

Министерство образования и науки Кыргызской Республики

Иссык-Кульский государственный университет  
имени Касыма Тыныстанова

Кафедра туризма и охраны окружающей среды

**Калдыбаев Б.К., Кадырова Г.Б.**

## **КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ЭКОЛОГИИ**

**Учебное пособие**

Каракол  
2019

Рекомендовано к печати решением учебно-методического совета ИГУ им. К. Тыныстанова (протокол №10 от 1.07.2019), в рамках научного проекта Министерства образования и науки Кыргызской Республики «Экологические аспекты устойчивого развития города Каракол».

Рецензент: доктор биологических наук, профессор кафедры биоразнообразия Кыргызского государственного университета им. И. Арабаева *Ахматов М.К.*

Калдыбаев Б.К. Кадырова К.Б.  
Курс лекций по экологии. Учебное пособие

Рассмотрены фундаментальные и прикладные аспекты экологии: организм и среда, экологические факторы, структура популяции, экосистемы, биосферы, экологические принципы рационального природопользования и устойчивого развития.

Предназначено в качестве учебного пособия для студентов межфакультетских специальностей.

## Оглавление

<b>Введение</b> .....	4
<b>Лекция №1. Среда жизни</b>	
1. Водная среда.....	7
2. Наземно-воздушная среда.....	8
3. Почва как среда обитания.....	9
4. Организм как среда.....	11
<b>Лекция №2. Экология организмов</b>	
1. Экологические факторы.....	13
2. Закономерности действия экологических факторов.....	15
3. Экологическая классификация живых организмов по типу питания.....	17
4. Биологические ритмы.....	18
<b>Лекция №3. Экология популяций</b>	
1. Понятие популяции.....	19
2. Статистические показатели популяции.....	20
3. Динамические показатели популяции.....	22
4. Регуляция численности популяции.....	23
<b>Лекция №4. Экология сообществ и экосистем</b>	
1. Понятие биоценоза, биогеоценоза, экосистемы.....	24
2. Типы связей и взаимоотношений между организмами.....	25
3. Структура и функционирование экосистем.....	27
4. Природные и антропогенные экосистемы.....	32
<b>Лекция №5. Биосфера</b>	
1. Геосферы (оболочки) Земли.....	34
2. Структура и границы биосферы.....	37
3. Круговорот веществ в биосфере.....	38
4. Превращение биосферы в ноосферу.....	46
<b>Лекция №6. Антропогенные воздействия на биосферу и её защита</b>	
1. Антропогенные воздействия на атмосферу и её защита.....	47
2. Антропогенные воздействия на гидросферу и её защита.....	52
3. Антропогенное воздействие на почву и её защита.....	55
4. Антропогенные воздействия на биотические сообщества и их защита.....	56
5. Особые виды воздействия на биосферу.....	59
<b>Лекция №7. Природопользование и устойчивое развитие</b>	
1. Предмет и задачи природопользования.....	62
2. Природные ресурсы и их классификация.....	63
3. Концепция устойчивого развития.....	65
<b>Рекомендуемая литература</b> .....	68

## Введение

Экологическое образование и воспитание исключительно важны в современный период интенсивного преобразования человеком биосферы. Экологизация общественного сознания является решающим фактором обеспечения экологической безопасности, формирования условий для перехода Кыргызстана к устойчивому развитию.

В настоящее время во всех высших учебных заведениях Кыргызстана читаются курсы лекций по предмету «Экология». Согласно Государственного образовательного стандарта высшего образования Кыргызской Республики изучение данного курса считается важным и необходимым при подготовке высококвалифицированных специалистов для различных отраслей народного хозяйства. Целью курса является формирование у студентов представления о современном состоянии экологической науки, знания об экологических проблемах в мировом масштабе и ее отдельных районах и многие другие аспекты взаимоотношения человеческого общества с окружающей средой. Так как современные экологические проблемы привлекают к себе повышенное внимание не только специалистов-экологов, но и самых широких слоёв населения.

Данное учебно-методическое пособие составлено на основе прочитанных курсов лекций по предмету экология в Иссык-Кульском государственном университете им. К. Тыныстанова, где рассмотрены фундаментальные и прикладные аспекты экологии: взаимоотношения организма и среды, экологические факторы, структура популяции, экосистемы, биосферы, экологические принципы рационального природопользования и устойчивого развития. В конце каждой лекции приведены контрольные вопросы.

При подготовке учебного пособия широко использованы материалы учебников и учебных пособий отечественных и зарубежных авторов. Всем им выражается глубокая благодарность!

**Предмет экология.** Слово «экология» образовано от греческого «*oikos*», что означает дом (жилище, местообитание, убежище) и «*logos*» – наука. В буквальном смысле экология – это наука об организмах «у себя дома». Наука, в которой особое внимание уделяется «совокупности или характеру связей между организмами и окружающей средой». В настоящее время большинство исследователей считает, что *экология – это наука, изучающая отношения живых организмов между собой и окружающей средой, или наука, изучающая условия существования живых организмов взаимосвязи между средой, в которой они обитают.*

Первое определение экологии принадлежит немецкому биологу Эрнсту Геккелю. В своём научном труде «Всеобщая морфология организмов» (1886) он писал: «Под экологией мы понимаем сумму знаний, относящихся к экономике природы: изучение всей совокупности взаимоотношений живого с окружающей его средой, как органической, так и неорганической и, прежде всего его дружественных или враждебных отношений с теми животными и растениями, с которыми он прямо или косвенно вступает в контакт».

В истории мировой науки великими экологами прошлого можно назвать шведа Карла Линнея (1707-1778 гг.) – создателя первой классификации растений и животных; француза Жана Батиста Ламарка (1744-1829 гг.) – основоположника учения об эволюции природы; англичанина Томаса Мальтуса (1766-1834 гг.) математически обосновавшего закономерности роста числа организмов одного вида и давшего прогноз возможных тяжёлых последствий перенаселения планеты; англичанина Чарльза Дарвина (1809-1882 гг.) – создателя теории происхождения видов путём естественного отбора; русских – Владимира Николаевича Сукачёва (1880-1967 гг.), разработавшего учение о биогеоценозах, Владимира Ивановича Вернадского (1863-1945 гг.) положившего начало учению о биосфере, Николай Фёдорович Реймерса (1931-1993 гг.) внесший значительный вклад в становлении заповедного дела, охрану природы и рационального природопользования. Их труды создали фундамент экологии как науки.

Методологической основой экологической науки служит закон материалистической диалектики о всеобщей взаимосвязи и взаимозависимости предметов и явлений в природе. Согласно этому закону ни одно явление в природе не может совершиться без того, что бы не оказать влияние на множество других явлений и предметов. То есть каждое явление или предмет есть часть целого, именуемого природой.

Первоначально экология как наука возникла в рамках биологии, данный раздел называется *биоэкологией* - одна из биологических наук, изучающая отношение организмов (особей, популяций, сообществ) между собой и окружающей средой. Предметом изучения биоэкологии являются объекты организменного, популяционно-видового, биоценотического, биогеоценотического и биосферного уровней организации в их взаимодействии с окружающей средой. Задачи биоэкологии – изучение двусторонних связей в системах организм – среда (*аутэкология*), популяция – среда (*демэкология*), сообщество – среда (*синэкология*), а также связей между особями в популяции и популяциями в сообществе. С биоэкологией тесно связано *учение о биосфере*.

**Прикладная экология** разрабатывает принципы рационального использования природных ресурсов и сохранения жизни. Задача прикладной экологии – оптимизация взаимодействия природы и общества. Её решение возможно только на основе знания и соблюдения законов, правил и принципов экологии и природопользования. Прикладная экология включает *промышленную, сельскохозяйственную, медицинскую, социальную, рекреационную, городскую* и т.д.

