Поэтому нормативы качества

окружающей природной среды по мере подъема уровня развития общества имеют тенденцию к ужесточению.

Основные экологические нормативы следующие:

- предельно допустимая концентрация вредных веществ (ПДК);
- предельно допустимый уровень воздействий (ПДУ);
- предельно допустимый выброс вредных веществ (ПДВ);
- предельно допустимый сброс вредных веществ (ПДС);
- предельно допустимая нагрузка на окружающую природную среду (ПДН).

Нормативы ПДК и ПДУ относят к санитарно-гигиеническим, ПДВ и ПДС — к производственно-хозяйственным, а ПДН — к комплексным показателям качества окружающей природной среды.

***Предельно допустимая концентрация (ПДК)*** — представляет собой количество загрязнителя в почве, воздушной или водной среде, которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. В последнее время при определении ПДК учитывается не только степень влияния загрязнения на здоровье человека, но и воздействие этих загрязнений на диких животных, растения, грибы, микроорганизмы, а также на природные сообщества в целом. ПДК устанавливают на основании комплексных исследований и постоянно контролируют органами соответствующих служб. ПДК не остаются постоянными, их периодически пересматривают, уточняют. После утверждения норматив становится юридически обязательным.

Для нормирования содержания вредного вещества в атмосферном воздухе установлены два норматива — разовый и среднесуточный ПДК. *Максимально разовая предельно допустимая концентрация (ПДК м. р.)* — это такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна вызывать при вдыхании его в течение 30 мин рефлекторных реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др). *Среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК с. с.)* — это такая



концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом воздействии.

При содержании в воздухе нескольких загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия (синергизмом), например, диоксидов серы и азота; озона, диоксида азота и формальдегида, сумма их концентраций не должна превышать при расчете единицы:

Под предельно допустимой концентрацией вредного вещества в почве (ПДК, мг/кг) понимают такую максимальную концентрацию, которая не может вызвать прямого или косвенного влияния на среду, нарушить само очищающую способность почвы и оказать отрицательное воздействие на здоровье человека.

Для водной среды ПДК загрязняющих веществ означает такую концентрацию этих веществ в воде, выше которой она становится непригодной для одного или нескольких видов водопользования. ПДК загрязняющих веществ устанавливаются отдельно для питьевых вод.

Установлены также предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия шума, вибрации, магнитных полей и иных вредных физических воздействий.

*Предельно допустимый выброс (ПДВ), или сброс (НДС)*, — это максимальное количество загрязняющих веществ, которое в единицу времени может быть выброшено данным конкретным предприятием в атмосферу (ПДВ) или сброшено в водоем (НДС), не вызывая при этом превышения в них предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и неблагоприятных экологических последствий.

Нормативами установлено; что если в воздухе городов или других населенных пунктов, где расположены предприятия, концентрации вредных веществ превышают ПДК, а значения ПДВ по объективным причинам не могут быть достигнуты, вводится поэтапное снижение выброса вредных веществ до значений, обеспечивающих ПДК. При этом могут быть установлены *временно согласованные выбросы (ВСВ)* на уровне выбросов предприятий с наиболее совершенной или аналогичной технологией.

Основным комплексным нормативом качества окружающей природной среды является предельно допустимая норма нагрузки (ПДН).

**Предельно допустимые нормы нагрузки на природную среду (ПДН)** — это максимально возможные антропогенные воздействия на природные ресурсы или комплексы, не приводящие к нарушению устойчивости экологических систем.

Для оценки общей устойчивости экосистем к антропогенным воздействиям используют следующие показатели: 1) запасы живого и мертвого органического вещества; 2) эффективность образования органического вещества или продукции растительного покрова и 3) видовое и структурное разнообразие.

Ученые-экологи установили, что стабильность среды обитания не только растительного, но и животного мира, а в конечном счете и человека определяется, в первую очередь, массой живого органического вещества и его основной части — фитомассы (древесина, травянистая растительность и др.). Чем значительнее эта масса, тем стабильнее среда. Способность экосистем в минимальные сроки восстановиться в случае антропогенного нарушения определяется другим показателем — эффективностью образования продукции растительного покрова в результате вторичной сукцессии. Чем выше структурное и видовое разнообразие экосистем, тем большее число комбинаций структурных элементов может создать она в ответ на внешнее антропогенное воздействие. Структурное разнообразие экосистемы можно оценить, сравнивая запасы фитомассы (древесина, травянистая растительности, и др.) и зоомассы (хищники, копытные, грызуны и т. д.).

Способность природной среды перенести ту или иную антропогенную нагрузку без нарушения основных функций экосистем определяется термином *емкость природной среды*.

Понятие о предельно допустимой антропогенной нагрузке на природную среду, должно лежать в основе всего природопользования. В связи с этим он различает экстенсивное и равновесное природопользование. *Экстенсивное*

*(расширяющееся) природопользование* — когда рост производства осуществляется за счет возрастающей нагрузки на природные комплексы, причем эта нагрузка растет быстрее, чем увеличивается масштаб производства. Экстенсивное природопользование может привести к полному разрушению природного комплекса *Равновесное природопользование* — когда общество контролирует все стороны своего развития, добиваясь того, чтобы с антропогенная нагрузка на среду не превышала самовосстановительного потенциала природных систем.

Отсюда вытекает важный вывод о том, что регулирование качества природной среды должно начинаться с определения нагрузок, допустимых с экологической точки зрения, а региональное природопользование должно соответствовать экологической «выносливости» территории.

### **Контрольные вопросы**

1. Какой смысл вкладывается в понятие «окружающей природной среды»?
2. Чем отличается рациональное природопользование от нерационального?
3. Что понимают под «экологическое безопасностью»?
4. Каковы наиболее общие принципы, правила охраны окружающей природной среды?
5. Какова роль и значение экологического нормирования?
6. Что представляют собою ПДК, ПДВ, ПДН и другие экологические нормативы?
7. Объясните понятие «емкость природной среды, или экологическая емкость территории».

### **Тесты для самопроверки**

1. Экологи выступают против применения пестицидов (ядовитых соединений) в сельском хозяйстве, потому что они:
  - a) являются дорогостоящими;
  - b) разрушают структуру почвы;

- с) убивают как вредных для хозяйства членов агроценоза, так и полезных;
- д) снижают продуктивность агроценоза;
- е) увеличивают численность и распределение популяций.

2. Какой из следующих принципов имеет преимущество перед остальными при хозяйственной и иной деятельности, оказывающей влияние на состояние окружающей природной среды?

- а) бесплатность общего природопользования
- б) платность специального природопользования
- с) приоритета охраны жизни и здоровья человека
- д) гласности в решении задач хозяйственной деятельности
- е) возмещение ущерба, причиненного окружающей природной среде

3. При характеристике уровня загрязнения окружающей среды используют такое понятие, как:

- а) рециклизация
- б) предельно допустимый выброс
- с) трофический уровень
- д) предельно допустимая концентрация
- е) обогащение.

4. Наибольшее воздействие на живые организмы оказывает такой вид деятельности человека как:

- а) горнодобывающая и перерабатывающая промышленность
- б) строительство водохранилищ
- с) атомная энергетика
- д) сеть магистралей наземного и подземного транспорта

5. Эффективный способ решения проблем, связанных с накоплением отходов в окружающей среде, состоит:

- а) в расширении площадей, специально оборудованных свалок, полигонов, мусоросжигательных заводов
- б) в предотвращении образования отходов путем изменения образа жизни, структуры потребления и производственных технологий.

- с) в увеличении численности мусоросжигающих заводов
- д) в заполнении пустот земной коры, образованных путем добычи полезных ископаемых

## **12. ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРАВА**

Право — единая система общеобязательных правил (норм), которые установлены или санкционированы государством. Соблюдение норм права обеспечивается государством в принудительном порядке.

*Экологическое право* — это отрасль права, которая регулирует общественные отношения в сфере взаимодействия общества и природы. Экологическое право является важным инструментом, используемым государством в интересах сохранения и рационального использования окружающей природной среды. В связи с резким обострением экологических проблем на современном этапе роль экологического права и в целом административно-правового направления постоянно растет.

### **12.1. Источники экологического права**

Источниками экологического права являются следующие правовые документы:

1) Конституция; 2) Законы и кодексы в области охраны природы; 3) Указы и распоряжения Президента по вопросам экологии и природопользования; правительственные природоохранные акты; 4) нормативные акты министерств и ведомств; 5) нормативные решения органов местного самоуправления.

**1. Конституционные основы** охраны окружающей природной среды закреплены в Конституции Республики Казахстан принятой в 1995г. Конституция провозглашает право граждан на землю и другие природные ресурсы, закрепляет право каждого человека на благоприятную окружающую среду и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью. Она также определяет организационные и контрольные функции высших и местных органов власти по рациональному использованию и охране природных

ресурсов, устанавливает обязанности граждан по отношению к природе, охране ее богатств.

**2. Законы и кодексы** в области охраны окружающей природной среды составляют природоресурсную правовую основу. В их число входят Законы о земле, недрах, охране атмосферного воздуха, об охране и использовании животного мира и др.

Систему экологического законодательства возглавляет Закон Республики Казахстан об охране окружающей природной среды (1997г.).

В этом главном природоохранном законе отражены следующие вопросы:

- право граждан на здоровую и благоприятную окружающую среду;
- экономический механизм охраны окружающей природной среды;
- нормирование качества окружающей природной среды;
- государственная экологическая экспертиза;
- экологические требования при выполнении производственной или иной деятельности;
- чрезвычайные экологические ситуации;
- особо охраняемые природные территории и объекты;
- экологический контроль;
- ответственность за экологические правонарушения;
- международное сотрудничество.

Закон «Об охране окружающей природной среды» формулирует экологические требования не к природным ресурсным объектам (земля, недра, воды и т. д.), а непосредственно к предприятиям, организациям и гражданам, обязывая их принимать эффективные меры по охране природы, рациональному воспроизводству и использованию природных ресурсов, оздоровлению окружающей природной среды и обеспечению экологической безопасности человека.

*Земельный кодекс* регламентирует охрану земель и защиту окружающей природной среды от возможного вредного воздействия при использовании земли. Основные правовые функции охраны земель: сохранение и повышение

плодородия почв, а также сохранение фонда сельскохозяйственных земель. Экологическими нарушениями считаются порча, загрязнение, засорение и истощение земель.

*Водный кодекс* регулирует правовые отношения в области использования и охраны водных объектов, определяет порядок приобретения и прекращения прав пользователя водных объектов, устанавливает ответственность за нарушение водного законодательства. Правовые нормы направлены на рациональное использование вод их охрану от загрязнения, засорения и истощения.

Важнейшими общими мероприятиями охраны воздушного бассейна являются установление нормативов предельно допустимых вредных воздействий (ПДК, ПДВ) и платы за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ.

*Закон «О радиационной безопасности населения»* провозглашает принцип приоритета здоровья человека и окружающей природной среды при практическом использовании и эксплуатации объектов ионизирующих излучений.

**3. Указы и распоряжения Президента** затрагивают широкий круг экологических вопросов.

**4. Нормативные акты природоохранных министерств и ведомств** издаются по самым разнообразным вопросам рационального использования и охраны окружающей природной среды, в виде постановлений, инструкций, приказов и т. д. Они считаются обязательными для других министерств и ведомств, физических и юридических лиц.

**5. Нормативные решения местных административных органов** дополняют и конкретизируют действующие нормативно-правовые акты в области охраны окружающей природной среды.

## **Государственные органы охраны окружающей природной среды**

*Министерство экологии и биоресурсов* — центральный орган исполнительной власти в области охраны окружающей среды. Имеет

соответствующие подразделения в областях, во многих городах и районах. Оно направляет и координирует всю природоохранную деятельность в республике, осуществляет контрольно-инспекционную деятельность, выполняет информационную и воспитательные функции, руководит заповедным фондом, развивает международное экологическое сотрудничество.

Важнейшими функциями республиканских, областных, городских и др. комитетов по охране окружающей среды являются:

- 1) проведение государственной экологической экспертизы;
- 2) выдача разрешений на выбросы и сбросы вредных веществ;
- 3) выдача разрешений на захоронение токсичных отходов;
- 4) определение нормативов, лимитов и условий природопользования;
- 5) координация деятельности экологических служб, предприятий, учреждений, организаций независимо от форм собственности и подчиненности.

Ликвидация последствий экологических катастроф, вызванных стихийными бедствиями и производственными авариями, находится в ведении *Министерства Республики Казахстан по чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС РК)*.

Важные функции в составе Государственных органов экологического управления выполняют также *Органы Внутренних дел* (охрана атмосферного воздуха от загрязнения транспортом, санитарно-экологическая служба).

### **Экологическая стандартизация и паспортизация**

**Стандарт** (от англ. standart — норма) — нормативно-технический документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований, обязательных для исполнения.

По направлениям действия государственные стандарты системы охраны природы подразделяются на следующие виды:

1 — термины, классификации, определения; 2 — нормы и методы измерений загрязняющих выбросов и сбросов, интенсивность использования природных



ресурсов; 3 — правила охраны природы и рационального использования природных ресурсов; 4 — методы определения параметров состояния природных объектов и интенсивности хозяйственного воздействия; 5— 6 — требования к средствам контроля и защиты окружающей среды; 7 — прочие стандарты. В полное обозначение стандарта СООП входят индекс (ГОСТ), номер системы, номер стандарта и год издания.

**Экологическая паспортизация.** Каждое предприятие в обязательном порядке разрабатывает *экологический паспорт*. Цель паспортизации — прогноз экологической ситуации как на самом предприятии, так и вокруг него, а также контроль за выполнением природоохранных мероприятий.

В экологический паспорт включаются фактические данные об использовании предприятием природных ресурсов и о воздействии его производства на окружающую природную среду. Отдельно в виде справки с указанием времени, объемов и составов в экологическом паспорте должны быть приведены данные о залповых и аварийных выбросах (сливах) загрязняющих веществ.

Все виды экологических паспортов разрабатываются предприятием и утверждаются его руководителем по согласованию, где он регистрируется. При отсутствии экологического паспорта предприятие лишается права на природопользование и хозяйственную деятельность, либо подвергается крупному штрафу.

Современная экологическая ситуация в стране требует ужесточения действующих и разработки новых экологических норм и правил с закреплением их в государственных стандартах и экологических паспортах предприятий. Все более настоятельной является необходимость экологической паспортизации не только отдельных предприятий, но и всей территории города. Это позволит давать интегральную оценку экологического состояния всего города, или любой территории, выявить экологически опасные участки, оценить степень их влияния на жизнедеятельность населения

## Экологическая экспертиза

Правовой механизм управления природопользованием и охраной окружающей природной среды включает в себя и такую важную форму предупредительного экологического контроля как **экспертизу**. Различают государственную, общественную экологическую экспертизу.

Под *государственной экологической экспертизой* понимают предварительную проверку представленных материалов специальной комиссией. Задача экспертной комиссии — оценить соответствие намечаемой хозяйственной и иной деятельности требованиям экологической безопасности.

Объектами государственной экологической экспертизы являются любые проектные документы, новая техника и технология, продукция, сырье и материалы, вещества, а также проекты стандартов и нормативов.

Законом «Об экологической экспертизе» установлены следующие принципы государственной экологической экспертизы: обязательность ее проведения, научная обоснованность выводов, независимость и вневедомственность — широкая гласность, привлечение общественности, а главное, ликвидация последствий потенциальной экологической опасности любой намечаемой хозяйственной и иной деятельности.