Таким образом, в широком смысле *современная экология* – комплексная (междисциплинарная) наука, синтезирующая данные естественных и общественных наук о природе и взаимодействии природы и общества и оптимизации этого взаимодействия.

Задачи экологии: изучение двусторонних связей между биологическими объектами разных уровней организации и средой; изучение механизмов адаптаций к среде; изучение механизмов устойчивости экосистем; изучение механизмов поддержания биоразнообразия; моделирование экологических

систем и процессов; изучение законов взаимодействия человеческого общества и природы, прогноз и оптимизация этого взаимодействия и др.

*Связь экологии с другими науками.* Экология является теоретическим фундаментом рационального природопользования и охраны природы. Экологические знания используются в сельском, лесном и промышленном хозяйстве, экономике, медицине, социологии и т.д. Достижения экологии применяются при решении глобальных проблем современности: устойчивого развития общества, рационального природопользования и охраны природы, продовольственного обеспечения.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение экологии?
2. Что является предметом изучения экологии? Каковы задачи экологии?
2. Какие учёные внесли большой вклад в развитие экологии?
3. Охарактеризуйте основные разделы экологии?
4. Где используются достижения экологии?

## Лекция №1. Среды жизни

### 1. Водная среда

Среда обитания – это часть природы, окружающая живые организмы и оказывающая на них определённое воздействие. На нашей планете живые организмы освоили 4 среды обитания: **водную, наземно-воздушную, почвенную и организменную**. Первой была освоена водная среда. В дальнейшем, после выхода жизни на сушу, живые организмы населили наземно-воздушную среду, и одновременно с этим создали и заселили почву. Появились паразиты и симбионты, использующие живые организмы как среду обитания.

Первые формы жизни появились в воде 3,7 – 4,1 млрд лет назад. Поверхность Земли на 71 % покрыта солеными водами Мирового океана (98 %), около 2 % составляют пресные воды, запасы которой сосредоточены во льдах полярных областей и высокогорных ледниках, озерах, реках, родниках, подземных водах и т.д.

В океане различают 2 экологические области:

- *пелагиаль* – толщу воды;
- *бенталь* – дно, которая в свою очередь в зависимости от глубины делится на:
  - *сублиторальную* зону – зона шельфа или материковой отмели, область плавного понижения суши до 200 – 500 м;
  - *баттальную* зону – область крутого склона до глубины 3 км;
  - *абиссальную* зону – океаническое ложе со средней глубиной – 3-6 км;
  - *ультраабиссаль* – океанические впадины, 6 – 10 км;

Кромка берега, заливаемая в период приливов называется *литоралью*. Часть берега выше уровня прилива, увлажняемая брызгами прибоя и штормами называется *супралиторалью* (рис. 1.1).



Рис.1.1. Вертикальная зональность океана

В воде обитают примерно 150000 видов животных – около 7 % от известных ныне и 10000 видов растений – 8 %. Наибольшее разнообразие видов в тропических, субтропических морях на глубине, не превышающей 200 – 500 м (рис. 1.2).

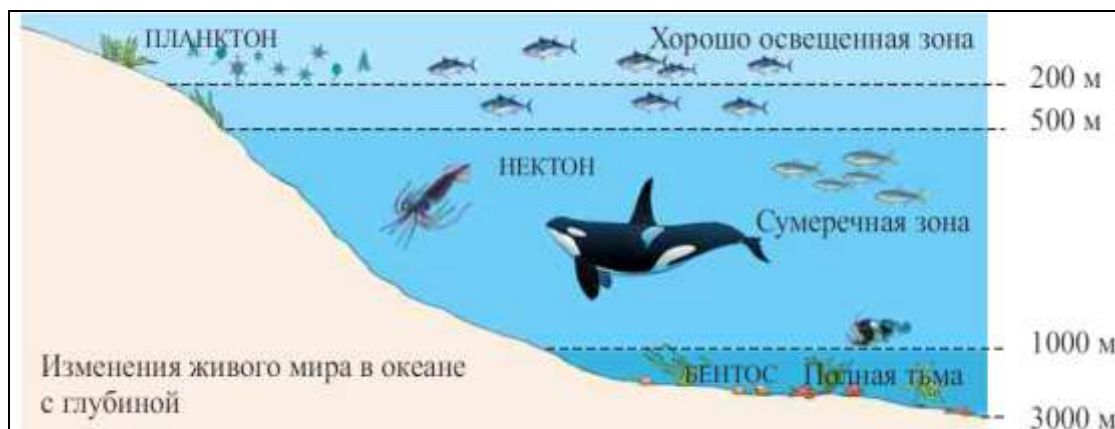


Рис. 1.2. Зональность океана по распространению света

В водной среде ограниченные ресурсы, как света, так и кислорода. Количество воздуха может пополняться главным образом с помощью фотосинтеза. Показатель кислорода напрямую зависит от глубины толщи воды, т.к. свет не проникает ниже 270 метров. Благодаря давлению на разных глубинах, организмы могут жить на определенных уровнях.

На живые организмы в воде большое влияние оказывает:

- Температура воды её кислотность и плотность;
- Подвижность (приливы и отливы);
- Минерализация воды;
- Световой режим;
- Газовый режим (процент содержания кислорода).

Живые организмы, обитающие в водной среде называют *гидробионтами*, среди них выделяют три основные экологические группы:

- *Планктон* – совокупность водных организмов, которые не обладают способностью к активному передвижению. Как правило, это мелкие животные, которые переносятся течениями. Планктон подразделяется на *зоопланктон*, *фитопланктон*.

- *Нектон* – совокупность свободноплавающих животных, не имеющих связи с дном водоема – рыбы, кальмары, китообразные. Нектон представлен крупными животными, которые способны пересекать большие расстояния и преодолевать сопротивление воды. Имеют обтекаемую форму тела и хорошо развитые органы движения.

- *Бентос* – совокупность организмов, обитающих на дне водоема, в грунте: *фитобентос*, *зообентос*.

У живых организмов, обитающих в водной среде эволюционно выработались ряд адаптивных особенностей. У растений слабое развитие механической и проводящей ткани, корневой системы, большая поверхность листьев, интенсивное размножение вегетативным путем. У животных имеются ряд анатомо-морфологических, физиологических, поведенческих приспособлений.

## 2. Наземно-воздушная среда

Наземно-воздушная среда - среда обитания живых организмов, находящаяся на поверхности земли и в нижних слоях атмосферы. Здесь



распространены большая часть животных, растений, некоторые грибы, простейшие и бактерии. В ходе эволюции эта среда была освоена позже, чем водная. Ее особенность заключается в том, что она газообразная, поэтому характеризуется низкими влажностью, плотностью и давлением, высоким содержанием кислорода. У живых организмов выработались необходимые анатомо-морфологические, физиологические, поведенческие и другие адаптации (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Особенности наземно-воздушной среды

Животные в наземно-воздушной среде передвигаются по поверхности или по воздуху (птицы, насекомые), а растения укореняются в почве. В связи с этим, у животных появились легкие и трахеи, а у растений – устьичный аппарат, т. е. органы, усваивающие кислород прямо из воздуха. Сильное развитие получили скелетные органы, обеспечивающие автономность передвижения по суше и поддерживающие форму тела со всеми его органами в условиях незначительной плотности среды, в тысячи раз меньшей по сравнению с водой.

В наземно-воздушной среде действующие экологические факторы имеют ряд характерных особенностей: более высокая интенсивность света в сравнении с другими средами, значительные колебания температуры, изменение влажности в зависимости от географического положения, сезона и времени суток. Пребывание животных и растений в ней возможно благодаря появлению и формированию у них многих приспособлений. Все обитатели неразрывны с поверхностью земли для крепления и устойчивой опоры. В этом отношении почва неразрывна с водной и наземной средой, которая играет основную роль в эволюции мира животных и растений.

### 3. Почва – как среда обитания

**Почва** - природное тело, формирующееся в результате преобразования поверхностных слоёв суши Земли при совместном воздействии факторов почвообразования - горные породы, рельеф, организмы, климат, время. Почва представляет собой совокупность высокодисперсных частиц, благодаря чему атмосферные осадки проникают в её глубину и удерживаются там, в

капиллярных системах. Сами частицы удерживают на поверхности различные ионы, газы, пары воды. В верхних слоях почвы концентрируются необходимые для питания растений элементы: азот, калий, кальций, фосфор и др. Почвенные растворы различных веществ могут быть кислыми, нейтральными и щелочными. В почвенном воздухе наблюдается повышенное содержание диоксида углерода, углеводов и водяного пара.

Жизнедеятельность организмов в почве обуславливает её биологические особенности. Так, корневая масса растений в процессе роста, отмирания и разложения разрыхляет почву, создавая определённую структурность ее, и обеспечивает условия для жизни других организмов. Роющие животные перемешивают почвенную массу, а после смерти становятся источником органического вещества для микроорганизмов. Почвенные организмы обеспечивают постоянный круговорот веществ и миграцию энергии, а совместно с климатическими факторами - ежегодные циклические изменения в почве, специфичные для разных широт. Существенную роль, в формировании почвы и её свойств играет рельеф местности.

Почва - это среда обитания множества организмов. Существа, обитающие в почве, называются *педобионтами* (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Педобионты

Эдафические (почвенные) факторы играют важную роль в распространении по Земле растений и животных. Почва как, среда обитания живых организмов, образовалась в результате воздействия на горную (материнскую) породу воздуха, атмосферных осадков, солнечного тепла, жизнедеятельности живых организмов, а также мертвого органического вещества. Образующийся при этом перегной (*гумус*) является основным источником минеральных соединений и энергии и обуславливает плодородие и структурность почвы.

Почва это самая молодая среда жизни на Земле. С момента возникновения она играет важную роль в эволюции органического мира. Почву часто называют главным богатством любого государства в мире, поскольку на ней и в ней производится около 90 % продуктов питания человечества.

#### 4. Организм как среда

Организм может также служить средой обитания - для симбионтов (симбиоз - совместное, взаимовыгодное сожительство организмов), так и паразитов. Классическим примером симбиоза являются лишайники, представляющие взаимовыгодное сожительство грибов и водорослей. Другой пример симбиоза – отношения термитов и кишечных простейших. Эти простейшие вырабатывают фермент, переводящий растительную клетчатку в сахара. Термиты не имеют собственных кишечных ферментов для переваривания целлюлозы и без симбионтов погибают от голода. Простейшие находят в кишечнике термитов благоприятный микроклимат, защиту, пищу и условия для размножения. В свободноживущем состоянии они практически не встречаются в природе.

У растений симбиоз с микроорганизмами широко распространенное явление, известно сожительство многих видов деревьев с микоризными грибами, бобовых растений с клубеньковыми бактериями, фиксирующими молекулярный азот воздуха, переводя его в доступную для растений форму и обогащая почву азотистыми соединениями.

Для рыб-клоунов характерен симбиоз с различными видами актиний. Вначале рыбка слегка касается актинии, позволяя ей ужалить себя и выясняя точный состав слизи, которым покрыта актиния. Затем рыбка-клоун воспроизводит такой же состав слизи и после этого может прятаться от врагов среди щупалец актинии. Рыба-клоун заботится об актинии - вентилирует воду и уносит непереваженные остатки пищи, находя под покровительством актинии надежную защиту от хищников (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Симбиоз между рыбой клоун и актинией

Паразитом называется организм, использующий другой организм (хозяина) в качестве источника пищи и среды обитания. Паразит живет за счет особей другого вида и тесно связан с ними в своем жизненном цикле. Паразиты питаются соками тела, тканями или переваренной пищей своих хозяев. При этом паразит не умерщвляет своего хозяина, поскольку в противном случае он лишился бы источника существования.



Паразиты, питающиеся телом хозяина и обитающие на его поверхности, носят название эктопаразитов. Это блохи, вши, клещи, различные виды тлей (рис. 1.6).



Рис. 1.6. Эктопаразиты

Паразиты, живущие во внутренних тканях, полостях и клетках хозяина, носят название эндопаразитов. Это различные вирусы, бактерии, гельминты и др (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Эндопаразиты

Взаимоотношения между человеком и различного рода паразитами установились с древних времен. Ко многим паразитам человек разработал эффективные противоядия, но против некоторых, таких, как переносчики туберкулеза, гриппа пока еще не найдено эффективных препаратов. Следуя поговорке, что болезнь легче предупредить, чем лечить, человек наконец-то понял, что истинная причина большинства болезней - это нарушение экологической среды.

## Контрольные вопросы

1. Назовите основные среды обитания живых организмов?
2. Расположите среды обитания по очередности их освоения живыми организмами?
3. Охарактеризуйте экологические особенности водной среды?
4. Охарактеризуйте экологические особенности наземно-воздушной среды?
5. Охарактеризуйте экологические особенности почвы как среды обитания?
6. Может ли живой организм быть средой обитания для других живых организмов, приведите примеры?

## Лекция №2. Экология организмов

### 1. Экологические факторы

Каждая из сред жизни отличается особенностями воздействия экологических факторов – отдельных элементов среды, которые воздействуют на организмы. Выделяют следующие экологические факторы: абиотические, биотические, антропогенные.

**Абиотические факторы** – компоненты неживой природы. К ним относят: *климатические* (свет, температура, влажность, ветер, давление и др.), *геологические* (землетрясения, извержение вулканов, движение ледников, радиоактивное излучение и др.), *орографические* (рельеф местности), *эдафические*, или почвенно-грунтовые (плотность, структура, pH, гранулометрический состав, химический состав и др.), *гидрологические* (вода, течение, солёность, давление и др.). Иначе абиотические факторы делят на физические, химические и эдафические.

**Биотические факторы** – воздействие живых организмов друг на друга (взаимодействие между особями в популяциях и между популяциями в сообществах). При этом взаимоотношения могут быть *внутривидовыми* (взаимодействие между особями одного вида) и *межвидовыми* (между особями разных видов). По типу взаимодействия различают симбиоз, мутуализм, комменсализм, конкуренцию, паразитизм, хищничество, аменсализм, нейтрализм. В зависимости от воздействующего организма биотические факторы делят на *фитогенные* (влияние растений), *зоогенные* (животных) и *микробогенные* (микроорганизмов).

**Антропогенные факторы** – деятельность человека, приводящая либо к прямому воздействию на живые организмы, либо к изменению среды их обитания (охота, промысел, сведение лесов, загрязнение, эрозия почв и др.). При этом различается воздействие человека как биологического организма и его хозяйственная деятельность (техногенные факторы).

Экологические факторы могут оказывать на организм *прямое* и *косвенное* действие. Косвенное воздействие осуществляется через другие экологические факторы. Например, высокая температура может вызывать ожог (прямое действие), а может привести к обезвоживанию организма (косвенное действие).

В природе экологические факторы действуют совместно, то есть комплексно. Комплекс факторов, под действием которых осуществляются все основные жизненные процессы организмов, включая нормальное развитие и размножение, называются *условиями жизни*.

В процессе эволюции у организмов выработались различные приспособления к среде обитания – *адаптации*. Адаптации проявляются на разных уровнях организации живой материи: от молекулярного до биоценотического. Способность к адаптации – одно из основных свойств живой материи, обеспечивающее возможность её существования. Адаптации развиваются под действием трех основных факторов: наследственность, изменчивость и естественный отбор.