Государственная экологическая экспертиза, как правило, предшествует принятию хозяйственного решения. Это позволяет еще на стадии планирования и проектирования выявить допущенные ошибки, оценить их последствия и дать рекомендации по их устранению. Финансирование работ по всем проектам и программам открывается только при наличии положительного заключения государственной экологической экспертизы.

Кроме государственной существуют и другие виды экспертиз — общественная, которые проводятся обычно на добровольной основе и носят рекомендательный или информационный характер.

Правовой основой экологической экспертизы служит закон «Об экологической экспертизе», а также постановления, указы и другие природоохранные акты.

Нормативной базой являются стандарты, нормы, правила и т. д., обобщенные в специальных справочниках для экспертов.

Экологическая экспертиза становится одной из важных функций государственной экологической политики. Сейчас уже невозможно представить правовое регулирование хозяйственной деятельности без экологической экспертизы, нацеленной на снижение экологического риска при принятии решений. Еще более глубоким и объемным вариантом проведения экологической экспертизы в последние годы служит — *оценка воздействия на окружающую среду* (ОВОС). Здесь учитывается уже и трансграничный перенос загрязняющих веществ, информации, энергии и др.

### **12.2. Понятие об экологическом риске**

В последние годы приоритеты в природоохранной политике, основанные на учете ПДК, ПДС, ПДВ и других норм и нормативных воздействий на природу, пересматриваются. Причина: невысокая эффективность нормативного подхода из-за возможности субъективного подхода к «норме» и манипулирования этим понятием. В связи с этим, в основу государственной экологической политики в условиях прогрессирующего загрязнения постепенно закладывается концепция экологического риска.

*Экологический риск* — это оценка на всех уровнях — от точечного до глобального — вероятности появления негативных изменений в окружающей природной среде, вызванных антропогенным или иным воздействием. Под экологическим риском понимают также вероятностную меру опасности причинения вреда природной среде в виде возможных потерь за определенное время.

Вред природной среде при различных антропогенных и стихийных воздействиях очевидно неизбежен, однако он должен быть сведен до минимума и быть экономически оправданным. Любые хозяйственные или иные решения должны приниматься с таким расчетом, чтобы не превышать пределы вредного воздействия на природную среду. Установить эти пределы очень трудно,

поскольку пороги воздействия многих антропогенных и природных факторов неизвестны. Поэтому расчеты экологического риска должны быть вероятностными и многовариантными, с выделением риска для здоровья человека и природной среды.

Оценке допустимого экологического риска в последнее время уделяется все больше и больше внимания, особенно при принятии решений о вложении инвестиций в то или иное производство. При этом при антропогенном воздействии учитываются следующие правила допустимого экологического риска: 1) неизбежность потерь в природной среде; 2) минимальность потерь в природной среде; 3) реальная возможность восстановления потерь в природной среде; 4) отсутствие вреда здоровью человека и необратимость изменений в природной среде; 5) соразмерность экологического вреда и экономического эффекта.

Различают три главные составляющие экологического риска:

- оценку состояния здоровья человека и возможного числа жертв;
- оценку состояния биоты (в первую очередь фотосинтезирующих организмов) по биологическим показателям;
- оценку воздействия загрязняющих веществ на человека и окружающую природную среду.

Так, например, оценка риска стихийных бедствий должна включать, расчеты возможного числа погибших и пострадавших людей, а также экономических потерь. Вначале собирают фактические данные о природных опасностях на изучаемой территории, далее определяют их самые опасные типы и частоту проявления, затем составляют карту (или серию карт), отражающих вероятность развития опасных процессов. На основе анализа природных опасностей и уязвимости среды, выполненного совместно с проектировщиками, экономистами и социологами, оценивают риск и составляют карты риска. Эти карты, где указаны территории различной степени риска, помогают эффективно решать вопросы управления риском и планирования социально-экономического развития региона (области, района, города).

Любое превышение пределов допустимого экологического риска на отдельных производствах должно пресекаться по закону. С этой целью ограничивают или приостанавливают деятельность экологически опасных производств, а на стадиях принятия решений допустимый экологический риск оценивают с помощью государственной экологической экспертизы и в случае его превышения, представленные для согласования материалы, отклоняют.

Фактор экологического риска существует на любых производствах, независимо от мест их расположения. Однако существуют регионы, где, в сравнении с более экологически благополучными районами, во много раз превышены вероятность проявления негативных изменений в экосистемах, а также вероятность истощения природно-ресурсного потенциала и, как следствие, величины риска потери здоровья и жизни для человека. Эти регионы получили название зон *повышенного экологического риска*.

В пределах регионов повышенного экологического риска выделяют зоны: 1) хронического загрязнения окружающей среды; 2) повышенной экологической опасности; 3) чрезвычайной экологической ситуации и 4) экологического бедствия.

Согласно Закону к зонам *чрезвычайной экологической ситуации* относят территории, на которых в результате воздействия негативных антропогенных факторов происходят устойчивые отрицательные изменения окружающей природной среды, угрожающие здоровью населения, состоянию естественных экосистем, генофондам растений и животных.

*Зоной экологического бедствия*, указами президента или постановлениями правительства, на основе государственной экологической экспертизы, объявляется часть территории Республики Казахстан, на которой произошли необратимые изменения окружающей среды, повлекшие за собой существенное ухудшение здоровья населения, разрушение естественных экосистем, деградацию флоры и фауны. Прежде всего, это зона Арала и Приаралья. Финансирование затрат по оздоровлению окружающей среды зависят от

принадлежности территории к той или иной зоне повышенного экологического риска.

### **12.3. Экологический мониторинг (мониторинг окружающей среды)**

Под **мониторингом** (от лат. «монитор» — напоминающий, надзирающий) понимают систему наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей среды. Основным принцип мониторинга — *непрерывное слежение*.

Мониторинг является важнейшей частью экологического контроля, которое осуществляет государство. Главная цель мониторинга — наблюдение за состоянием окружающей природной среды и уровнем ее загрязнения. Не менее важно своевременно оценить и последствия антропогенного воздействия на биоту, экосистемы и здоровье человека, а также эффективность природоохранных мероприятий. Но мониторинг — это не только слежение и оценка фактов, но и экспериментальное моделирование, прогноз и рекомендации по управлению состоянием окружающей природной среды.

По территориальному охвату различают три ступени или блока мониторинга — локальный (биоэкологический, санитарно-гигиенический), региональный (геосистемный, природно-хозяйственный и глобальный (биосферный, фоновый).

В *программу биоэкологического (санитарно-гигиенического) мониторинга*, проводимого на *локальном уровне* входят наблюдения за изменением в различных сферах содержания загрязняющих веществ, обладающих канцерогенными, мутагенными и иными неблагоприятными свойствами. Постоянным наблюдениям подвергаются следующие загрязняющие вещества, наиболее опасные для природных экосистем и человека:

— в поверхностных водах — радионуклиды, тяжелые металлы, пестициды, бенз(а)пирен, рН, минерализация, азот, нефтепродукты, фонолы, фосфор;

— в атмосферном воздухе — оксиды углерода, азота, диоксид серы, озон, пыль, аэрозоли, тяжелые металлы, радионуклиды, пестициды, бенз(а)пирен, азот, фосфор, углеводороды;

— в биоте — тяжелые металлы, радионуклиды, пестициды, бенз(а)пирен, азот, фосфор.

Тщательно исследуют и такие вредные физические воздействия, как радиацию, шум, вибрацию, электромагнитные поля и др.

Пункты экологических наблюдений располагают в местах концентрации населения и районах интенсивной его деятельности с таким расчетом, чтобы они контролировали основные линии связи человека (трофические и др.) с естественными и искусственными компонентами окружающей среды. Это могут быть территории промышленно-энергетических центров, атомных электростанций, нефтепромыслов, агроэкосистем с интенсивным применением ядохимикатов и др.

В составе биоэкологического (санитарно-гигиенического) мониторинга большое внимание уделяют наблюдениям за ростом врожденных дефектов в популяциях человека и динамикой генетических последствий загрязнения биосферы, в первую очередь мутагенами. Экологическую опасность их трудно переоценить, ибо, как подчеркивают Д. П. Никитин, «мутагены поражают самое драгоценное, что создано эволюцией живой материи, — генетическую программу человека, а также генофонды популяций всех видов животных, растений, бактерий и вирусов, населяющих биосферу».

*На региональном (геосистемном) уровне* наблюдения ведут за состоянием экосистем крупных природно-территориальных комплексов (бассейнов рек, лесных экосистем, агроэкосистем и т. д.), где имеются отличия параметров от базового фона ввиду антропогенных воздействий. Изучают трофические связи (биологические круговороты) и их нарушения, оценивают возможность использования ресурсов природных экосистем в конкретных видах деятельности, анализируют характер и количественные показатели антропогенных воздействий на окружающую природную среду в этих регионах.

Обеспечить наблюдение, контроль и прогноз возможных изменений в биосфере в целом — задача *глобального мониторинга*. Его называют еще фоновым или

биосферным. Объектами глобального мониторинга являются атмосфера, гидросфера, растительный и животный мир и биосфера в целом как среда жизни всего человечества. Разработка и координация глобального мониторинга окружающей природной среды осуществляется в рамках ЮНЕП (орган ООН).

Основными целями этой программы являются:

- организация расширенной системы предупреждения об угрозе здоровью человека;
- оценка влияния глобального загрязнения атмосферы на климат;
- оценка количества и распределения загрязнений в биологических системах, особенно в пищевых цепочках;
- оценка критических проблем, возникающих в результате сельскохозяйственной деятельности и землепользования;
- оценка реакции наземных экосистем на воздействие окружающей среды;
- оценка загрязнения океана и влияния загрязнения на морские экосистемы;
- создание системы предупреждений о стихийных бедствиях в международном масштабе.

При выполнении работ по программе глобального мониторинга особое внимание уделяют наблюдениям за состоянием природной среды из космоса. *Космический мониторинг* позволяет получить уникальную информацию о функционировании экосистем как на региональном, так и на глобальном уровнях. В сравнении с другими видами мониторинга космический имеет ряд практически значимых преимуществ. С его помощью можно, в частности, оперативно получать информацию о природной среде с больших территорий Земли, что особенно важно при возникновении ураганов, наводнений и других стихийных бедствий. К основным ее задачам, в частности, относятся введение специальных банков данных, характеризующих экологическую обстановку и гармонизация их с международными эколого-информационными системами, а также оценка и прогноз состояния объектов и антропогенных воздействий на них, откликов



Задачи по программированию изменений в окружающей среде и принятию *управляющих* решений, т.е. решений, предотвращающих негативные изменения среды, в системе мониторинга решают с помощью математического моделирования на ЭВМ.

Задачи по программированию изменений в окружающей среде и принятию *управляющих* решений, т.е. решений, предотвращающих негативные изменения среды, в системе мониторинга решают с помощью математического моделирования на ЭВМ. Следует очень важное свойство: чем дольше функционирует система мониторинга, тем полнее информация и тем ближе модель к моделируемому объекту.

#### **12.4. Экологический контроль и общественное экологическое движение**

Помимо государственной службы наблюдения — экологического мониторинга, в систему экологического контроля входят государственный, производственный и общественный контроль.

Под **государственным экологическим контролем** понимают один из видов государственной административной деятельности, призванной обеспечить соблюдение экологического законодательства и выполнение природоохранных мероприятий. Контроль осуществляют законодательные и исполнительные органы, а также специально уполномоченные органы государства. Экологический контроль — важный элемент регулирования качества окружающей природной среды.

Объектами государственного экологического контроля являются: земля, недра, леса, животный мир, атмосферный воздух, природно-заповедный фонд, а также окружающая природная среда в целом. Должностные лица органов государственного экологического контроля имеют широкие полномочия.

Они имеют право:

— принимать решения об ограничении, приостановлении и прекращении деятельности экологически вредных объектов;

- налагать административный штраф в установленном размере за нарушение природоохранительного законодательства;
- предъявлять иски о возмещении вреда, причиненного природной среде, и направлять материалы для привлечения виновных к уголовной ответственности;
- выдавать разрешения на природопользование, устанавливать нормативы выбросов, сбросов вредных веществ, назначать государственную экологическую экспертизу.

Помимо государственного в РК действует еще и общественный контроль. Речь идет о контроле выполнения требований законодательства об охране окружающей природной среды со стороны, общественных объединений, трудовых коллективов и отдельных граждан.

Общественный экологический контроль неразрывно связан с **общественным экологическим движением**. Каждый гражданин нашей Республики имеет право на охрану здоровья от неблагоприятного воздействия окружающей природной среды; в свою очередь, он обязан сохранять природу и окружающую среду, принимать участие в ее охране.

Наиболее массовыми добровольными организациями до недавнего времени были общества охраны природы, охотников и рыболовов, дружины по охране природы и т. д. В их задачу входило содействие государственным органам в проведении мероприятий по охране природы, привлечение широких масс населения для участия в природоохранных мероприятиях и т. д. Авторитет этих обществ среди населения из-за низкой эффективности в последнее время заметно снизился.

В середине 80-х гг., в связи с возросшей социально-политической активностью населения, во многих регионах страны начали формироваться массовые *общественные экологические организации* (союзы, объединения, ассоциации, фонды и т. д.), главная цель которых — объединение усилий на решение актуальных экологических проблем.

Еще ранее в Западной Европе (ФРГ, Дании и др.) возникло движение «зеленых». Оно выступает за сохранение среды жизни, против ядерной угрозы, за чистоту атмосферы, вод и т. д. По свидетельству прессы, начальный период перехода к рынку приводит в ряде случаев к непредсказуемым формам эксплуатации природных ресурсов в условиях отсутствия удовлетворительного экологического законодательства. Необходима, в частности, организация независимой общественной экологической экспертизы совместных и зарубежных проектов и контроля над тем, чтобы их экологические стандарты соответствовали таковым в странах-экспортерах технологии.

### **12.5. Юридическая ответственность за экологические правонарушения**

**Юридическая ответственность** за экологические правонарушения является одной из форм государственного принуждения; ее задача — обеспечить реализацию экологических интересов в принудительном порядке.

*Экологические правонарушения* различны по своему составу, но всегда складываются в сфере природы: будь то загрязнение природной среды, незаконная порубка леса или нарушение законодательства о континентальном шельфе. Наибольшее число экономических правонарушений связано с охраной и использованием животного мира (охота и рыболовство) и с охраной атмосферного воздуха.

Общий критерий всех экологических нарушений — причинение вреда окружающей природной среде. В тех случаях, когда вред наносят не природной среде, а среде обитания человека, например, сверх нормативов загрязняют воздух в производственных помещениях, говорят о санитарных правонарушениях.

Экологические правонарушения, не относящиеся к категории общественно опасных, именуют *экологическими проступками*. Если же они представляют общественную опасность, посягают на экологическую безопасность общества, причиняют ощутимый вред окружающей природной среде и здоровью человека, их относят к категории *экологических преступлений*.

Согласно Закону об охране окружающей природной среды различают следующие виды ответственности за экологические правонарушения: дисциплинарную, административную, уголовную, материальную.

*Дисциплинарные наказания* (предупреждение, выговор, строгий выговор, понижение в должности и в окладе, увольнение с работы) налагаются на должностные лица, рабочих и служащих руководителем предприятия, организации, учреждения за невыполнение ими своих производственных обязанностей, связанных с правовой охраной окружающей природной среды.

При этом следует учитывать два важных момента: 1) дисциплинарная ответственность может наступить лишь за нарушение экологических правил, исполнение которых входило в круг должностных обязанностей нарушителя. Так, например, нельзя привлекать к ответственности водителя за выпуск в эксплуатацию автомобиля, у которого содержание загрязняющих веществ превышало установленные нормы, поскольку исполнительный контроль за этот выпуск не входит в число водительских обязанностей; 2) недопустимо наказывать в дисциплинарном порядке лиц, которые нарушают экологические правила во внерабочее время.

К административной ответственности могут быть привлечены организации, предприятия, должностные лица, отдельные граждане. *Административная ответственность* устанавливается за противоправное действие или бездействие, нарушающее законодательство об охране окружающей природной среды. К их числу относятся порча, повреждение, уничтожение природных объектов, несоблюдение экологических требований при захоронении вредных веществ и т. д.

Наиболее распространенная мера административного взыскания — денежный штраф, кроме того, применяются предупреждения, общественное порицание, изъятие орудий и средств совершения правонарушения, конфискация незаконно добытой продукции и т. д.

За экологические правонарушения, которые отличаются наивысшей степенью общественной опасности, предусмотрена *уголовная ответственность* (лише-

ние свободы, конфискация имущества, крупный денежный штраф и т. п.). Применение мер этого вида ответственности за экологические преступления определяется Уголовным кодексом. Единственным основанием назначения уголовного наказания является приговор суда.

К тяжелым экологическим преступлениям относится, например, умышленное уничтожение или повреждение лесных массивов путем поджога. Менее тяжкими преступлениями считаются загрязнение водоемов и атмосферного воздуха, незаконная рубка леса, незаконная охота и некоторые другие.

Все предприятия и граждане, причинившие вред окружающей природной среде, здоровью и имуществу других граждан и народному хозяйству, обязаны возместить его в полном объеме. Должностные лица, по вине которых предприятие понесло расходы по возмещению вреда, несут *материальную ответственность*.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое экологическое право? Перечислите основные его источники.
2. Какова структура государственных органов охраны окружающей природной среды в РК?
3. Что такое экологический паспорт предприятия?
4. Какова эффективность государственной экологической экспертизы?
5. Мониторинг окружающей среды, его основные ступени и блоки.
6. Каковы роль и значение общественного экологического движения?
7. Какие существуют виды ответственности за экологические правонарушения? Как возмещается вред природной среде?

### **Тесты для самопроверки**

1. Стандарт это:
  - a) степень максимально допустимого вмешательства человека в экосистемы;
  - b) нормативно-технический документ характеризующий удельный расход природных ресурсов;

- с) поэлементная составляющая нормы характеризующая максимально допустимое количество используемого ресурса;
- д) нормативно-технический документ устанавливающий комплекс норм, правил и требований обязательных для исполнения;
- е) нормативный документ устанавливающий удельный расход ресурсов в основных и вспомогательных процессах.

2. Какое из определения мониторинг верное:

- а) часть экосистемы, представляющая среду обитания для организмов;
- б) любое сообщество существ и среды обитания, существующее как единое целое;
- с) последовательная смена экосистем в результате саморазвития на месте разрушения существовавших экосистем;
- д) систематическое наблюдение и оценка состояния окружающей природной среды под влиянием хозяйственной деятельности человека;
- е) совокупность механизмов, направленных на устранение или максимальное ограничение действия факторов нарушающих динамическое равновесие системы.

3. Экологический норматив трактуется как:

- а) законодательно установленная норма добычи не приносящая заметного урона здоровью;
- б) совокупность природных и социальных условий обеспечивающих комплекс здоровья;
- с) степень максимально допустимого вмешательства человека в экосистемы и обеспечивающий сохранение экосистемы;
- д) систематизированный свод данных включающий качественную и количественную опись объектов или явлений;
- е) сбор объектов по принятой классификации для научных и учебных целей.

4. Что представляет собой экологическая экспертиза:

- а) оценка эколого-социально-экономической эффективности предполагаемого изменения природной среды;

- b) разработка норм использования природных ресурсов и среды жизни, допустимых нагрузок на них;
- c) система взглядов, отрицающая особую ценность человека по сравнению с другими биологическими видами;
- d) оценка воздействий на среду жизни, установление соответствия намечаемой или другой деятельности экономическим требованиям;
- e) комплекс мероприятий по искусственному поддержанию определенных показателей количества особей;

5. В задачи службы экологического мониторинга не входит:

- a) проведение долгосрочных наблюдений с помощью космических и авиационных методов
- b) контроль параметров среды в особо опасных районах
- c) контроль за выполнением природоохранного законодательства
- d) прогнозирование изменения состояния природных объектов

### **13. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИИ**

*Гармонизация международных экологических отношений* — один из основных путей выхода мирового сообщества из экологического кризиса. Общеизвестно, что реализовать стратегию выхода из него можно лишь на основе единства природоохранных действий всех государств. Сегодня ни одна страна не в состоянии решить свои экологические проблемы в одиночку или сотрудничая лишь с небольшой группой стран. Необходимы четкие согласованные усилия всех государств, координация их действий на строгой международно-правовой основе.

Природа не знает государственных границ, она всеобща и едина. Поэтому нарушения в экосистеме одной страны неминуемо вызывают ответную реакцию в сопредельных. Например, если промышленные предприятия Германии или Англии выбрасывают в атмосферу дымовые газы с недопустимо высоким процентом вредных примесей, то это негативно сказывается не только на экологическом состоянии этих стран, но наносит значительный ущерб флоре

и фауне соседних Скандинавских стран. Понятно, что не признают государственных границ и все другие компоненты природной среды (речной сток, морские акватории, мигрирующие виды животных и т. п.).

Высокая приоритетность экологического фактора в международных отношениях постоянно возрастает, что связано с прогрессирующим ухудшением состояния биосферы. Все основные слагаемые экологического кризиса (парниковый эффект, истощение озонового слоя, деградация почв, радиационная опасность, трансграничный перенос загрязнений, истощение энергетических и других ресурсов недр планеты, и т. п.) становятся экологическими императивами и определяют новые нормы и правила взаимодействия государств. Есть все основания полагать, что в XXI в. экология войдет в разряд высших приоритетов глобальной системы международных отношений. Уже сейчас некоторые государственные деятели считают целесообразным создание такого надгосударственного органа, который бы управлял охраной и рациональным использованием окружающей природной среды во всех государствах и регионах.

### **13.1. Международные объекты охраны окружающей природной среды**

Объекты охраны окружающей среды подразделяются на национальные (внутригосударственные) и международные (общемировые).

**К национальным** (внутригосударственным) **объектам** относятся земля, воды, недра, дикие животные и другие элементы природной среды, которые находятся на территории государства. Национальными объектами государства распоряжаются свободно, охраняют и управляют ими на основании собственных законов в интересах своих народов.

**Международные объекты охраны** окружающей природной среды — это объекты, которые находятся либо в пределах международных пространств: Космос, атмосферный воздух, Мировой океан и Антарктида)(рис.13.1), либо перемещаются по территории различных стран (мигрирующие виды животных). Эти объекты не входят в юрисдикцию государств и не являются чьим-либо национальным достоянием. Их осваивают и охраняют на основании



различных договоров, конвенций, протоколов, отражающих совместные усилия международного сообщества.

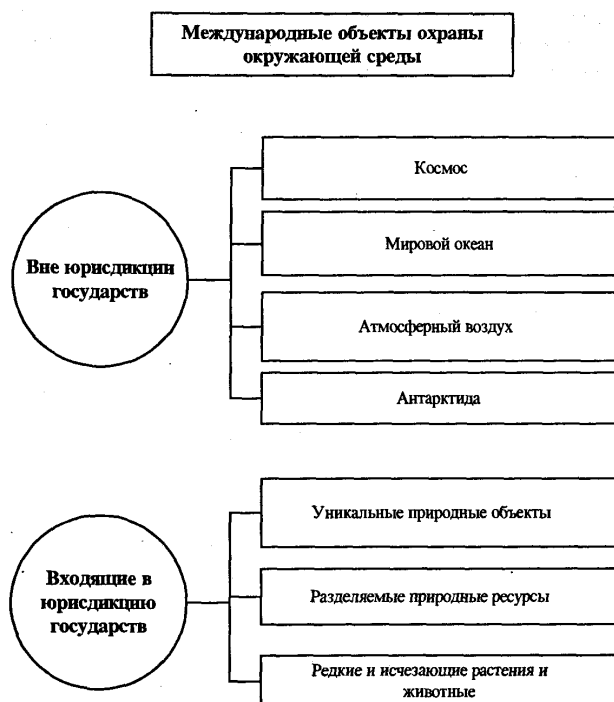


Рис.13.1. Классификация международных объектов охраны окружающей природной среды

Существует еще одна категория международных объектов природной среды, которая охраняется и управляется государствами, но взята на международный учет. Это, во-первых, природные объекты, представляющие ценность и принятые на международный контроль (заповедники, национальные парки, резерваты, памятники природы); во-вторых, исчезающие и редкие животные и растения, занесенные в международную Красную книгу и, в-третьих, разделяемые природные ресурсы, постоянно или значительную часть года находящиеся в пользовании двух или более государств (река Дунай, Балтийское море и др.).

Одним из важнейших объектов международной охраны является *Космос*. Ни одна страна в мире не имеет каких-либо прав на космическое пространство. Космос — достояние всего человечества. Этот и другие принципы отражены в международных Договорах по использованию космического пространства. В них международным сообществом признаны: недопустимость национального

присвоения частей космического пространства, включая Луну и другие небесные тела; недопустимость вредного воздействия на Космос и загрязнения космического пространства. *Мировой океан* также представляет собой объект международной охраны. Он содержит огромное количество полезных ископаемых, биологических ресурсов, энергии. Велико и транспортное значение океана. Освоение Мирового океана должно проводиться в интересах всего человечества.

Попытки оформления национальных притязаний на морские ресурсы и пространства предпринимались давно и вызвали необходимость юридического регулирования освоения Мирового океана. Эти вопросы рассматривались на трех международных конференциях и завершились подписанием более чем 120 странами Конвенции ООН по морскому праву (1973 г.). Конвенцией ООН признается суверенное право прибрежных государств на биоресурсы в 200-мильных прибрежных зонах. Подтверждена незыблемость принципа свободного мореплавания (за исключением территориальных вод, внешняя граница которых установлена на 12-мильном расстоянии от берега).

*Антарктиду* справедливо называют материком мира и международного сотрудничества. В 1959 г. СССР, США, Англия, Франция, Аргентина и ряд других стран заключили Договор об Антарктиде, в котором провозглашалась свобода научных исследований, использование этого материка только в мирных целях, определялся международно-правовой режим Антарктиды. Новые, более жесткие меры по охране животного и растительного мира, удалению отходов и предупреждению загрязнения отражены в Протоколе, подписанном в октябре 1991 г. в Мадриде по итогам международного сотрудничества в Антарктиде.

Еще один важнейший международный объект охраны окружающей среды — *атмосферный воздух*. Усилия международного сообщества нацелены главным образом на предупреждение и устранение трансграничного переноса загрязнителей атмосферы и охрану озонового слоя от разрушения.

Международные отношения в этих вопросах регулируются Конвенцией 1979 г. о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Монреальскими (1987) и Венскими (1985) соглашениями по озоновому слою. Конвенцией о трансграничном воздействии промышленных аварий (1992) и другими согласованными документами.

Особое место среди международных конвенций и соглашений по охране воздушного бассейна имел Московский договор 1963 г. о запрещении испытания ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой, заключенный между СССР, США и Англией, другие соглашения 70—90-х гг. об ограничении, сокращении и запрещении ядерного, бактериологического, химического оружия в различных средах и регионах. В 1996 г. в ООН был подписан Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний.

### **13.2. Основные принципы международного экологического сотрудничества**

Международное сотрудничество в области охраны окружающей природной среды регулируется международным экологическим правом, в основе которого лежат общепризнанные принципы и нормы. Важнейший вклад в становление этих принципов внесли Стокгольмская конференция ООН по проблемам окружающей человека среды (1972 г.). Всемирная хартия природы (ВХП), одобренная Генеральной Ассамблеей (1982 г.) и Международная конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.). Соответственно в истории развития основных экологических принципов международного сотрудничества обычно выделяют три этапа (периода).

**1. Стокгольмская конференция ООН по окружающей среде (1972 г.)** — ознаменовала начало важнейшего этапа в экологической политике государств и международных сообществ. По итогам конференции была принята Декларация, в которой определялись стратегические цели и направления действий мирового сообщества в области охраны окружающей среды.

Стокгольмская конференция провозгласила 5 июня Всемирным днем окружающей среды. На конференции был образован постоянно действующий орган ООН по окружающей среде (ЮНЕП).

Программа ЮНЕП предусматривает организацию и планирование природоохранных действий в пределах трех функциональных направлений: 1) оценка окружающей среды — глобальная система наблюдений; 2) управление окружающей средой; 3) вспомогательные меры (образование в области окружающей среды и подготовка кадров). ЮНЕП координирует также деятельность других международных организаций по использованию, воспроизводству и охране компонентов окружающей среды — земель, вод, атмосферы, растительного и животного мира и др.

**2. Всемирная хартия природы (ВХП)** принята Генеральной Ассамблеей ООН 28 октября 1982 г. Как и Стокгольмская декларация. Всемирная хартия природы определила приоритетные направления экологической деятельности международного сообщества на тот период, что в значительной мере предопределило дальнейшее формирование экологической политики государств. По мнению многих ученых и специалистов. Всемирная хартия природы в сравнении с конференцией в г. Стокгольме (1972 г.) продвинулась дальше по пути «генерализации международных юридических принципов охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов».

В Хартии провозглашались следующие основные принципы:

1. Человечество осознает, что является составной частью природы. Поэтому к природе следует относиться с уважением и не нарушать ее основных принципов.
2. Генетическая основа жизни на Земле не должна подвергаться опасности. Популяция каждой формы жизни, дикой или одомашненной, должна сохраняться, необходимую для этого среду обитания следует сохранять.
3. Все регионы Земли как на суше, так и на морях должны быть подчинены охране в соответствии с этими требованиями, особая защита должна

обеспечиваться уникальным районам — типичным представителям всех видов экосистем и среды обитания редких или исчезающих видов.

4. Природные ресурсы должны не расточаться, а использоваться умеренно, как того требуют принципы, изложенные в настоящей Хартии; биологические ресурсы используются лишь в пределах их природной способности к восстановлению; ресурсы многократного пользования, включая воду, используются повторно или рециркулируются.

Согласно Хартии, деградация природных систем в результате чрезмерного и нерационального использования природных ресурсов, так же как и неспособность установить прочный эколого-экономический порядок между странами и народами, ведут к подрыву основ цивилизации.

**3. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 3—14 июня 1992 г.).** В Рио-де-Жанейро встретились 114 глав государств, представители 1600 неправительственных организаций. На конференции были одобрены пять основных документов: Декларация РИО об окружающей среде и развитии; Повестка дня — XXI в.; Заявление о принципах управления, сохранении и устойчивого развития всех типов лесов; Рамочная конвенция по проблеме изменений климата; Конвенция по биологическому разнообразию.

Важнейшими достижениями Конференции ООН было признание следующих фактов: «проблема окружающей среды и экономического развития не могут рассматриваться отдельно» (принцип 4), «государства должны сотрудничать в духе всемерного партнерства с целью сохранить, защитить и восстановить здоровье и целостность экосистемы Земли» (принцип 7), «мир, развитие и защита окружающей среды взаимосвязаны и неразделимы» (принцип 25). В основу разработки экологической стратегии государством мирового сообщества рекомендовалось положить *концепцию устойчивого развития*.

На Конференции было подчеркнуто, что устойчивому развитию, под которым понимается одновременное решение проблем экономического развития и экологии, нет разумной альтернативы.