Существуют три основных пути приспособления организмов к условиям окружающей среды: активный путь, пассивный и избегание неблагоприятных воздействий. *Активный путь* – усиление сопротивляемости, развитие регуляторных процессов, позволяющих осуществлять все жизненные функции организма, несмотря на отклонения от оптимума. Например, поддержание постоянной температуры тела у теплокровных животных (птиц и млекопитающих), оптимальной для протекания биохимических процессов в клетках. *Пассивный путь* – подчинение жизненных функций организма изменению факторов среды. Например, переход при неблагоприятных условиях среды в состояние анабиоза (скрытой жизни), когда обмен веществ в организме практически полностью останавливается (зимний покой растений, сохранение семян и спор в почве, оцепенение насекомых, спячка позвоночных животных и т.д.). *Избегание неблагоприятных воздействий* – выработка организмом таких жизненных циклов и поведения, которые позволяют избежать неблагоприятных воздействий. Например, сезонные миграции животных.

Обычно приспособление вида к среде осуществляется тем или иным сочетанием всех трех возможных путей адаптации.

Адаптации можно разделить на три типа: морфологические, физиологические и этологические. Морфологические адаптации сопровождаются изменением в строении организма (например, видоизменение у растений пустынь). Морфологические адаптации у растений и животных приводят к образованию определённых жизненных форм (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Видоизменение у растений пустынь

Физиологические адаптации – изменения в физиологии организмов (например, способность верблюда обеспечивать организм влагой путем окисления запасов жира). *Этологические адаптации* – изменения в поведении (например, сезонные миграции млекопитающих и птиц, впадение в спячку в зимний период). Этологические адаптации характерны для животных.

## 2.Закономерности действия экологических факторов

Факторы среды имеют количественное выражение (рис.2.2). По отношению к каждому фактору можно выделить *зону оптимума* (зону нормальной жизнедеятельности), *зону пессимума* (зону угнетения) и *пределы выносливости* организма.

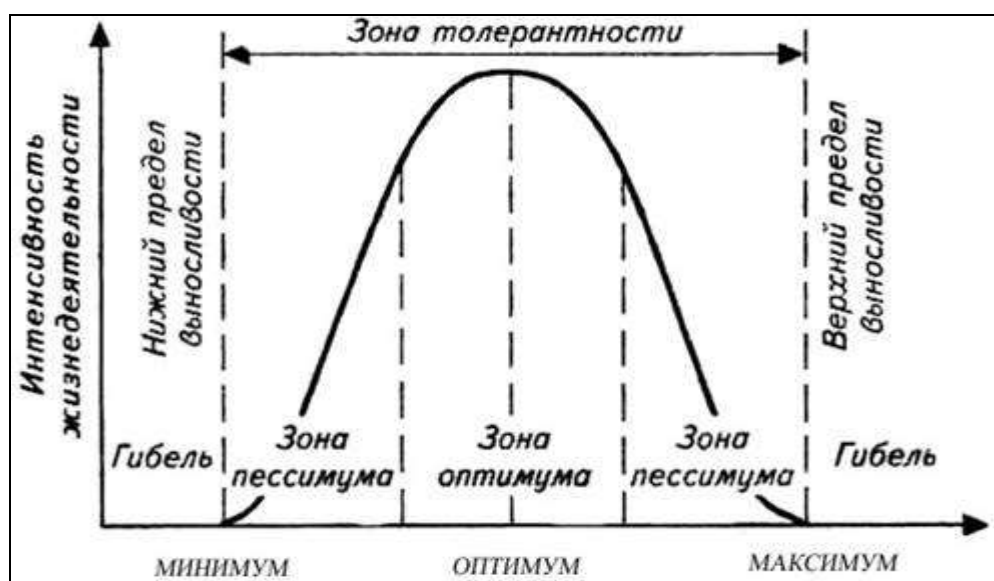


Рис.2.2. Зависимость действия экологического фактора от его количества

*Оптимум* – такое количество экологического фактора, при котором интенсивность жизнедеятельности организмов максимальна. В зоне пессимума жизнедеятельность организмов угнетена. За пределами выносливости существование организма не возможно. Различают нижний и верхний предел выносливости.

Способность живых организмов переносить количественные колебания действия экологического фактора в той или иной степени называется *экологической валентностью (толерантностью)*. Интервал значений экологического фактора между верхним и нижним пределами выносливости называется *зоной толерантности*. Зависимость действия экологического фактора от его количества получила название закона толерантности. Он стал одним из важнейших законов в экологии сформулированный американским ученым Виктором Эрнест Шелфордом в 1913 году.

Виды с широкой зоной толерантности называются *эврибионтными*, с узкой – *стенобионтными*. Организмы, переносящие значительные колебания температуры, называются *эвритермными*, а приспособленные к узкому интервалу температур – *стенотермными*. Таким же образом по отношению к давлению различают *эври-* и *стенобатные* организмы, по отношению к степени засоления среды – *эври-* и *стеногалинные* и т.д.

Экологические валентности отдельных индивидуумов не совпадают. Поэтому экологическая валентность вида шире экологической валентности каждой отдельной особи.

Экологические валентности вида к разным экологическим факторам могут существенно различаться. Набор экологических валентностей по отношению к разным факторам среды составляет *экологический спектр вида*.

Экологический фактор, количественное значение которого выходит за пределы выносливости вида, называется лимитирующим (ограничивающим) фактором. Такой фактор будет ограничивать распространение вида даже в том случае, если все остальные факторы будут благоприятными. Закон ограничивающего (лимитирующего) фактора, или Закон минимума Либиха, - один из фундаментальных законов в экологии сформулированный немецким химиком Юстусом фон Либихом в 1840 году. По имени учёного названо образное представление этого закона - так называемая «бочка Либиха». Суть модели состоит в том, что вода при наполнении бочки начинает переливаться через наименьшую доску в бочке, и длина остальных досок уже не имеет значения (рис. 2.3). Именно от этого, минимально представленного в данный конкретный момент экологического фактора зависит выживание организма. Лимитирующие факторы определяют географический ареал вида. Знание человеком лимитирующих факторов для того или иного вида организмов позволяет, изменяя условия среды обитания, либо подавлять, либо стимулировать его развитие.

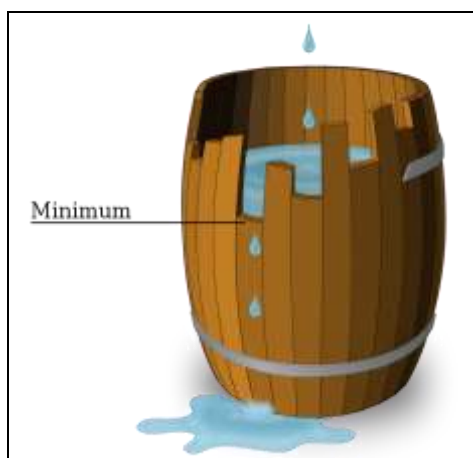


Рис. 2.3. Бочка Либиха

Можно выделить основные закономерности действия экологических факторов.

- *Закон относительности действия экологического фактора* – направление и интенсивность действия экологического фактора зависят от того, в каких количествах он берется и в сочетании с какими другими факторами действует. Не бывает абсолютно полезных или вредных экологических факторов: все дело в количестве. Например, если температура окружающей среды слишком низкая или слишком высокая, то есть выходит за пределы выносливости живых организмов, для них это плохо. Благоприятными являются только оптимальные значения.



- Закон относительной заменимости и абсолютной незаменимости экологических факторов – абсолютное отсутствие какого-либо из обязательных условий жизни заменить другими экологическими факторами невозможно, но недостаток или избыток одних экологических факторов может быть возмещен действием других экологических факторов. Например, полное отсутствие воды нельзя компенсировать другими экологическими факторами. Однако если другие экологические факторы находятся в оптимуме, то перенести недостаток воды легче, чем когда и другие факторы находятся в недостатке или избытке.