## Тесты для самопроверки

1. Какие из данных организаций являются экологическими
  - a) Гринпис
  - b) Красный Крест
  - c) «Вахта мира»
2. Что необходимо для решения экологической проблемы
  - a) развитие рациональных направлений культуры
  - b) развитие чувственных направлений культуры
  - c) гармоничное развитие того и другого
3. Что нужно чтобы преодолеть современный экологический кризис
  - a) отказаться от использования достижений науки и техники
  - b) еще интенсивней развивать науку и технику
  - c) переориентировать развитие науки и техники
  - d) использовать для других целей
4. Как называется программа ООН по окружающей среде?
  - a) МСОП
  - b) Инфотерра
  - c) ЮНЕП
  - d) ГСМОС
  - e) нет верного ответа
5. Как называется устойчивая система способная поддерживать подвижное равновесие экосистем?
  - a) атмосфера
  - b) гидросфера
  - c) биосфера
  - d) педасфера
  - e) литосфера

## **14. РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ САНИТАРНО - ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Цель работы: расчёт уточненных размеров санитарно-защитной зоны предприятия.

Максимально допустимое расстояние от предприятия до населённых мест зависит от характера и количества возможных производственных выбросов в атмосферу (аэрозоли, пары, газы, копоть). Согласно требованиям «Санитарных норм проектирования промышленных предприятий» предусмотрено, что объекты, являющиеся источниками выделения вредных или неприятно пахнущих веществ, следует отделять от жилой застройки санитарно-защитными зонами (СЗЗ). В пределах СЗЗ запрещена жилая застройка, размещение садовых и дачных участков, не допускается размещение пищевой промышленности, хранилищ питьевой воды. Эта территория не может быть использована для рекреации, здесь нельзя проектировать парки, спортивные, оздоровительные, образовательные комплексы. В пределах СЗЗ допускается выращивание технических культур, размещение предприятий инфраструктуры, нежилых помещений, складов, коммуникаций, ЛЭП, электроподстанций, нефте- и газопроводов, канализационных, насосных станций, сооружений оборотного водоснабжения, пожарных депо, бань, прачечных, гаражей и т.д. Размеры этих зон устанавливаются в зависимости от профиля предприятия количества и токсичности выделяемых в окружающую среду вредных или неприятно пахнущих веществ.

### **Класс опасности I**

(Санитарно-защитная зона размером 1000 м)

1. Скотобаза.

### **Класс опасности II**

(Санитарно-защитная зона размером 500 м)

1. Бойни крупного и мелкого рогатого скота.

2. Мясокомбинаты и мясохладокомбинаты, включая базы для предубойного содержания скота в пределах до трехсуточного запаса скотосырья.
3. Предприятия по вытапливанию жира из морских животных.
4. Предприятия кишечно-мочевые.
5. Станции и пункты очистки и промывки вагонов после перевозки скота (дезопромывочные станции и пункты).
6. Предприятия по изготовлению сыра.
7. Предприятия мясокопильные.
8. Предприятия свеклосахарные.
9. Производство альбумина.
10. Производство декстрина, глюкозы и патоки.

### **Класс опасности III**

(Санитарно-защитная зона размером 300 м)

1. Предприятия по изготовлению товарного солода и приготовлению дрожжей.
2. Производство пива, кваса и безалкогольных напитков.
3. Мельницы крупорушки, зернообдирочные предприятия и комбикормовые заводы.
4. Маслобойные заводы (растительные масла)
5. Ликероводочные заводы.
6. Заводы по розливу природных минеральных вод с выделением пахучих веществ.
7. Рыбокомбинаты, рыбоконсервные предприятия (без коптильных цехов).
8. Сахарорафинадные заводы.
9. Предприятия табачно-махорочные (табачно-ферментационные заводы, табачные и сигарето-махорочные фабрики)
10. Мясоперерабатывающие заводы, фабрики.
11. Заводы кормовых антибиотиков.
12. Рыбные промыслы.



13. Цехи по производству ферментов с поверхностным способом культивирования.

14. Бойни мелких животных и птиц.

#### **Класс опасности IV**

(Санитарно-защитная зона размером 100 м)

1. Элеваторы.

2. Предприятия кофеобжарочные.

3. Производство олеомargarина и маргарина.

4. Производство пищевого спирта.

5. Кукурузо-крахмальные, кукурузо-паточные заводы

6. Производство крахмала.

7. Производство столового уксуса.

8. Молочные и маслoбойные заводы (животные масла).

9. Заводы первичного виноделия.

#### **Класс опасности V**

(Санитарно-защитная зона размером 50 м)

1. Кондитерские фабрики и предприятия.

2. Овоще-и фруктохранилища

3. Заводы коньячного спирта.

4. Макаронные фабрики.

5. Колбасные фабрики.

6. Хлебозаводы.

7. Фабрики пищевые заготовочные.

8. Промышленные установки для низкотемпературного хранения пищевых продуктов емкостью более 600 т.

9. Производство виноградного сока.

10. Производство фруктовых и овощных соков и безалкогольных напитков.

11. Предприятия по переработке и хранению фруктов и овощей (сушке, засолке, маринованию и квашению).

12. Предприятия по розливу вин.

Размеры и конфигурация СЗЗ уточняются для предприятий с учётом среднегодовой розы ветров в районе расположения. Если в результате усовершенствования технологии и оборудования выделение вредных веществ уменьшилось или прекратилось, то по согласованию с органами санитарного надзора производство может быть отнесено к более низкому классу вредности. Расчетная часть Задание: для заданных класса предприятия и среднегодовой розы ветров произвести расчёт и построение санитарно-защитной зоны предприятия.

1. Согласно варианту из таблицы 14.1 выбирают повторяемость направлений ветров, размер СЗЗ и класс вредности предприятия.

Таблица 14.1 – Варианты заданий

Вариант	Повторяемость направлений ветров при круговой розе ветров Р, %							
	Север	Северовосток	Восток	Юговосток	Юг	Югозапад	Запад	Северозапад
1	12	13	15	14	11	16	18	19
2	12	11	19	14	16	13	18	14
3	10	8	15	14	11	16	18	20
4	12	13	15	14	11	16	16	19
5	12	10	19	19	8	13	18	14
6	10	8	15	14	11	16	18	6
7	11	13	15	14	11	16	16	19
8	12	10	19	19	8	13	20	14
9	10	7	16	14	11	16	18	6
10	13	13	15	14	11	16	16	19
11	12	10	19	19	7	13	18	14

12	10	8	15	14	11	16	18	6
13	12	13	15	14	11	16	16	19
14	12	10	19	19	8	13	18	14
15	10	8	15	14	11	16	18	6
16	12	13	15	14	11	16	16	19
17	12	10	19	19	8	13	18	14
18	10	8	15	14	11	16	18	6
19	12	13	15	14	11	16	16	19
20	12	10	19	19	8	13	18	14

2. Размеры санитарно-защитной зоны рассчитывают по формуле:

$$L=L_0 P / P_0 , \quad (1.1)$$

где L – расчётный размер СЗЗ, м;

$L_0$  – размер СЗЗ определенный «Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий», м;

P – повторяемость направлений ветров одного направления при круговой розе ветров, %;

$P_0$  – средняя повторяемость направлений.

При n направлениях розы ветров  $P_0$  определяется по формуле 1.2.

$$P_0=100/n \quad (1.2)$$

Расчет L производят для всех направлений ветров (восьми).

### **Контрольные вопросы**

1. Что представляет собой СЗЗ предприятия?
2. Какие установлены размеры санитарно-защитных зон?
3. Санитарными нормами проектирования предприятий?
4. Почему размеры санитарно – защитной зоны требуют уточнения?
5. Как производится уточнение СЗЗ?
6. Как выполняется построение СЗЗ?

## 15. ОТЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Сточные воды, образующиеся при работе предприятий пищевой промышленности, по органическим загрязнителям относятся к категории высококонцентрированных стоков.

Они могут содержать различные виды загрязнений:

- молоко;
- жир;
- шерсть;
- чешую;
- кровь;
- минеральные примеси;
- фекалии;
- соли;
- моющие средства и т.д.

Для безопасного сброса подобных стоков в канализационную сеть потребуется наличие на территории предприятия локальных очистных сооружений, обеспечивающих очистку сточных вод от жира и взвесей, и других загрязнений. При этом сложность очистки обусловлена разнообразием состава стоков, сложностью биологических и физико-химических процессов, которые лежат в основе их очистки, а также большими затратами на сооружение отдельных очистных установок или очистных комплексов.

Большая опасность промышленных стоков образуемых пищевыми предприятиями состоит в очень высокой биологической активности загрязняющих веществ, и находящихся в них микроорганизмов. В связи с этим процесс обеззараживания должен находиться под контролем и быть максимально эффективным.

Необходимо выделить тот факт, что в некоторых случаях применение очистки канализационных стоков обусловлено целью извлечения полезных веществ содержащихся в стоке, так например при использовании отдельной системы внутренней промышленной канализации на мясоперерабатывающих заводах и

комплексах, позволяет извлекать жиры - для косметической и других промышленности, частицы костей - для производства удобрений и биодобавок.

Требования к составу стоков, сбрасываемых в канализацию, диктуют необходимость проведения разработок новых схем очистки, а также интенсификации работы очистных сооружений на предприятиях. Последняя обеспечивается путем совершенствования конструкций, либо дополнительным включением в существующую схему очистки новых высокоэффективных узлов. Производственные сточные воды в пищевой промышленности образуются в результате технологических процессов при изготовлении продукции. Качественные характеристики вод обусловлены следующими факторами:

1. характером производства и составом сырья
2. режимами технологических процессов

При этом используется как физико-химический метод обработки (например: флотация с введением реагентов), так и биологическая обработка с анаэробно-аэробной схемой.

**15.1 Очистка сточных вод мясокомбината.** На предприятиях, занимающихся переработкой мяса, водоснабжение занимает ключевую роль в технологическом процессе. Загрязненные стоки предприятий, связанных мясопереработкой, по своему составу близки к хозяйственно-бытовым, но также содержат кровь, шерсть, щетину, жиры и др.

Указанные загрязнения находятся в виде трудноразделимых взвесей, суспензий, эмульсий, коллоидных и молекулярных растворов. Загрязнения состоят в основном из легко биологически разлагаемых природных веществ (жиров, белков, углеводов) и характеризуются высоким биохимическим показателем по пригодности их к биологической обработке, отношение БПК<sub>п</sub> /ХПК=0,8.

Сбрасываемые жидкости мясокомбинатов характеризуются неравномерностью притока вследствие залповых сбросов от периодических промывок

оборудования и мытья полов. Для достижения требуемого качества, загрязненные жидкости от мясокомбината проходят следующие этапы. Предварительное удаление неэмульгированных жиров и крупных отбросов в колодце-жироуловителе и усреднение по расходу в КНС-усреднителе с последующей подачей на очистные сооружения. Механическое задержание средних и мелких отбросов, а также доочистка от жировых неэмульгированных частичек на механизированной решетке с барабанным щелевым ситом, позволяющим задерживать загрязнения размером более 3,0 мм. Закрытая конструкция решетки предотвращает распространение дурных запахов, непрерывная чистка полотна барабана от отбросов позволяет не останавливать работу решетки. Сама решетка изготавливается из нержавеющей стали. Физико-химическая обработка позволяет улавливать взвешенные частицы на флотаторе с применением реагентов (коагулянт и флокулянт). Удаление органических и неорганических примесей в биореакторах с анаэробно-аэробными зонами. Доочистка и обеззараживание для выпуска в водоемы рыбохозяйственного назначения.

Метод анаэробно-аэробной обработки от органических загрязнений базируется на наличии прикрепленной и свободной микрофлоры. Анаэробно-аэробная схема обеспечивает оптимальную степень удаления загрязнений и стабильный результат. Все ступени сооружения способны повысить свою интенсивность при возрастании нагрузки на них, т.е. имеют определенный запас, позволяющий компенсировать проскоки загрязняющих веществ на предыдущих стадиях очистки и при возрастании нагрузки на очистные сооружения в целом.

Использование анаэробно-аэробной схемы позволяет в ходе технологического процесса решать вопросы по минерализации осадка.

**15.2 Очистка сточных вод молочной промышленности.** На современных предприятиях по переработке молока образуются производственные, конденсационные, промывные и хозяйственно-бытовые сточные воды. Производственные образуются в ходе технологической промывки и

последующей чистки производственных установок, транспортных резервуаров, от промывки технологических трубопроводов в начале и конце рабочих смен, при смене вида выпускаемой продукции. Считается, что количество загрязнений, производимых молочной промышленностью, равнозначно потере еще пригодных для переработки и продажи исходных молочных продуктов. Для предотвращения достаточно больших потерь при изготовлении единицы продукции при молокопереработке необходимо применить следующие методы чистки технологических трубопроводов для минимизации потерь исходного сырья. Устройство замкнутой системы охлаждения. Возможность использования образующейся сыворотки в пищевом производстве. Минимизация потерь исходного сырья. Переработка остатков для получения вторичных продуктов.

На первом этапе необходимо предусмотреть отстойник жируловитель для задержания взвешенных жиров, но при температурах более 30°C он оказывается не эффективным. Тогда требуется установка теплообменника для снижения температуры исходной среды. Далее необходима механическая стадия для предотвращения попадания в реакционное оборудование мелкого и крупного мусора из системы производственных коллекторов. Перед поступлением в усреднитель необходимо произвести корректировку pH дозированием растворов реагентов. Далее очищаемые промышленные стоки проходят предварительную физико-химическую обработку во флотационных машинах, где происходит удаление большого количества органических загрязнений и подготовка для полной биологической стадии.

Предварительно очищенные стоки направляются в аэротенки, где при помощи прикрепленного и взвешенного биоценоза происходит полное изъятие загрязняющих веществ, отделение избыточного активного ила, его обезвоживание. Способ обезвоживания может быть различен от подсушивания на иловых площадках, до обезвоживания на ленточном фильтр-прессе. Перед сбросом в водоем рыбохозяйственного назначения, очищенные стоки проходят обеззараживание посредством ультрафиолетового излучения.

**15.3 Очистка сточных вод хлебозаводов.** С давних времен человек превращает воду, муку и дрожжи в питательный продукт, без которого не обходится ни один завтрак, обед и ужин. Раньше не существовало больших производств и хлеб в каждой семье выпекался вручную. Позже появились небольшие частные пекарни, а уже затем выпекание приобрело значительные масштабы. Несомненно, это был огромный прогресс в развитии пищевой промышленности, но вместе с тем встал вопрос – как грамотно избавиться от отходов и загрязнений? В отработанных производственных сбросах хлебозаводов содержится большое количество взвешенных веществ и органических примесей, которые служат средой для развития многих болезнетворных бактерий. Кроме того, при сбросе в общегородской коллектор, некоторые примеси могут образовывать высокотоксичные соединения. Единственно верным решением является установка локальных очистных сооружений на предприятии. Они представляют собой многоступенчатый комплекс, включающий в себя различные методы обезвреживания стоков. На первом этапе происходит улавливание взвесей и различных нерастворенных примесей. Для этого используют решетки, песколовки, первичные отстойники и различные флотомашин. Применение последних, наряду с химическими реагентами (коагулянтами и флокулянтами) дает почти стопроцентный результат. На следующей стадии происходит обработка сообществом микроорганизмов и бактерий – активным илом. Чаще всего применяют анаэробно-аэробную методику, когда чередуются зоны без доступа кислорода воздуха и с его подачей. Это обеспечивает полное разложение растворенных органических и некоторых неорганических соединений, а также позволяет минерализовать образующийся осадок и в последствие использовать его, как удобрение.

Далее происходит доочистка от остаточных взвесей и частичек активного ила во вторичных отстойниках или флотаторах. Затем очищенные стоки направляются на ультрафиолетовое обеззараживание, после чего считаются полностью очищенными и могут быть сброшены в водоем. Зачастую,



очищенную воду пускают в оборотный цикл предприятия, что значительно экономит ее расход. Особенность производственных сбросов хлебозаводов – содержание различных минеральных примесей, которые при грамотном извлечении и переработке могут быть использованы в сельском хозяйстве.

**15.4 Очистка сточных вод спиртзаводов.** Спиртовая промышленность достаточно разнообразна, как и разнородны по составу отводящиеся с производства загрязнения. Самыми загрязненными считаются предприятия, перерабатывающие мелассу. Они содержат лютерную воду и барду, которую желательно отделять от общего стока и направлять на переработку. Также присутствует большое количество минеральных и органических примесей. Целесообразно применять многоступенчатую анаэробно-аэробную схему. Лютерную воду перед биологической стадией необходимо нейтрализовать растворами щелочей, или солей. Стоки бродильных и дрожжевых заводов, а также предприятий по производству пивных напитков содержат различные микроорганизмы, большое количество органики и минералов и плохо поддаются осаждению и фильтрации. Для их переработки применяют биологические и физико-химические методы с добавлением реагентов. Сбросы ликеро-водочных заводов различны по составу, это обусловлено видом исходного сырья и способом производства напитков. Технологию удаления загрязнителей выбирают, исходя из показателей, полученных при анализе стока. Чаще всего применяют физико-химические и биологические схемы обработки.

Кроме того, данные стоки характеризуются неравномерностью притока и колебаниями загрязненности вследствие залповых сбросов от периодических промывок и дезинфекции технологического оборудования. В технологические схемы для обработки производственных сбросов должен быть включен ряд последовательных стадий: Грубая механическая с использованием решеток. Усреднение и, по необходимости, нейтрализация. Отстаивание в резервуарах с тонкослойными модулями для удаления взвешенных и коллоидных частиц, с предварительной их реагентной обработкой. Многоступенчатая анаэробно-

аэробная стадия со сменой биоценозов, что позволяет исключить накопление продуктов метаболизма и достичь требуемый уровень качества. На каждой ступени биологической очистки образуется определенный биоценоз, отличающийся по способности утилизировать содержащиеся в данных стоках загрязнения от биоценоза предыдущей и последующей ступени. Без смены биоценозов на ступенях невозможно достичь глубокого удаления загрязнений, так как накопление ингибирующих, рост метаболитов определяет глубину очистки на каждой ступени. Стадия фильтрации на зернистой загрузке для стабильного достижения требуемого качества. Сбор, обработка и обезвоживание осадка.

## ВНЕАУДИТОРНАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

1. Дискуссия на тему «Почему во многих регионах мира существует продовольственная проблема, хотя сельскохозяйственная наука обладает большой суммой знаний».
2. Существует русская поговорка «Кашу маслом не испортишь». Найдите примеры из литературы, которые подтверждают её применение в хозяйственных делах положительно, отрицательно.
3. Можно ли полностью отказаться от химических методов борьбы, перейти к биологическим. Сообщение о животных, которые используются как биометод.
4. Знакомство с выдающимися русскими учеными: В.И.Вернадский, Н.И.Вавилов, В.В.Докучаев.
5. Можно ли усовершенствовать биосферу? Почему человечество стало силой геологического масштаба?
6. Опишите культурные растения выращиваемые Вашей семьей на приусадебном участке возле дома, в квартире. Где и когда они были впервые введены в культуру?
7. Выясните, как используются поверхностные и грунтовые воды вашего района, поселка, города? Предложите более рациональное использование от загрязнений. Почему дополнительно используется очистка воды, если она обладает способностью к самоочищению?
8. Сообщения о промысловых рыбах района, меры охраны с целью сохранения видового разнообразия.

## СИСТЕМА КОНТРОЛЯ

### Контрольная работа №1

1. Понятие промышленной экологии
2. Задачи промышленной экологии. Проблемы.
3. Размножение, регуляция численности.
4. Пути приспособления организмов к среде обитания.
5. Перечислите среды жизни. Приспособление живых организмов к жизни в одной из сред (по выбору).
6. Типы взаимодействия организмов.

### Контрольная работа №2

1. Понятие популяции. Законы пищевых отношений Г.Ф.Гизе, какие законы были открыты? С какими животными работал? Основоположник какой экологии?
2. Рост численности популяции, ее регуляция. Понятие демографии.
3. Законы организации экосистем. Понятие. Схема взаимодействия вещества и энергии.
4. Понятие агроценоза. Пример.
5. Экологические связи человека. Особенности пищевой и информационной связи человека.

## ЗАДАЧИ ПЕРВОГО ЦИКЛА

При решении задач принять следующие допущения:

- содержание кислорода во вдыхаемом воздухе - 21 об.%;
- содержание в выдыхаемом воздухе:  $O_2$  - 0,16 об%,  $CO_2$  - 4 об%;
- объем воздуха при вдохе - 0,5 л;
- количество вдохов - 20 за минуту;
- радиус Земли - 6400 км;
- 1/3 поверхности Земли занята сушей, 2/3 - Мировым океаном;
- население Земли - 6 млрд человек;
- средний вес человека — 70 кг;
- объем потребляемой за сутки воды - 2-3 л.

1. Запасы воды в ледниках и материковом льде -  $35 \cdot 10^6$  км<sup>3</sup>, что составляет 68,7% от общих запасов пресной воды на Земле. На сколько метров повысится уровень Мирового океана, если произойдет таяние льда? Какие причины могут способствовать этому и к чему это может привести?

2. Оценить степень опасности отравления кадмием (Cd), если при выкуривании одной сигареты в организм курильщика с дымом поступает 10 мкг Cd. Заядлый курильщик выкуривает за день 35 сигарет. Предельно-допустимая среднесуточная концентрация Cd в воздухе 10 мкг/м<sup>3</sup>. Известно, что вдыхание паров и пыли, содержащей 3 мг/м<sup>3</sup> Cd, в течение шести часов приводит к острому отравлению. Через какое время отравление может произойти у заядлого курильщика, если пренебречь процессами выведения Cd из организма? Дать токсикологическую характеристику кадмия.

3. За последние 200 млн лет на планете исчезло  $9 \cdot 10^5$  видов живых организмов. В настоящее время скорость исчезновения видов за год выросла на 5 порядков. Сейчас на Земле насчитывается 1,7 млн видов живых организмов. За какое

время оно сократится на 10% при сохранении современной тенденции к исчезновению видов? С чем связано резкое повышение скорости исчезновения живых организмов и в чем опасность уменьшения видового разнообразия живой материи?

4. В завезенной на склад партии картофеля содержание нитратов составляет 200 мг/кг. При варке картофеля разрушается 50% нитратов. Опасно ли ежедневное потребление в пищу 0,5 кг картофеля из этой партии, если допустимая недельная доза для человека 150 мг нитратов, а отравление наступает при разовом поступлении 300 мг. Дать токсикологическую характеристику нитратов.

5. В настоящее время в мире на человека в среднем приходится 0,12 га пашни. Из-за нерационального использования пахотных земель ежеминутно выводится из оборота 10 га пашни в результате процессов опустынивания. За какой срок при существующей скорости деградации пахотных земель пахотный фонд планеты уменьшится в 2 раза по сравнению с существующим? Укажите какие причины приводят к деградации пахотных земель?

6. Селен (Se) - микроэлемент, его недостаток - менее 10 мкг/кг веса человека — вызывает заболевание сердечно-сосудистой системы и способствует онкологическим заболеваниям, избыток - более 100 мг/кг - вызывает гиперселеновый синдром (болезнь суставов). Королем селенсодержащих растений является чеснок, в 1 кг которого содержится 140 мг Se. Сколько требуется человеку съесть чеснока, чтобы восполнить ежедневный селеновый дефицит — 100 мкг/кг веса человека? Какое количество чеснока должен съесть человек, чтобы у него ощущался недостаток (избыток) селена? Дать токсикологическую характеристику селена.

7. Самолет при перелете из Москвы до Владивостока потребляет 30-40 тонн

кислорода. Для какого количества людей хватило бы этого кислорода, чтобы обеспечить годовую биологическую потребность? Где еще расходуется кислород? За счет чего идет его восполнение?

8. Концентрация озона при фотохимическом смоге в приземном слое атмосферы достигает 8-10 мг/м<sup>3</sup>. Оценить степень опасности пребывания человека в зоне фотохимического смога, если безопасная суточная доза озона оставляет 0,1-0,3 мкг/кг веса человека, а поступление в течение часа 200 мг озона вызывает кашель, головную боль, учащение пульса, боли во всем теле. Дать токсикологическую характеристику озона.

9. Одно взрослое дерево за сутки производит 80-100 куб. м кислорода. Сколько деревьев обеспечат потребность населения Земли в кислороде за год, и какую площадь займут эти деревья, если одно дерево занимает площадь 1-5 м<sup>2</sup>? Какую долю займет эта площадь от земельного фонда планеты? За счет чего компенсируется расход кислорода в зимнее время года?

10. В 1971 г. вблизи г. Пейне в Германии в выработанной шахте было захоронено 2800 тонн известковой суспензии, содержащей 10% мышьяка (As). В настоящее время 5,6% As из суспензии перешло в грунтовые воды, объем которых в районе расположения свалки составляет 3 млн м<sup>3</sup>. Оценить степень опасности использования для питья воды из колодцев, если безопасная недельная доза для человека - 0,5 мг As. При разовом поступлении 1,5-2 мг As на кг веса человека наступает смерть. Дать токсикологическую характеристику мышьяка.

### **Пример решения задач первого цикла**

#### **Задача 1**

Какой вклад вносит все человечество Земли в ежегодное поступление диоксида

углерода (CO<sub>2</sub>) в атмосферу, составляющее 7 млрд тонн/год?

Решение

1. Сколько CO<sub>2</sub> выдыхает один человек в течение года:

$$G^1_{CO_2} = V_{л} * Ч_{в} * \tau * C_{CO_2} * 10^{-6} \text{ т/год} * \text{чел} ,$$

где  $V_{л}$  - объем вдыхаемого воздуха, л/вдох;  $V_{л} = 0,5$  л ;

$Ч_{в}$  - частота дыхания;  $Ч_{в} = 20$  вдох/мин;

$\tau$  - количество минут в году, мин/год;  $\tau = 60 * 24 * 365 = 525600$ ;

$C_{CO_2}$  - концентрация CO<sub>2</sub> в выдыхаемом воздухе, г/м<sup>3</sup>;

$$C_{CO_2} = (0,04 * 44)/22,4 = 0,0786 \text{ г/л} ;$$

$$G^1_{CO_2} = 0,5 * 20 * 525600 * 0,0786 * 10^{-6} = 0,412 \text{ т/год} * \text{чел}.$$

2. Сколько углекислого газа выдыхает все население планеты за год:

$$G_{CO_2} = G^1_{CO_2} * N \text{ т/год} ,$$

где  $N$  - население Земли;  $N = 6 * 10^9$  человек;

$$G_{CO_2} = 0,412 * 6 * 10^9 = 2,472 * 10^9 \text{ т/год} .$$

3. Вклад человечества в ежегодное поступление CO<sub>2</sub> в атмосферу Земли:

$$\text{Вклад} = (2,472 * 10^9 * 100)/7 * 10^9 = 35,3\%$$

## Задача 2

На сколько лет хватит запасов лесов на планете Земля, если в среднем ежесекундно вырубается 1 га леса. Возобновление лесов составляет 10% от



площади сведенных лесов. Известно, что леса занимают 20% территории суши.

Решение:

1. Найдем площадь суши, занятую лесами:

$$S_{сл} = S_3 * n_1 * n_2 * 100 \text{ га,}$$

где  $S_3$  — площадь поверхности Земли (площадь шара),

$S_3 = 4 * \pi * R^2$ ,  $R$  - радиус Земли,  $R = 6400$  км;

$n_1$  – доля поверхности Земли, занимаемая сушей;  $n_1 = 1/3$ ;

$n_2$  – доля поверхности суши, занятая лесами;  $n_2 = 0,2$  ;

$$S_{сл} = 4 * 3,14 * (6400)^2 * 1/3 * 0,2 * 100 = 3,42 * 10^9 \text{ га .}$$

2. Находим площадь безвозвратной потери лесов за год:

$$S_{бл} = a * b * \tau \text{ га/год,}$$

где  $a$  - ежесекундная потеря лесов, га/с;

$b$  - доля безвозвратной потери лесов;

$\tau$  - количество секунд в году, с/год.

$$S_{бл} = 1 * (1 - 0,1) * 360 * 24 * 365 = 2,83 * 10^7 \text{ га/год .}$$

3. На сколько лет хватит запасов лесов на планете Земля:

$$T = 3,42 * 10^9 / 2,83 * 10^7$$

### Задача 3

Оценить степень опасности употребления в пищу моркови, выращенной на

почве, содержащей 100 мг/кг бора, если в морковь переходит 3% бора, а урожай моркови 300 ц/га. При содержании бора в организме менее 1 мг/кг веса человека в организме ощущается дефицит бора, а при 190 - наблюдается токсическое действие. Ежедневная норма поступления бора в организм - 10 мг/кг. Принять ежедневное потребление моркови - 300 г. Плотность почвы — 1,4 кг/дм, глубина пахотного слоя почвы - 40 см. Дать токсикологическую характеристику соединений бора.

Решение:

1. Сколько бора ( $G_B$ ) переходит из почвы в 1 кг моркови:

$$G_B = C_B * n * q_1 * q_2 \text{ мг/кг,}$$

где  $C_B$  - концентрация бора в почве, мг/кг;

$n$  - доля бора, переходящая в морковь;

$q_1$  - вес моркови, собираемой с 1 м<sup>2</sup> почвы, кг/м<sup>2</sup>;

$q_1 = h * S * \rho$ , где  $h$  - глубина пахотного слоя, м ( $h = 0,4$  м);

$S$  - площадь, м<sup>2</sup> ( $S = 1$  м<sup>2</sup>);

$\rho$  - плотность почвы, кг/м<sup>3</sup>;

$$q_1 = 0,4 * 1 * 1,4 * 10^3 = 560 \text{ кг/м}^2;$$

$q_2$  - урожай моркови с площади в один м<sup>2</sup>, кг/м<sup>2</sup>.

$$G_B = 100 * 0,03 * 560 * 3 = 5040 \text{ мг/кг.}$$

2. Сколько бора поступает в организм человека ежедневно:

$$P_{\text{бор}} = (5040 * 0,3)/70 = 21,6 \text{ мг/кг веса человека.}$$

Количество бора превышает ежедневную норму, но значительно меньше

концентрации, при которой наблюдается токсическое действие бора на организм человека.

Токсикологическая характеристика включает:

- действие соединений бора на человека ;
- различные показатели (ПДК, ОБУВ, летальные дозы и концентрации) ;
- класс опасности бора.

### **ЗАДАЧИ ВТОРОГО ЦИКЛА**

Принять:

- коэффициент стратификации атмосферы  $A = 140$ ;
- коэффициент, учитывающий рельеф местности  $\eta = 1$ ;
- температуру наружного воздуха  $T_{ос} = 20^{\circ}\text{C}$ , для зимнего периода года (для котельной)  $T_{ос} = - 17,4^{\circ}\text{C}$ ;
- коэффициент экологической ситуации и значимости для атмосферы -  $\alpha = 1,9$  и для гидросферы  $\alpha = 1,17$ .