### 3. Экологическая классификация живых организмов по типу питания

Все живые организмы, обитающие на Земле, представляют собой открытые системы, зависящие от поступления вещества и энергии извне. Процесс потребления вещества и энергии называется питанием. Химические вещества необходимы для построения тела, энергия – для осуществления процессов жизнедеятельности. Существует два типа питания живых организмов: автотрофное и гетеротрофное (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Автотрофы и гетеротрофы

**Автотрофы** – организмы, использующие в качестве углерода углекислый газ (растения и некоторые бактерии). Иначе говоря, это организмы, способные создавать органические вещества из неорганических – углекислого газа, воды, минеральных солей.

В зависимости от источника энергии автотрофы делятся на фотоавтотрофов и хемоавтотрофов. **Фотоавтотрофы** – организмы, использующие для биосинтеза световую энергию (растения, цианобактерии). **Хемоавтотрофы** – организмы, использующие для биосинтеза энергию химических реакций окисления неорганических соединений (хемотрофные бактерии: водородные, нитрифицирующие, железобактерии, серобактерии и др.).

**Гетеротрофы** – организмы, использующие в качестве источника углерода органические соединения (животные, грибы и большинство бактерий). Иначе говоря, это организмы, не способные создавать органические вещества из неорганических, а нуждающиеся в готовых органических веществах.

По способу получения пищи гетеротрофы делятся на фаготрофов (голозоев) и осмотрофов. *Фаготрофы* заглатывают твердые куски пищи (животные), *осмотрофы* поглощают органические вещества из растворов непосредственно через клеточные стенки (грибы, большинство бактерий).

По состоянию источника пищи гетеротрофы делятся на биотрофов и сапротрофов. *Биотрофы* питаются живыми организмами. К ним относятся *зоофаги* (плотоядные) и *фитофаги* (растительноядные), в том числе *паразиты*. *Сапротрофы* используют в качестве пищи органические вещества мертвых тел или выделения (экскременты) животных. К ним принадлежат сапротрофные бактерии, сапротрофные грибы, сапротрофные растения (*сапрофиты*), сапротрофные животные (*сапрофаги*). Среди них встречаются *детритофаги* (питаются детритом), *некрофаги* (питаются трупами животных), *копрофаги* (питаются экскрементами) и др.

Некоторые живые существа в зависимости от условий обитания способны и к автотрофному, и к гетеротрофному питанию. Организмы со смешанным типом питания называют миксотрофами. *Миксотрофы* – организмы, которые могут, как синтезировать органические вещества из неорганических, так и питаться готовыми органическими соединениями (насекомоядные растения, представители отдела эвгленовых водорослей и др.).

#### 4. Биологические ритмы

Биологические ритмы представляют собой периодически повторяющиеся изменения интенсивности и характера биологических процессов и явлений. Они в той или иной форме присущи всем живым организмам и отмечаются на всех уровнях организации: от внутриклеточных процессов до биосферных. Биологические ритмы наследственно закреплены и являются следствием естественного отбора и адаптации организмов. Ритмы бывают внутрисуточные, суточные, сезонные, годовые, многолетние и многовековые (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Биологические ритмы

Биологические ритмы делят на экзогенные и эндогенные. *Экзогенные (внешние) ритмы* возникают как реакция на периодические изменения (смену дня и ночи, сезонов, солнечной активности). *Эндогенные (внутренние) ритмы* генерируются самим организмом. Ритмичность имеют процессы синтеза ДНК, РНК и белков, работа ферментов, деление клеток, биение сердца, дыхание и т.д. Внешние воздействия могут сдвигать фазы этих ритмов и менять их амплитуду.

Несовпадение во времени между природными и антропогенными явлениями часто приводит к разрушению природных систем (например, проведение слишком частых рубок леса).

### Контрольные вопросы

1. Что такое экологические факторы, их классификация?
2. Приведите примеры абиотических, биотических и антропогенных факторов?
3. Что такое адаптации, их классификация?
4. Назовите три основных пути приспособления организмов к условиям среды?
5. Какие адаптации возникли у живых организмов к различным средам обитания?
6. Каковы основные закономерности действия экологических факторов?
7. Охарактеризуйте зависимость действия экологического фактора от его интенсивности?
8. Что такое экологическая толерантность?
9. Что такое лимитирующий фактор?
10. Классифицируйте живые организмы по типам питания?
11. В чем причины существования биологических ритмов, их классификация?

## Лекция №3. Экология популяций

### 1. Понятие популяции

Совокупность особей, обладающих наследственным сходством морфологических, физиологических и биохимических особенностей, способных к скрещиванию с образованием плодового потомства, приспособленных к определенным условиям жизни и занимающих в природе определённую территорию (ареал), называется **видом**. Виды часто занимают большой ареал, в пределах которого особи распределены неравномерно, группами или популяциями. Целостность вида поддерживается связями между популяциями.

**Популяция** – совокупность особей одного вида, способных к самопроизводству, которая длительно существует в определенной части ареала относительно обособлена от других совокупностей того же вида. Контакты между особями одной популяции чаще, чем между особями разных популяций. Например, уровень панмиксии (свободного скрещивания) внутри популяции выше, чем между особями разных популяций. Популяция является структурной единицей вида и единицей эволюции.

Пространство, на котором популяция или вид в целом встречается в течение всей своей жизнедеятельности, называется *ареалом* – областью распространения.

Популяции, будучи групповыми объединениями, обладают рядом специфических свойств, которые не присущи каждой отдельной особи: численность, плотность, рождаемость, смертность, скорость роста и др. Кроме того популяции свойственна определенная организация: половая, возрастная, генетическая, пространственно-этологическая и другие структуры.

Количественные показатели (характеристики) популяции можно разделить на статистические и динамические. *Статистические показатели* характеризуют состояние популяции на данный момент времени. Основные из них: численность, плотность, а также показатели структуры. Динамические показатели популяции отражают процессы, протекающие в популяции за определенный промежуток времени. Основные из них: рождаемость, смертность, скорость роста популяции.

## **2. Статистические показатели популяции**

*Численность* – число особей в популяции. Численность популяции может значительно изменяться во времени. Она зависит от биотического потенциала вида и внешних условий.

*Плотность* – число особей или биомасса популяции, приходящаяся на единицу площади или объема.

Популяция характеризуется определенной структурной организацией – соотношением групп особей по полу, возрасту, размеру, генотипу, распределением особей по территории и т.д. В связи с этим выделяют различные структуры популяции: половую, возрастную, размерную, генетическую, пространственно-этологическую и др. Структура популяции формируется, с одной стороны, на основе общих биологических свойств вида, с другой стороны, под влиянием факторов среды, то есть имеет приспособительный характер.

*Половая структура (половой состав)* – соотношение особей мужского и женского пола в популяции. Половая структура свойственна только популяциям раздельнополых организмов. Теоретически соотношение полов должно быть одинаковым: 50% от общей численности должны составлять мужские особи, а 50% - женские. Фактическое соотношение полов зависит от действия различных факторов среды, генетических и физиологических особенностей вида.

*Возрастная структура (возрастной состав)* – соотношение в популяции особей разных возрастных групп. *Абсолютный возрастной состав* выражает численность определенных возрастных групп в определённый момент времени. *Относительный возрастной состав* выражает долю или процент особей данной возрастной группы по отношению к общей численности популяции. Возрастной состав популяции определяется рядом свойств и особенностей вида: время достижения половой зрелости, продолжительность жизни, длительность периода размножения, смертность и др.

В зависимости от способности особей к размножению различают три группы: *предрепродуктивную, репродуктивную, пострепродуктивную*. Возрастные группы могут, подразделены и на более мелкие категории.

Например, у растений выделяют следующие состояния: покаящаяся семя, проростки и всходы, ювенильное, имматурное, виргинильное состояние, раннее генеративное, субсенильное, сенильное (старческое) и состояние полутрупа.

Возрастную структуру популяции выражают при помощи *возрастных пирамид* (рис. 3.1).

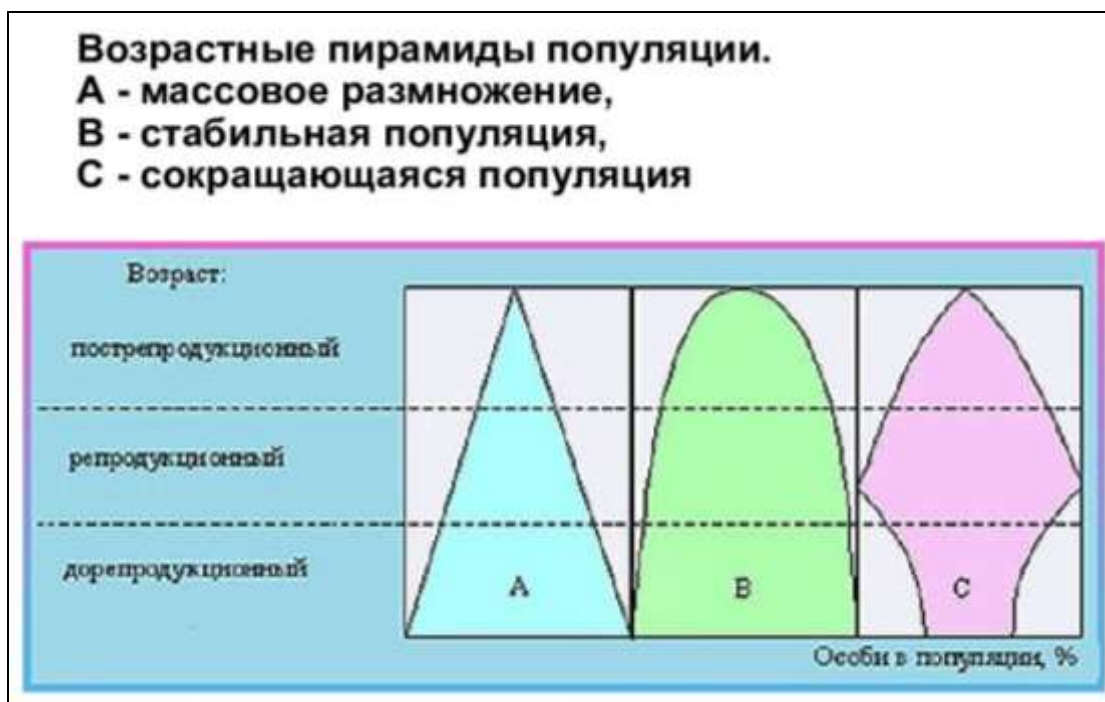


Рис. 3.1. Возрастные пирамиды

*Пространственно-этологическая структура* – характер распределения особей в пределах ареала. Она зависит от особенностей окружающей среды и этологии (особенностей поведения) вида.

Различают три основных типа распределения особей в пространстве: равномерное (регулярное), неравномерное (агрегированное, групповое, мозаичное) и случайное (диффузное) (рис. 3.2).

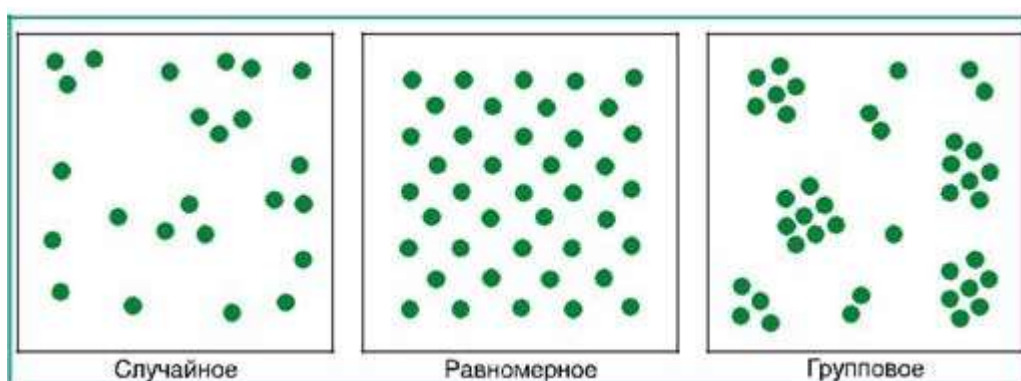


Рис.3.2. Основные типы распределения особей в пространстве

*Случайное распределение* выражается в неодинаковом расстоянии между особями. Является результатом вероятностных процессов, неоднородности среды и слабых социальных связей между особями.

*Равномерное распределение* характеризуется равным удалением каждой особи от всех соседних. Свойственно популяциям, существующим в условиях равномерного распределения факторов среды или состоящих из особей, проявляющих друг к другу антагонизм.

*Групповое распределение* проявляется в образовании группировок особей, между которыми остаются большие незаселенные территории. Характерно для популяций, обитающих в условиях неравномерного распределения факторов среды или состоящих из особей, ведущих групповой (стадный) образ жизни.

### 3. Динамические показатели популяции

*Рождаемость* – число новых особей, появившихся в популяции за единицу времени в результате размножения. Различают максимальную и фактическую рождаемость. *Максимальная рождаемость* – максимальная реализация возможности рождения при отсутствии лимитирующих факторов среды. *Фактическая рождаемость* – реальная реализация возможности рождения.

Рождаемость зависит от интенсивности размножения особей: для бактерий – час, для фитопланктона – сутки, для насекомых – неделя или месяц, для крупных млекопитающих – год.

*Смертность* – число особей, погибших в популяции за единицу времени (от болезней, старения, хищников и других причин). Смертность величина обратная рождаемости. Различают минимальную и фактическую смертность. *Минимальная смертность* – минимальная возможная величина смертности. *Фактическая смертность* – реальная величина смертности.

*Скорость роста популяции* – изменение численности популяции за единицу времени. Скорость роста популяции может быть положительной, нулевой и отрицательной. Она зависит от показателей рождаемости, смертности и миграции (вселения – иммиграции и выселения – эмиграции). Увеличение (прибыль) численности происходит в результате рождаемости и иммиграции особей, а уменьшение (убыль) численности – в результате смертности и эмиграции особей.

Скорость роста может быть выражена в виде кривой роста популяции. Существует две основные модели роста популяции: J-образная и S-образная (рис. 3.3).

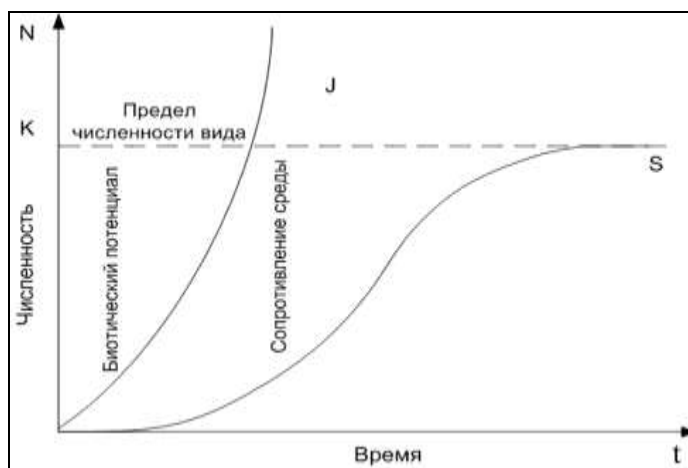


Рис. 3.3. Кривые роста численности популяции: J-образная кривая; S-образная кривая; K-емкость среды



*J-образная кривая* отражает неограниченный экспоненциальный рост численности популяции, не зависящий от плотности популяции. Такой тип роста возможен, пока биотический потенциал популяции ( $r$ ) реализуется полностью. Это продолжается, пока низка конкуренция за ресурсы. Однако после превышения *емкости среды (предельной плотности насыщения, предельной численности)* ( $K$ ), произойдет резкое снижение численности. *J-образную кривую скорости роста популяции* имеют бактерии, насекомые, однолетние растения и др.