1. Оценить ущерб атмосфере от выброса пыли при обжиге известняка в шахтных печах. За год в печи обжигается 40 тыс. тонн известняка, максимально за месяц — 4 тыс. тонн. При обжиге 1 т известняка в воздух выделяется 2 кг пыли.

Запыленный воздух из печи дымососом со скоростью 3 м/с удаляется через трубу высотой 15 м, диаметром 0,6 м. Температура дымовых газов  $120^{\circ}\text{C}$ .

2. Оценить ущерб атмосфере от выброса диоксида серы ( $\text{SO}_2$ ), поступающего с вентиляционным воздухом от участка окраски тканей кубовыми красителями. В среднем за час на участке окрашивают 1000 погонных метров (п.м ) ткани, максимально — 2000. При окраске 1 п.м ткани в воздух выделяется 2 г  $\text{SO}_2$ . Участок работает 5700 часов в году.

Загрязненный воздух от красильных ванн удаляется вентиляционной установкой производительностью 10 тыс. м<sup>3</sup>/час через трубу высотой 7 м, диаметром 0,4 м. Эффективность вентиляционной установки - 60%, температура удаляемого воздуха - 35°C.

3. Оценить ущерб атмосфере от выброса паров свинца (Pb), образующихся при автоматическом наборе шрифта на линотипах в типографии. Максимально на участке работает 10 линотипов, в среднем - в 1/6 лимита рабочего времени. С одного линотипа в час выделяется 2 г Pb.

Вентиляционная установка, собирающая загрязненный воздух со всего участка, выбрасывает его через трубу высотой 7 м, диаметром 0,4 м, со скоростью 7 м/с. Температура удаляемого воздуха - 50°C.

4. Оценить ущерб окружающей среде от участка мойки машин, если на 1 машину расходуется 50 л воды. За 7 часов работы обрабатывают 15-20 машин. Участок работает 260 дней в году. При мытье с одной машины в воду попадает 8-15 г нефтепродуктов.

Промывные воды самотеком попадают в ручей, расход воды в котором составляет 0,2 м<sup>3</sup>/с, средняя глубина в районе стока - 0,5 м, скорость течения - 0,6 м/с. Фоновый уровень загрязнения воды в ручье нефтепродуктами равен 0,6 ПДК. Через 200 м ручей впадает в реку, коэффициент извилистости ручья - 1,3.

5. Оценить возможность выпуска сточной воды, содержащей фенол, с участка изготовления прессованных плит на мебельном комбинате. На изготовление 1 плиты расходуется 10 л воды и поступает 1 г фенола. За смену (7 часов) на участке вырабатывают 140 плит, участок работает в две смены 260 дней в году. Потери воды в производстве составляют 20%.

Сточная вода (СВ) сбрасывается в городской коллектор. Степень очистки от фенола на городских очистных сооружениях (ГОС) - 80%, допустимая концентрация фенола при сбросе СВ в реку после ГОС равна ПДК<sub>рх</sub> (для

фенола), а допустимая концентрация фенола при сбросе СВ с мебельного комбината в горколлектор составляет 1/10 от его концентрации на входе в ГОС.

6. Оценить ущерб окружающей среде, наносимый выбросом вентиляционного воздуха, загрязненного парами ртути (Hg), с участка утилизации отработанных ртутных ламп. При утилизации одной лампы в воздух поступает 0,5 мг ртути. За смену (5 часов) на участке утилизируют в среднем 150 ламп, максимально - 200, количество рабочих дней в году 260, причем на максимальную производительность приходится 10% лимита рабочего времени.

Загрязнённый ртутью воздух вентиляционной установкой производительностью 6 тыс. м<sup>3</sup>/час удаляется через трубу высотой 7 м, диаметром 0,4 м. Температура удаляемого воздуха 30°C, эффективность вентилятора - 80%.

7. Оценить ущерб окружающей среде от прачечной, работающей по 6 часов в сутки 260 дней в году. При стирке образуется 2 м<sup>3</sup> /смену сточной воды (СВ), содержащей максимально 50 мг/л, в среднем - 30 мг/л поверхностно-активных веществ (ПАВ). Причем максимальное загрязнение СВ составляет 10% от лимита рабочего времени.

Сточная вода сбрасывается в реку рыбохозяйственной категории водопользования. Расход воды в реке 2 м<sup>3</sup>/с, средняя глубина 1 м, скорость течения - 0,3 м/с. Фоновая концентрация ПАВ составляет 0,3 ПДК<sub>рх</sub>.

8. Оценить ущерб окружающей среде от котельной, работающей на каменном угле. За самый холодный месяц (январь) в котельной сжигают 40 т угля, за отопительный сезон (с 15 сентября по 15 апреля) - 250 тонн. При сжигании угля с дымовыми газами в атмосферу поступают окислы азота (NO<sub>2</sub>) в количестве 0,5 кг/тонну угля.

Дымовые газы дымососом удаляются через трубу высотой 15 м, диаметром 0,5

м, со скоростью 1 м/с и температурой 120°C.

9. Оценить возможность выпуска сточной воды (СВ) в городской коллектор с окрасочного участка, в котором установлено 10 окрасочных камер. Участок работает в две смены по 6 часов 260 дней в году. В каждой камере в час окрашивается изделий общей площадью 100 м<sup>2</sup>, максимально - 200 м<sup>2</sup>. При окраске в воздух выделяется окрасочный аэрозоль в количестве 5 г/м<sup>2</sup> покрываемой поверхности. Для улавливания аэрозоля в камере предусмотрена водяная завеса, расход воды составляет 2 л/с \* камеру. Окрасочный аэрозоль частично (60%) задерживается в отстойнике, остальная часть вместе с водой сбрасывается в городской коллектор. Допустимая концентрация аэрозоля при сбросе СВ в горколлектор составляет 1 мг/л. Потери воды при работе водяной завесы составляют 30% от ее расхода. Максимальная производительность составляет 10% лимита рабочего времени.

10. Оценить эффективность работы городских очистных сооружений (ГОС) для города, где проживает 300 тыс. жителей. Ежедневно каждый житель расходует максимально — 100, в среднем — 70 л воды, безвозвратные потери которой составляют 30%. От одного жителя в сутки с продуктами его жизнедеятельности в сточную воду поступает до 50 г органических веществ, содержание которых в сточной воде характеризуется комплексным показателем - биологическим потреблением кислорода (БПКп). Степень очистки от органических соединений на ГОС - 80%, допустимая концентрация БПКп в воде, сбрасываемой в реку после ГОС, равна ПДК для водоемов рыбохозяйственной категории водопользования. Производительность ГОС - 1,5 тыс. м<sup>3</sup>/сточной воды в час.

### **Примеры решения задач второго цикла**

#### **Задача 1**

Оценить ущерб окружающей среде от участка травления кинескопов в растворе плавиковой кислоты (HF). При травлении в воздух выделяются пары HF, которые вентиляционной установкой производительностью 10 тыс. м<sup>3</sup>/час удаляются через трубу, высотой 8 м, диаметром 0,4 м. Температура удаляемого воздуха - 30°С. Эффективность вентиляционной установки - 72%. Максимально на участке за час обрабатывают 1200 кинескопов, в среднем -1000, причем при обработке одного кинескопа в воздух выделяется 100 мг паров плавиковой кислоты. Участок работает 5200 часов в году. Максимальная производительность составляет 20% лимита рабочего времени.

Решение:

1. Находим максимальный выброс паров HF ( $M_{HF}$ , г/с):

$$M_{HF} = M' * P_{max} \text{ г/с,}$$

где  $M'$  - сколько HF выделяется с одного кинескопа, г/шт;

$P_{max}$  - максимальная секундная производительность, шт/с;

$$M_{HF} = (0,1 * 1200)/3600 = 0,0333 \text{ г/с .}$$

2. Находим годовой (валовый) выброс паров HF, т/год:

$$B_{HF} = M' * 10^{-6} * [P_{cp} * \tau * (1 - n) + P_{max} * \tau * n] \text{ т/год,}$$

где  $P_{cp}$  - средняя часовая производительность, шт/ч;

$\tau$  - количество рабочих часов в году, ч/год;

$n$  - доля времени, когда обрабатывают максимальное количество кинескопов.

$$B_{HF} = 0,1 * [1000 * 5200 * 0,8 + 1200 * 5200 * 0,2] * 10^{-6} = 0,541 \text{ т/год.}$$

3. Предельно-допустимый выброс паров HF (ПДВ<sub>HF</sub>, г/с) рассчитываем в соответствии с методикой [4,10]:

Находим степень нагретости выброса по параметру f по формуле:

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 * D}{H^2 * \Delta T} ,$$

где  $\omega_0$  - скорость выброса вентиляционного воздуха, м/с;

D - диаметр трубы, м;

H - высота трубы, м;

$\Delta T$  - разность температур между удаляемым воздухом ( $t_{yB}$ ) и температурой окружающей среды ( $t_{oc} = 20^\circ\text{C}$ ).

$$\omega_0 = \frac{4 * V_1}{\pi * D^2} ,$$

где  $V_1$  - фактическая секундная производительность вентиляционной установки, м<sup>3</sup>/с.

$$V_1 = 10000 * 0,72/3600 = 2 \text{ м}^3/\text{с} ,$$

$$\omega_0 = \frac{4 * 2}{3,14 * 0,4^2} = 15,9 \text{ м}^3/\text{с} ,$$

$$f = 1000 \frac{(15,9)^2 * 0,4}{8^2 * (30 - 20)} = 63,2 .$$

Так как  $f < 100$ , то источник выброса горячий и расчет ПДВ проводим по формуле:



$$\text{ПДВ}_{\text{HF}} = \frac{(\text{ПДК}_{\text{HF}} - C_{\phi}) * H^2 * \sqrt[3]{V_1 * \Delta T}}{A * F * m * n * \eta} \text{ г/с,}$$

где  $C_{\phi}$  - фоновая концентрация паров HF. Принимаем равной 0,3ПДК<sub>мр</sub>. ПДК<sub>мр</sub> для HF = 0,02 мг/м<sup>3</sup> [7,8].

A - коэффициент стратификации атмосферы;  $A = 140 \text{ с}^{2/3} * \text{мг} * \text{К}^{1/3}/\text{г}$ ;

F - коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ. Для газов и паров  $F = 1$ , для пылей и аэрозолей лежит в пределах от 1 до 3;  $F_{\text{HF}} = 1$ ;

m, n — коэффициенты, учитывающие тепловой (m) и скоростной (n) напор вентиляционного воздуха;

$\eta$  - коэффициент, учитывающий рельеф местности, принимаем  $\eta = 1$  (для ровной поверхности).

Для определения m и n необходимы вспомогательные параметры f и  $V_m$ .

$$V_m = 0,65 * \sqrt[3]{V_1 * \Delta T / H} ;$$

$$V_m = 0,65 * \sqrt[3]{2 * 10 / 8} = 0,9.$$

При  $0,5 < V_m \leq 2$  и  $f < 100$   $n = 0,532V_m^2 - 2,13V_m + 3,13 = 1,65$ ;

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} = 0,35;$$

$$\text{ПДВ}_{\text{HF}} = \frac{0,02 * (1 - 0,3) * 8^2 * \sqrt[3]{2 * 10}}{140 * 1 * 0,35 * 1,65 * 1} = 0,0239 \text{ г/с.}$$

4. Сравниваем максимальный выброс ( $M_{\text{HF}} = 0,0333 \text{ г/с}$ ) с  $\text{ПДВ}_{\text{HF}} = 0,0239 \text{ г/с}$ .

Вывод - выброс экологически опасен для окружающей среды, так как  $M_{\text{HF}} > \text{ПДВ}_{\text{HF}}$ .

5. Находим требуемую степень снижения выброса (x):

$$x = \frac{M_{HF} - ПДВ_{HF}}{M_{HF}} * 100\% ;$$

$$x = \frac{0,0333 - 0,0239}{0,0333} * 100\% = 28,2\% .$$

6. Находим величину ущерба (У, руб/год), наносимого атмосфере выбросами паров плавиковой кислоты:

$$У = \alpha * [У' * ПДВ_{HF}^{\Gamma} + 5У' * (В_{HF} - ПДВ_{HF}^{\Gamma})] \text{ руб/год},$$

где  $\alpha$  - коэффициент экологической ситуации и значимости в районе расположения источника выброса,  $\alpha = 1,9$  [4,11];

$У'$  - ущерб от выброса одной тонны паров плавиковой кислоты, руб/тонну

$$У' = У'_{97} * n = 3,3 * 80 = 264 \text{ руб/т},$$

где  $У'_{97}$  - оценка на 1997 год;

$n$  - инфляционный коэффициент;  $n = 80$  [12].

$ПДВ_{HF}^{\Gamma}$  — годовой предельно-допустимый выброс HF, т/год;

$$ПДВ_{HF}^{\Gamma} = ПДВ_{HF}^{\text{сек}} * \tau * 10^{-6} \text{ т/год} ,$$

где  $ПДВ_{HF}^{\text{сек}}$  - секундный предельно-допустимый выброс HF, г/с

$\tau$  - количество рабочих секунд в году, в течение которых выбрасываются пары плавиковой кислоты, с/год;  $\tau = 3600 * 5200 = 18,72 * 10^6$  с/год;

$$ПДВ_{HF}^{\Gamma} = 0,0239 * 18,72 * 10^6 * 10^{-6} = 0,447 \text{ т/год} ,$$

$В_{HF}$  - годовой (валовой) выброс HF, т/год;

$$У_{HF} = 1,9 * [264 * 0,447 + 5 * 264 * (0,541 * 0,447)] = 459,98 \text{ руб/год} .$$

При условии  $\Delta T \leq 0$  и  $f > 100$ , выброс считается холодным. В этом случае расчет ПДВ проводят по формуле:

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi}) * H^{4/3} * 8V_1}{A * F * n * \eta * D} \text{ г/с},$$

Для определения коэффициента  $n$  для холодного выброса находят вспомогательный параметр  $V_m'$  по формуле:

$$V_m' = 1,3 \frac{\omega_0 * D}{H}.$$

Показатель  $n$  для «горячего» и «холодного» выброса находят по формулам:

$$\text{при } V_m(V_m') \geq 2, \quad n=1;$$

$$\text{при } 0,5 \leq V_m(V_m') < 2, \quad n = 0,532V_m^2 * (V_m')^2 - 2,13V_m(V_m') + 3,13;$$

$$\text{при } V_m(V_m') < 0,5, \quad n = 4,4V_{ra}(V_m').$$

## Задача 2

Оценить ущерб от сброса в реку условно-чистой сточной воды с участка водоподготовки на ТЭЦ. На участке при регенерации ионитных фильтров в воду попадают хлорид-ионы в количестве: максимально - 1 кг с фильтра, в среднем - 0,8 кг. Постоянно регенерация проводится с 2-х фильтров из 10 имеющихся на участке. Время регенерации одного фильтра 4 часа, ТЭЦ работает в непрерывном режиме. Максимальное поступление хлорид-ионов составляет не более 20% от лимита рабочего времени.

Сброс условно-чистой сточной воды в объеме  $2 \text{ м}^3/\text{с}$  осуществляется в реку рыбохозяйственной категории водопользования. Водность реки - 10 м/с, средняя глубина в районе выпуска СВ - 1,5 м, скорость течения - 0,5 м/с. Фоновую концентрацию хлорид-ионов принять равной  $0,5\text{ПДК}_{\text{рх}}$ .

Решение:

1. Находим количество хлорид-ионов, максимально сбрасываемых со сточной водой в течение часа:

$$P_{Cl^-} = P'_{max} * n \text{ г/ч,}$$

где  $P'_{max}$  - максимальное количество хлорид-ионов, поступающее в воду при регенерации одного фильтра, г/шт;

$n$  - количество фильтров, одновременно находящихся на регенерации, шт/час;

$$P_{Cl^-} = 1000 * 2/4 = 500 \text{ г/ч} = 500/3600 = 0,139 \text{ г/с .}$$

2. Находим годовое (валовое) поступление хлорид-ионов в реку с условно-чистыми сточными водами, т/год :

$$P_{Cl^-}^{-\text{год}} = [P'_{cp} * \tau * (1 - a) * n/4 + P'_{max} * \tau * a * n/4] * 10^{-6},$$

где  $P'_{cp}$  - среднее количество хлорид-ионов с 1 фильтра, г/фильтр;

$\tau$  - количество рабочих часов в году, ч/год;

$a$  - доля рабочего времени, в течение которого поступает максимальное количество хлорид ионов.

$$P_{Cl^-}^{-\text{год}} = [800 * 25 * 365 * 0,8 * 2/4 + 1000 * 24 * 365 * 0,2 * 2/4] * 10^{-6} = 36,8 \text{ т/год .}$$

3. Находим предельно-допустимый сброс (ПДС<sub>Cl<sup>-</sup></sub>, г/ч) по методике [4,13]:

$$\text{ПДС}_{Cl^-} = C_{Cl^-}^{\text{доп}} * q_{CB} \text{ г/ч,}$$

где  $q_{CB}$  - объем сточной воды, м<sup>3</sup>/с;  $q_{CB} = 2 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

$C_{Cl^-}^{\text{доп}}$  - допустимая концентрация хлорид-ионов в СВ, г/м<sup>3</sup> ;

$$C_{Cl}^{\text{доп}} = n * (\text{ПДК} - C_{\phi}) + C_{\phi},$$

где ПДК - предельно-допустимая концентрация хлорид-ионов,  $\text{ПДК}_{\text{рх}} = 300 \text{ мг/л}$  [6,7];

$C_{\phi}$  - фоновая концентрация хлорид-ионов в воде,  $C_{\phi} = 0.5\text{ПДК}$ ;

$n$  — кратность разбавления сточной воды:

$$n = \frac{q_{CB} + \gamma Q_p}{q_{CB}},$$

где  $Q_p$  - расход воды в реке,  $\text{м}^3/\text{с}$ ,  $Q_p = 10 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

$\gamma$  - коэффициент смешения:

$$\gamma = \frac{1 - \exp(-\alpha * \sqrt[3]{L_{\phi}})}{1 + [\exp(-\alpha * \sqrt[3]{L_{\phi}})] * Q_p / q_{CB}},$$

где  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий гидрологические характеристики реки в месте сброса сточной воды;

$L_{\phi}$  — расстояние от места выпуска сточной воды до контрольного створа. Для рек рыбохозяйственной категории водопользования  $L_{\phi} = 500 \text{ м}$ .

$$\alpha = \varphi * \zeta * \sqrt[3]{D/q},$$

где  $\varphi$  - коэффициент извилистости. Для рек рыбохозяйственной категории водопользования  $\varphi \approx 1$ ;

$\zeta$  - коэффициент, учитывающий место выпуска сточных вод в реку. Для берегового выпуска  $\zeta = 1$ ;

$D$  - коэффициент диффузии,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$q$  - ускорение силы тяжести,  $\text{м}/\text{с}^2$ .

$$D = \varpi * H^3 / 200 \text{ м}^2/\text{с},$$

где  $\varpi$  - средняя скорость течения,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$H$  - средняя глубина реки,  $\text{м}$ .

$$D = 0,5 * 1,5^3 / 200 = 0,00375 \text{ м}^2/\text{с};$$

$$\alpha = 1 * 1 * \sqrt[3]{0,00375 / 9,8} = 0,072;$$

$$\gamma = \frac{1 - \exp(-0,576)}{1 + 5[\exp(-0,576)]} = 0,56$$

$$n = \frac{2 + 0,56 * 10}{2} = 3,8$$

$$C_{Cl^-}^{доп} = 3,8 * (300 - 150) + 150 = 720 \text{ мг/л ;}$$

$$ПДС_{Cl^-} = 720 * 2 = 1440 \text{ г/с .}$$

4. Сравниваем фактический сброс (0,139 г/с) с допустимым (1440 г/с). Вывод: сброс экологически безопасен, очистки не требуется.

5. Находим ущерб, наносимый реке:

$$Y = \beta * Y'_{Cl^-} * B \text{ руб/год,}$$

где  $\beta$  - коэффициент экологической ситуации состояния водных объектов в районе расположения предприятия. Для Ивановской области  $\beta = 1,17$ [11];

$Y'_{Cl^-}$  - ущерб от сброса 1 тонны хлорид-ионов, руб/тонну;

$B$  - валовый сброс, т/год.

$$Y' = Y'' * n,$$

где  $Y''$  - ущерб от сброса одной тонны загрязняющего вещества в 1997 г [4,11];

$n$  - инфляционный коэффициент,  $n = 80$ ;

$$Y' = 80 * 0,007 = 0,56 \text{ руб/т ;}$$

$$Y = 1,17 * 0,56 * 36,8 = 24,11 \text{ руб/год.}$$

### Задача 3

Оценить возможность выпуска сточной воды с гальванического участка в горколлектор, если за смену (7 часов) на участке промывают максимально 15 тыс. деталей, в среднем - 12 тыс. Площадь каждой детали  $0,3 \text{ м}^2$ . На промывку  $1 \text{ м}^2$  расходуется 10 л воды, потери воды составляют 20%. В сточную воду поступают соединения хрома в количестве 5 мг с одной детали. Участок

работает в 2 смены, 260 часов в году, причем максимальная производительность не превышает 10% лимита рабочего времени.

На городских очистных сооружениях степень очистки от соединений хрома составляет 10%, допустимая к выпуску в реку концентрация соединений хрома после ГОС равна 1,5 ПДК<sub>рх</sub>, а допустимая к сбросу с гальванического участка концентрация хрома составляет 1/10 от его концентрации на входе на ГОС.

Решение:

1. Найдем максимальный часовой расход воды на промывку:

$$Q = Q' * P_{\max}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $Q'$  - количество воды, расходуемой на промывку 1 м<sup>2</sup> изделий, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>;

$P_{\max}$  - максимальная часовая производительность, м<sup>2</sup>/ч;

$$Q = 0,01 * 0,3 * 15 * 10^3 / 7 = 6,4 \text{ м}^3/4 .$$

2. Находим годовой расход воды на промывку деталей:

$$Q_{\text{ч}} = Q' [P_{\text{ср}}(1 - a) * \tau + P_{\max} * a * \tau] \text{ м}^3/\text{год},$$

где  $P_{\text{ср}}$  - средняя производительность, м<sup>2</sup>/смену;

$\tau$  - количество смен в году, смен/год;

$a$  - доля максимальной производительности на участке.

$$Q_{\text{час}} = 0,01 [0,3 * 12 * 10^3 * 2 * 260 * (1 - 0,1) + 0,3 * 15 * 10^3 * 2 * 260 * 0,1] = 19188 \text{ м}^3/\text{год} .$$

3. Находим часовой и годовой расход сточной воды на участке:

$$q_{\text{час}} = Q_{\text{час}} * (1 - 0,2) = 6,4 * 0,8 = 5,12 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$q_{\text{год}} = Q_{\text{год}} * (1 - 0,2) = 191,88 * 10^4 * 0,8 = 153,504 * 10^4 \text{ м}^3/\text{год}.$$

4. Находим часовое и годовое (валовое) количество соединений хрома в сточной воде:

$$P_{\text{час}} = P' * \Pi_{\text{max}} * 10^{-3} = 5 * 0,3 * 15 * 10^3 * 10^{-3}/7 = 3,2 \text{ г/ч};$$

$$\begin{aligned} P_{\text{год}} &= P'[\Pi_{\text{ср}}(1 - a) * \tau + \Pi_{\text{max}} * a * \tau] * 10^{-6} = \\ &= 5[0,3 * 12 * 10^3 * 2 * 260 * 0,9 + 0,3 * 15 * 10^3 * 2 * 260 * 0,1] * 10^{-6} = \\ &= 9,594 \text{ кг/год} . \end{aligned}$$

5. Находим концентрацию соединений хрома в сточной воде:

$$C_{\text{Cr}} = P_{\text{час}}/q_{\text{час}} = 3,2/6,4 = 0,5 \text{ г/м}^3 \text{ (или мг/л)}.$$

6. Находим допустимую концентрацию соединений хрома на входе в ГОС:

$$C'_{\text{Cr}} = \frac{C''_{\text{Cr}}}{1 - \eta_{\text{Cr}}} = \frac{1,5 * 0,001}{1 - 0,1} = 0,0016 \text{ мг/л (г/м}^3\text{)},$$

где  $C''_{\text{Cr}}$  - допустимая концентрация соединений хрома при сбросе очищенной воды в реку после ГОС. По условию  $C''_{\text{Cr}} = 1,5 \text{ ПДКрх}$ ,  $\text{ПДКрх} = 0,001 \text{ мг/л}$  [7,8];

$\eta_{\text{Cr}}$  — степень очистки сточных вод от хрома на ГОС.

7. Находим концентрацию хрома, допустимую к сбросу в горколлектор с гальванического участка:

$$C'''_{\text{Cr}} = 0,1 * C'_{\text{Cr}} = 0,00016 \text{ мг/л}.$$

8. Сравниваем фактическую концентрацию хрома в сточной воде после промывных деталей ( $C_{\text{Cr}}$ ) с допустимой ( $C'''_{\text{Cr}}$ ). Вывод: так как  $C_{\text{Cr}} = 0,5 \text{ мг/л}$



>>>  $C'''_{Cr} = 0,00016$  мг/л, то сбрасывать такую воду нельзя. Необходимо предусмотреть локальную очистку (например, реагентный метод). Требуемую степень очистки рассчитывают по формуле:

$$\eta = \frac{C_{Cr} - C'''_{Cr}}{C_{Cr}} * 100\% = \frac{0,5 - 0,00016}{0,5} = 99,9\%.$$

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Экология, охрана природы и рациональное природопользование, содержание, предмет и задачи.
2. Основные законы экологии. Ее место в системе современных наук.
3. Учение о биосфере. Основные среды жизни и условия существования организмов.
4. Классификация факторов среды и общие закономерности их действия на организмы.
5. Понятия популяции, структура динамика популяций.
6. Биологические системы и экология: общество, биоценоз, биогеоценоз, экосистема.
7. Биологическое разнообразие и проблемы его сохранения.
8. Охрана водоемных ресурсов от загрязнений.
9. Вода как фактор распространения инфекционных и неинфекционных заболеваний.
10. Почва и источники ее в загрязнение современных условиях. Мероприятия по санитарной охране почв.
11. Химизация сельского хозяйства. Последствия применения пестицидов и ядохимикатов.
12. Охрана недр и природных комплексов при разработке минеральных ресурсов.
13. Проблемы автотранспорта в городских экосистемах, современные пути их решения.
14. Воздействие радиоактивного загрязнения среды на экосистемы, животных, человека.
15. Возникновение и развитие ноосферы.
16. Экологическая ситуация в современном мире.
17. Экологическая ситуация в г. Кемерово  
(или в другом населенном пункте (городе), экологическая ситуация в котором

Вам известна, и Вы обладаете достаточной информацией для ее характеристики).

18. Взаимосвязь социальных проблем с интенсификацией общественного производства.
19. Взаимосвязь экологических проблем с развитием промышленного и сельскохозяйственного производства.
20. Сравнительная оценка экологического состояния районов области.
21. Глобальные проблемы окружающей среды.
22. Воздействие промышленности на сельское хозяйство.
23. Взаимоотношения организма и среды.
24. Воздействие антропогенной деятельности на биохимические циклы и естественные экосистемы.
25. Экология пищи.
26. Вредные производственные факторы, влияющие на здоровье человека.
27. Основные источники загрязнения и меры борьбы с выбросами на предприятиях хлебопекарной промышленности.
28. Глобальный круговорот веществ в природе.
29. Влияние антропогенной деятельности на климат планеты.
30. Оценка прямых и косвенных воздействий различных видов загрязнений на организм человека.
31. Биосфера: структура, функциональная целостность и обеспечение ее устойчивости.
32. Причины и глобальные последствия разрушения озонового слоя Земли.
33. Проектирование охраны окружающей среды на промышленных предприятиях и экологическая экспертиза.
34. Процессы самоочищения водных экосистем.
35. Круговорот веществ в биосфере.
36. Почвенные экосистемы и их загрязнение.
37. Энергетика и экология.
38. Экологический мониторинг.

39. Закон РФ «Об охране окружающей среды».
40. Токсикологическое действие выбросов промышленности и транспорта на здоровье человека.
41. Проблемы локального и глобального загрязнения воздушной среды.
42. Основные источники загрязнения и меры борьбы с выбросами на предприятиях мясной промышленности.
43. Основные источники загрязнения и меры борьбы с ними на предприятиях пивобезалкогольной промышленности.
44. Основы экологического права.
45. Экосистемы: типы, их состав и сбалансированность.
46. Роль экологии в сохранении, восстановлении окружающей среды и предупреждение отрицательных последствий деятельности человека.
47. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды.
48. Экологические рычаги реализации природоохранной деятельности.
49. Основы экономики природопользования.
50. Концепция перехода Российской Федерации на модель устойчивого развития.
51. Экологический паспорт предприятия (конкретное предприятие).
52. Планирование и финансирование мероприятий по охране природы.
53. Виды платежей за пользование природными ресурсами и загрязнение окружающей среды.
54. Организация водопотребления и водоотведения на предприятиях пивобезалкогольной промышленности.
55. Организация водопотребления и водоотведения на предприятиях мясной промышленности.
56. Организация водопотребления и водоотведения на предприятиях молочной промышленности.
57. Основные источники финансирования природоохранных мероприятий.
58. Правовое регулирование природопользования.
59. Организация охраны природы на предприятиях мясной промышленности.

60. Материальное стимулирование за рациональное природопользование (источники финансирования и формы стимулирования).
61. Экономические методы управления природоохранной деятельностью.
62. Ресурсосбережение – главный путь повышения эффективности общественного производства.
63. Использование вторичных ресурсов в пищевой промышленности.
64. Основные элементы окружающей среды: состав, функции.
65. Инженерная защита водных ресурсов на пищевых предприятиях.
66. Комплексное использование сырья.
67. Влияние состояния окружающей среды на качество пищевых продуктов.
68. Мероприятия по охране атмосферного воздуха на предприятиях пищевой промышленности.
69. Понятие и сущность рационального природопользования.
70. Итоги конференции ООН по окружающей среде и развитию.
71. Роль биоразнообразия в устойчивости экосистем.
72. Современные представления о структуре и эволюции биосферы.
73. Юридические и экологические санкции к производствам, загрязняющим окружающую среду.
74. Прогноз влияния хозяйственной деятельности человека на биосферу (кислотные дожди, парниковый эффект, разрушение озонового экрана Земли и т.д.).
75. Законодательные акты СССР и России по охране природы.
76. Природоохранные органы и их функции.
77. Классификация природных ресурсов. Особенности использования и охраны исчерпаемых и неисчерпаемых ресурсов.
78. Климатическая зональность и основные типы наземных экосистем.
79. Формы и масштабы сельскохозяйственного загрязнения атмосферы.
80. Основные пути миграции и накопления в биосфере опасных для здоровья веществ.
81. Отходы производства, их размещение, детоксикация и рекуперация.