*S-образная (сигмоидная, логистическая) кривая* отражает *логистический тип роста*, зависящего от плотности популяции, при котором скорость роста популяции снижается по мере роста численности (плотности). Скорость роста снижается вплоть до нуля при достижении предельной численности. *S-образную кривую скорости роста популяции* имеют человек, другие крупные млекопитающие, деревья и др.

#### **4. Регуляция численности популяции**

*Гомеостаз популяции* – поддержание определенной численности (плотности). Изменение численности зависит от целого ряда факторов среды – абиотических, биотических и антропогенных. Однако всегда можно выделить ключевой фактор, наиболее сильно влияющий на рождаемость, смертность, миграцию особей и т.д. Например, доступность пищевых ресурсов.

Популяции многих видов организмов способны к *саморегуляции* своей численности. Выделяют три механизма торможения роста численности популяции: 1) при возрастании плотности повышается частота контактов между особями, что вызывает у них *стрессовое состояние*, уменьшающее рождаемость и повышающее смертность; 2) при возрастании плотности усиливается эмиграция в новые местообитания, краевые зоны, где условия менее благоприятны, и смертность увеличивается; 3) при возрастании плотности происходят *изменения генетического состава популяции*, например, быстро размножающиеся особи заменяются медленно размножающимися. Понимание механизмов регуляции численности популяции чрезвычайно важно для возможности управления процессами. Деятельность человека часто сопровождается сокращением численности популяций многих видов. Причины этого в чрезмерном истреблении особей, ухудшении условий жизни вследствие загрязнения окружающей среды, беспокойства животных, особенно в период размножения, сокращения ареала и т.д. В природе нет и не может быть «хороших» и «плохих» видов, все они необходимы для нормального развития. В настоящее время остро стоит вопрос сохранения биологического разнообразия. Сокращения генофонда живой природы может привести к трагическим последствиям.

#### **Контрольные вопросы**

1. Что такое популяция?
2. Назовите свойства, присущие популяциям как групповым объединениям?
3. В чем отличие статистических и динамических показателей популяции?

4. Что такое численность и плотность популяции?
5. Охарактеризуйте основные типы структуры популяций?
6. Охарактеризуйте рождаемость, смертность и скорость роста популяции?
7. В чем различие двух основных моделей роста популяции: J-образной и S-образной кривых роста?
8. Что понимают под гомеостазом популяции?
9. Приведите примеры зависимых и независимых от плотности факторов, регулирующих плотность популяции?
10. Опишите три механизма торможения роста численности популяций?
11. Какие способы регулирования численности популяции использует человек?

## Лекция №4. Экология сообществ и экосистем

### 1. Понятие биоценоза, биогеоценоза, экосистемы

Живые организмы находятся между собой и абиотическими условиями среды обитания в определенных отношениях, образуя тем самым, так называемые экологические системы. **Биоценоз** – совокупность популяций разных видов, обитающих на определенной территории. Растительный компонент биоценоза называют *фитоценозом*, животный компонент – *зооценозом*, микроорганизменный компонент – *микробоценозом*. Ведущим компонентом в биоценозе является фитоценоз. Он определяет, каким будет зооценоз и микробоценоз. **Биотоп** – определенная территория со свойственными ей абиотическими факторами среды обитания (климат, почва). **Биогеоценоз** – совокупность биоценоза и биотопа, или однородный участок земной поверхности с определенным составом живых (биоценоз) и косых (биотоп) компонентов, объединенных обменом веществ и энергии в единый природный комплекс (рис. 4.1).

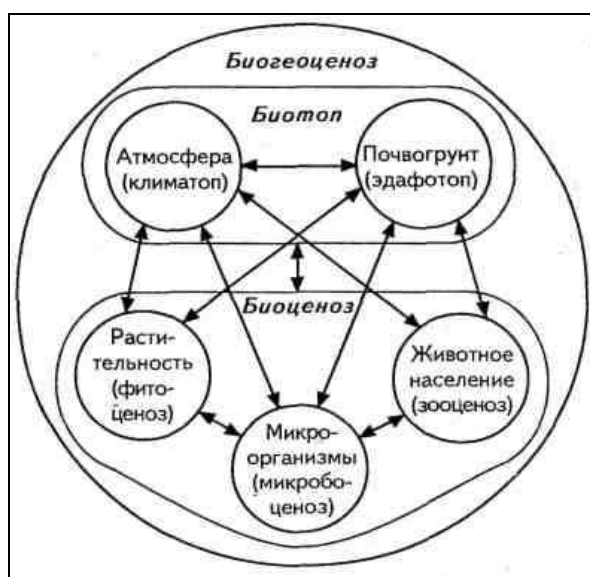


Рис. 4.1. Структура биогеоценоза (по В.Н. Сукачеву)



**Экосистема** – система совместно обитающих живых организмов и условий их существования, связанных потоком энергии и круговоротом веществ (рис. 4.2). Термин «экосистема» был предложен английским ученым А. Тенсли (1935), а термин «биогеоценоз» – российским ученым В.Н. Сукачевым (1940). «Экосистема» и «биогеоценоз» – понятия близкие, но не синонимы. Биогеоценоз – это экосистема в границах фитоценоза. Экосистема – понятие более общее. Каждый биогеоценоз – это экосистема, но не каждая экосистема – биогеоценоз. Единая экосистема нашей планеты называется биосферой. Биосфера – экосистема высшего порядка.

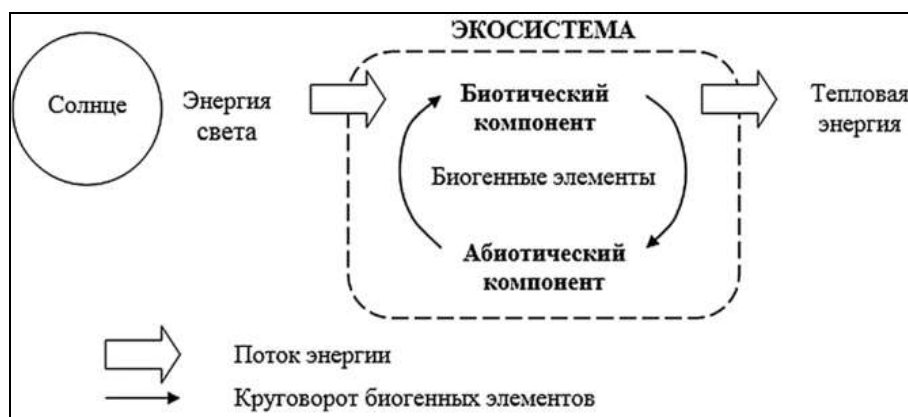


Рис. 4.2. Функциональная схема экосистемы

## 2. Типы связей и взаимоотношений между организмами

Живые организмы определенным образом связаны друг с другом. Различают следующие типы связей между видами: трофические, топические, форические, фабрические. Наиболее важными являются трофические и топические связи, так как именно они удерживают организмы разных видов друг возле друга, объединяя их в сообщества.