82. Бытовые отходы и проблемы их уничтожения и рекуперации.
83. Влияние фреонов на состояние биосферы и экосистем.
84. Борьба с энергетическими загрязнениями окружающей среды.
85. Перспективы создания безотходных (малоотходных) технологий в пищевой промышленности (на примере конкретного предприятия пищевой промышленности).
86. Экологическое значение основных абиотических факторов (тепла, света, освещенности, влажности, концентрации биогенных элементов) на состояние экосистемы.
87. Значение экологического воспитания и образования.
88. Методы очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности.
89. Значение экологии для оценки последствия профессиональной деятельности и принятия оптимальных решений в условиях экологического кризиса.
90. Нормативное управление качеством окружающей среды.
91. Углеродный цикл и изменение климата.
92. Использование вторичного сырья в кондитерском производстве.
93. Экономика, экология, предпринимательство: проблемы эффективного взаимодействия.
94. Устойчивое развитие и экологическая сертификация.
95. Теории причин изменения климата.

## Словарь терминов

**Абиотическая среда** (от греч. «а» и «bioticos» — живой) — совокупность неорганических условий обитания организмов.

**Автотрофы** (от греч. «autos» — сам, «trophe» — питание) — организмы, способные питаться неорганическими соединениями.

**Адаптация** (от лат. «adapto» — прилаживаю) — приспособление строения и функций организма к условиям существования.

**Аменсализм** — форма взаимодействия, при которой одна популяция подавляет другую, но сама не испытывает отрицательного влияния.

**Антропогенный** — вызванный человеческой деятельностью, связанный с деятельностью человека.

**Антропоцентризм** (от греч. «anthropos» — человек, «kentron» — центр) — воззрение, согласно которому человек есть центр Вселенной и конечная цель мироздания.

**Ареал** (от лат. «area» — площадь) — область распространения данного таксона (вид, род, семейство) в природе.

**Аутэкология** — раздел экологии, изучающий взаимодействие отдельных организмов и видов со средой обитания.

**Биогеохимические циклы** — круговороты веществ; обмен веществом и энергией между различными компонентами биосферы, обусловленный жизнедеятельностью организмов и носящий циклический характер.

**Биогеоценоз** — экологическая система, которая включает сообщество разных видов в определенных геологических условиях.

**Биологическое разнообразие** — количество живых организмов, видов и экосистем. **Биомасса** — суммарная масса особей вида, группы видов, отнесенная к площади или объему местообитания.

**Биосфера** (от греч. «bios» — жизнь, «sphire» — шар) — оболочка Земли, в которой живое взаимодействует с неживым.

**Биотоп** — пространство, которое занимает биоценоз.

**Биоценоз** (от греч. «bios» — жизнь, «koinos» — общий) — совокупность популяций, приспособленных к совместному обитанию на данной территории.

**Вид** — естественная биологическая единица, всех членов которой связывает участие в общем генофонде.

**Гербициды** — химические вещества, используемые для борьбы с растениями — вредителями сельского хозяйства.

**Гетеротрофы** (от греч. «heteros» — иной, «trophe» — питание) — организмы, питающиеся растениями и животными.

**Глобальный** (от лат. «globus» — шар) — охватывающий всю Землю.

**Гуманизм** (от лат. «humanus» — человеческий) — мировоззрение, основанное на принципах равенства, справедливости, человечности.

**Деградация** (от фр. «degradation» — ступень) — ухудшение состояния, утрата качеств.

**Демография** (от греч. «demos» — народ, «grapho» — пишу) — наука о народонаселении.

**Дефолианты** — химические вещества, вызывающие опадение листьев растений.

**Дивергенция** — усиление различий между близкородственными видами.

**Живое вещество** — совокупность всех существующих в данный момент организмов.

**Загрязняющие вещества** — поступающие в среду обитания вещества, которые приводят к нарушению функционирования экосистем.

**Заказник** — охраняемая территория, в которой выполнение функции охраны природы сочетается с ограниченной хозяйственной деятельностью.

**Заповедник** (от «повеление») — охраняемая территория, в которой запрещена хозяйственная деятельность.

**Индустриальное общество** (от лат. «industria» — деятельность) — стадия развития общества, одной из основных характеристик которой является промышленное, товарное, машинное производство.



**Инсектициды** — химические вещества, используемые для борьбы с вредными насекомыми.

**Информация** — мера неоднородности распределения материи.

**Кислотные дожди** — дожди, содержащие окислы азота и двуокись серы.

**Комменсализм** — форма взаимодействия, при которой пользу получает одна из двух взаимодействующих популяций.

**Конвергенция** — уменьшение различий между видами под влиянием эволюционного процесса.

**Консументы** (от лат. «consume» — потребляю) — гетеротрофные организмы, главным образом животные, которые поедают продуцентов.

**Кооперация** — форма взаимодействия, при которой пользу получают обе взаимодействующие популяции.

**Коэволюция** — совместная эволюция двух или нескольких видов жизни.

**Красная Книга** — свод описаний редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных.

**Кризис** (от греч. «krisis» — решение, поворотный пункт, исход) — затруднительное положение.

**Культура** (от лат. «cultura» — возделывание) — совокупность всего специфически человеческого, что создается им как видом *Homo sapiens*.

**Ландшафт** — основная категория территориального деления географической оболочки Земли.

**Лимитирующий фактор** — фактор, ограничивающий существование организма.

**Локальный** (от лат. «localis» — местный) — относящийся к небольшой территории. **Мелиорация** — улучшение естественных земель.

**Местообитание** — участок, занятый частью популяции и обладающий всеми необходимыми для ее существования условиями.

**Метаболизм** — обмен веществ организма с окружающей средой.

**Моделирование** — метод исследования, при котором изучается не сам объект исследования, а другой предмет (модель), находящийся с ним в определенном отношении.

**Мониторинг** (от англ. «monitor» — предостерегающий) — система наблюдений, на основе которой дается оценка состояния биосферы и ее отдельных элементов.

**Мутация** (от лат. «mutatio» — изменение) — изменение в генетическом коде, передающееся по наследству.

**Мутуализм** — форма взаимодействия, при которой пользу получают обе популяции, причем они полностью зависят друг от друга.

**Неолит** (от греч. «neos» — новый, «litos» — камень) — новый каменный век (10—6 тыс. лет назад).

**Неолитическая революция** — коренное изменение в способе ведения хозяйства, выразившееся в переходе от охотничье-собирательного хозяйства к земледельческо-скотоводческому.

**Ниша экологическая** — совокупность условий, необходимых для существования данного вида.

**Ноосфера** (от греч. «noos» — разум, «sphaire» — шар) — сфера разума, возникающая в результате появления человека на Земле и его взаимодействия с природным окружением. **Облигатность** — вынужденная связь, без которой популяция не может существовать.

**Озоновый экран** — слой атмосферы, лежащий на высотах от 7 км на полюсах и до 50 км (с наибольшей плотностью озона на высотах 20—22 км), с повышенной концентрацией молекул озона.

**Органические соединения** — вещества, включающие в свой состав углерод.

**Парниковый эффект** — повышение концентрации в атмосфере так называемых парниковых газов (углекислого газа и др.), поглощающих тепловое излучение земной поверхности, что приводит к потеплению климата.

**Пестициды** — вещества, используемые для борьбы с вредителями сельского хозяйства.

**Популяция** (от лат. «populus» — народ) — совокупность особей одного вида, которые населяют определенный участок территории в течение длительного времени.

**Предельно допустимые выбросы (ПДВ)** — максимальное количество вредных веществ, которые могут поступать в окружающую среду с территории данного предприятия.

**Предельно допустимые концентрации (ПДК)** — количество какого-либо вредного вещества, которое может находиться в окружающей среде без значительного ущерба для здоровья человека.

**Предельно допустимые суммы (ПДС)** — суммарный показатель вредного воздействия загрязняющих факторов.

**Предельно допустимые уровни (ПДУ)** — уровень вредного физического воздействия (для электромагнитного и шумового загрязнения).

**Природно-ассимиляционный потенциал** — способность природной среды без ущерба для себя (т.е. для механизмов своего функционирования и самовосстановления) отдавать необходимую для человека продукцию и производить полезную для него работу.

**Природно-ресурсный потенциал** — часть природных ресурсов, которая может быть реально вовлечена в хозяйственную деятельность при данных технических и социально-экономических возможностях общества с условием сохранения среды жизни человека.

**Продуктивность** — суммарное количество биомассы, образующееся за данный период времени.

**Продуценты** (от лат. «producentis» — производящий) — ав-тотрофные организмы, которые создают пищу из простых неорганических веществ.

**Равновесие** — состояние, при котором отдельные параметры системы неизменны или колеблются вокруг некоторого среднего значения.

**Региональный** (от лат. «regionalis» — областной) — относящийся к какой-либо определенной территории.

**Редуценты** (от лат. «reducentis» — возвращающий ) — гетеротрофные организмы, главным образом бактерии и грибы, разрушающие сложные органические соединения и высвобождающие неорганические питательные вещества, пригодные для продуцентами.

**Рекреационные ресурсы** — все явления, которые могут быть использованы для отдыха: климатические, водные, гидроминеральные, лесные, горные и т.д.

**Рекультивация** — возвращение земель в культурное состояние, способное давать урожай, или в естественное состояние.

**Рециклирование** — повторное использование отходов производства.

**Симбиоз** — форма взаимодействия, при которой оба вида получают выгоду.

**Синэкология** — раздел экологии, изучающий взаимодействие сообществ со средой их обитания.

**Сообщество** — совокупность живых организмов, входящих в данную экосистему.

**Сопротивление среды** — совокупность факторов, направленных на сокращение численности популяции.

**Среда обитания** — совокупность условий, в которых существует данная особь, популяция или вид.

**Структура** (от лат. «structura» — строение) — совокупность связей между элементами системы.

**Сукцессия** (от лат. «successio» — преемственность) — процесс развития экосистемы от ее зарождения до гибели, сопровождающийся сменой существующих в ней видов.

**Токсичные вещества** (от греч. «toxikon» — яд) — вещества, вызывающие определенные болезни и нарушения.

**Толерантность** (от лат. «tolerantia» — терпение) — способность организма переносить влияния фактора среды.

**Трофический** — относящийся к питанию.

**Урбанизация** — процесс роста количества городов и увеличения числа городских жителей. **Фито** — относящийся к растениям.

**Флуктуация** — изменение какого-либо показателя под влиянием внешних или внутренних факторов.

**Экологическая пирамида** — графическое изображение соотношения трофических уровней. Может быть трех типов: численности, биомассы и энергии.

**Экологический фактор** — любой элемент среды, способный оказать прямое влияние на живые организмы.

**Экология** (от греч. «oikos» — дом, «logos» — учение) — наука, изучающая взаимодействие живых организмов с окружающей средой.

**Экосистема** — система, которую составляет сообщество и окружающая его среда.

**Экотоп** — место обитания сообщества.

**Этика** (от греч. «etos» — обычай, нрав) — одна из философских дисциплин, изучающая поведение людей.

## Список используемой литературы

1. Баян, Е.М. Экологическая безопасность при использовании нанотехнологий [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Е.М. Баян, Л.Е. Пустовая. - Ростов-на-Дону : Содействие-XXI век, 2012. - 187 с.
2. Белокрылова, Е.А. Правовое обеспечение экологической безопасности [Текст] : учебное пособие для студентов образовательных учреждений высшего профессионального образования / Е.А. Белокрылова. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2014. - 445 с.
3. Беспаятнов, Г.П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде [Текст] : справочник / Г. П. Беспаятнов, Ю. А. Кротов. - Ленинград : Химия, Ленинградское отд-ние, 1985. - 528 с.
4. Вредные вещества в промышленности [Текст] : справочник для химиков, инженеров и врачей. В 3 т. Т. 1. Органические вещества / под общ. ред. Н.В. Лазарева, Э.Н. Левиной. - 7-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Химия : Ленингр. отд-ние, 1976. - 592 с.
5. Вредные вещества в промышленности [Текст] : справочник для химиков, инженеров и врачей. В 3 т. Т. 2. Органические вещества / под общ. ред. Н.В. Лазарева, Э.Н. Левиной. - 7-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Химия : Ленингр. отд-ние, 1976. - 623 с.
6. Горелов, А.А. Экология [Текст] : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по гуманитарным специальностям / А. А. Горелов. - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2007. - 398 с.
7. Грушко, Я.М. Вредные органические соединения в промышленных выбросах в атмосферу [Текст] : справочник / Я.М. Грушко. - Ленинград : Химия : Ленингр. отд-ние, 1986. - 206 с.
8. Грушко, Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу [Текст] : справочник / Я.М. Грушко. - Ленинград : Химия : Ленингр. отд-ние, 1987. - 190 с.
9. Грушко, Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах [Текст] : справочник. / Я.М. Глушко. - Ленинград : Химия : Ленингр. отд-ние, 1979. - 161 с.
10. Грушко, Я.М. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах [Текст] : справочник / Я.М. Грушко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Химия : Ленингр. отд-ние, 1982. - 215 с.
11. Данилов-Данильян, В.И. Экологическая безопасность. Общие принципы и российский аспект [Текст] / В.И. Данилов-Данильян, М.Ч. Залиханов, К.С. Лосев. – 2-е изд., дораб. - Москва : МППА БИМПА, 2007. – 286 с.

12. Дмитриев, В.В. Прикладная экология [Текст] : учебник для студентов высших учебных заведений / В. В. Дмитриев, А. И. Жиров, А. Н. Ласточкин. - Москва : Академия, 2008. - 599 с.
13. Еськов, Е.К. Эволюционная экология: принципы, закономерности, теории, гипотезы, термины и понятия [Текст] : справочное пособие / Е.К. Еськов. - Москва : Per Se, 2009. - 671 с.
14. Инструктивно-методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей среды [Электронный ресурс] : утв. Минприроды РФ от 26.01.1993 : ред. от 15.02.2000, с изм. от 12.07.2011 : зарегистрировано в Минюсте РФ 24.03.1993 N 190 // КонсультантПлюс : [официальный сайт]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_1867/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_1867/)
15. Кукушкина, А. В. Экологическая безопасность, разоружение и военная деятельность государств: международно-правовые аспекты [Текст] / А.В. Кукушкина. - Москва : ЛКИ, 2008. - 175 с
16. Пономарева, И.Н. Общая экология [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / И.Н. Пономарева, В.П. Соломин, О.А. Корнилова ; под ред. И.Н. Пономаревой. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2009. - 538 с.
17. Шмаль, А.Г. Методология создания национальной системы экологической безопасности [Текст] / А.Г. Шмаль // Экологический вестник России. - 2005. – № 7. – С. 57-59.
18. Экологическая безопасность предприятия [Текст] : приказы, акты, инструкции, журналы, положения, планы / Б.Т. Бадагуев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Альфа-Пресс, 2012. - 566 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

стр.

1. Теоретические основы промышленной экологии	4
2. Уровни биологической организации	10
3. Взаимодействие организма и среды	15
4. Популяции	32
5. Биотические сообщества	38
6. Экологические системы	45
7. Основные направления эволюции биосферы	64
8. Экология человека	71
9. Антропогенные экосистемы	78
10. Антропогенные воздействия на биосферу	88
11. Экологическая защита и охрана окружающей природной среды	106
12. Основы экологического права	117
13. Международное сотрудничество в области экологии	135
14. Расчет и построение санитарно - защитной зоны предприятия	143
15. Отчистка сточных вод пищевой промышленности	148
Система контроля	156
Список используемой литературы	190



*Учебное издание*

**ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ**

Учебное пособие

**Составители: Широкова Надежда Васильевна,  
Сердюкова Яна Пламеновна**

**Издаётся в авторской редакции**

Компьютерная верстка: Н.В. Широкова