*Трофические связи* возникают между видами, когда один вид питается другим: живыми особями, мертвыми остатками, продуктами жизнедеятельности. Трофическая связь может быть прямой и косвенной. Прямая связь проявляется при питании львов антилопами, гиен трупами зебр, жуков-навозников пометом крупных копытных и т.д. Косвенная связь возникает при конкуренции разных видов за один пищевой ресурс.

*Топические связи* проявляются в изменении одним видом условий обитания другого вида. Например, под хвойным лесом, как правило, отсутствует травянистый покров.

*Форические связи* возникают, когда один вид участвует в распространении другого вида. Перенос животными семян, спор, пыльцы растений называется *зоохория*, а мелких особей – *форезия*.

*Фабрические связи* заключаются в том, что один вид использует для своих сооружений продукты выделения, мертвые остатки другого вида. Например, птицы при постройке гнезд используют ветки деревьев, траву, пух и перья других птиц.

**Типы отношений между организмами.** Воздействие одного вида на другой может быть положительным, отрицательным и нейтральным. При этом возможны разные комбинации типов воздействия. Различают нейтрализм,

протокооперацию, мутуализм, комменсализм, хищничество, паразитизм, конкуренцию, аменсализм.

*Нейтрализм* – сожительство двух видов на одной территории, не имеющее для них ни положительных, ни отрицательных последствий. Например, белки и лоси не оказывают друг на друга значительных воздействий.

*Протокооперация* – взаимовыгодное, но не обязательное сосуществование организмов, пользу из которого извлекают все участники. Например, раки-отшельники и актинии. На раковине рака может поселиться коралловый полип актиния, который имеет стрекательные клетки, выделяющие яд. Актиния защищает рака от хищных рыб, а рак отшельник, перемещаясь, способствует распространению актиний и увеличению их кормового пространства.

*Мутуализм (облигатный симбиоз)* – взаимовыгодное сожительство, когда либо один из партнеров, либо оба не могут существовать без сожителя. Например, травоядные копытные и целлюлозоразрушающие бактерии. Бактерии обитают в желудке и кишечнике травоядных копытных. Они продуцируют ферменты, расщепляющие целлюлозу, поэтому обязательно нужны травоядным, у которых нет таких ферментов. Травоядные копытные со своей стороны предоставляют бактериям питательные вещества и среду обитания с оптимальной температурой, влажностью и т.д.

*Комменсализм* – взаимоотношения, при которых один из партнеров получает пользу от сожительства, а другому присутствие первого безразлично. Различают две формы комменсализма: *синойкия (квартиранство)* и *трофобиоз (нахлебничество)*. Примером синойкии служат «сообитатели» нор грызунов, использующие благоприятный для них микроклимат и питающиеся остатками пищи хозяев, их экскрементами, шерстью и так далее. В норах большой песчанки зарегистрировано 212 видов «сожителей», среди них: насекомые, клещи, черви и др. Примером трофобиоза служат взаимоотношения крупных хищников и падальщиков. Падальщики, например гиены, грифы, шакалы, питаются останками жертв, убитых и частично съеденных крупными хищниками – львами.

*Хищничество* – взаимоотношения, при которых один из участников (хищник) умерщвляет другого (жертва) и использует его в качестве пищи. Например, волки и зайцы. Состояние популяции хищника тесно связано с состоянием популяции жертв. Однако при сокращении численности популяции одного вида жертв, хищник переключается на другой вид. Например, волки могут использовать в качестве пищи зайцев, мышей, кабанов, косуль и т.д.

Частным случаем хищничества является *каннибализм* – умерщвление и поедание себе подобных. Встречается, например, у крыс, бурых медведей и др.

*Паразитизм* – взаимоотношения, при которых паразит не убивает своего хозяина, а длительное время использует его как среду обитания и источник пищи. К паразитам относятся: вирусы, патогенные бактерии, грибы, простейшие, паразитические черви и др. Различают облигатных и факультативных паразитов. *Облигатные паразиты* ведут исключительно паразитический образ жизни и вне организма и вне организма хозяина либо погибают, либо находятся в неактивном состоянии (вирусы). *Факультативные паразиты* ведут паразитический образ жизни, но в случае необходимости могут

нормально жить во внешней среде, вне организма хозяина (патогенные грибы и бактерии).

*Конкуренция* – взаимоотношения, при которых организмы соперничают друг с другом за одни и те же ресурсы внешней среды при их недостатке. Организмы могут конкурировать за пищевые ресурсы, полового партнера, убежище, свет и т.д. Различают прямую и косвенную, межвидовую и внутривидовую конкуренции.

*Косвенная (пассивная) конкуренция* - потребление ресурсов среды, необходимых обоим видам. *Прямая (активная) конкуренция* – подавление одного вида другим.

Внутривидовая конкуренция – это соперничество между особями одного вида, межвидовая – между особями разных видов. Межвидовая конкуренция возникает между особями экологически близких видов. Её результатом может быть либо *взаимное приспособление* двух видов, либо *замещение* популяцией одного вида популяцией другого вида, который переселяется на другое место, переключается на другую пищу или вымирает.

Конкуренция приводит к естественному отбору в направлении увеличения экологических различий между конкурирующими видами и образованию ими разных экологических ниш.

*Аменсализм* – взаимоотношения, при которых один организм воздействует на другой и подавляет его жизнедеятельность, а сам не испытывает никаких отрицательных влияний со стороны подавляемого. Например, ель и растения нижнего яруса. Плотная крона ели препятствует проникновению солнечных лучей под полог леса и подавляет развитие растений нижнего яруса.

Частным случаем аменсализма является аллелопатия (антибиоз) – влияние одного организма на другой, при котором во внешнюю среду выделяются продукты жизнедеятельности одного организма, отравляя ее и делая непригодной для жизни другого. Аллелопатия распространена у растений, грибов, бактерий. Например, гриб-пеницилл продуцирует вещества, подавляющие жизнедеятельность бактерий. Пеницилл используют для получения пенициллина. Это первый открытый в медицине антибиотик. В последнее время в понятие «аллелопатия» включают и положительное воздействие.

В ходе эволюции и развития экосистем существует тенденция к уменьшению роли отрицательных взаимодействий за счет положительных, увеличивающих выживание обоих видов. Поэтому в зрелых экосистемах доля отрицательных взаимодействий меньше, чем в молодых.

### **3. Структура и функционирование экосистем**

**Функциональные группы организмов в экосистеме.** Как правило, в любой экосистеме можно выделить три функциональные группы организмов: продуцентов, консументов и редуцентов.

*Продуценты* – автотрофные организмы, способные производить органические вещества из неорганических, используя фотосинтез или хемосинтез (растения и автотрофные бактерии).

*Консументы* (макроконсументы, фаготрофы) – гетеротрофные организмы, потребляющие органическое вещество продуцентов или других консументов (животные, гетеротрофные растения, некоторые микроорганизмы). Консументы бывают первого порядка (фитофаги, сапрофаги), второго порядка (зоофаги, некрофаги) и т.д.

*Редуценты* (микроконсументы, деструкторы, сапротрофы, осмотрофы) – гетеротрофные организмы, питающиеся органическими остатками и разлагающие их до минеральных веществ (сапротрофные бактерии и грибы).

**Пищевые цепи и сети.** Питаясь друг другом, живые организмы образуют цепи питания. *Цепь питания* – последовательность организмов, по которой передаётся энергия, заключенная в пище, от её первоначального источника. Каждое звено цепи называется *трофическим уровнем*. Первый трофический уровень – *продуценты* (автотрофные организмы, преимущественно зеленые растения). Второй трофический уровень – *консументы первого порядка* (растительноядные животные и паразиты продуцентов). Третий трофический уровень – *консументы второго порядка* (первичные хищники, питающиеся растительноядными животными, и паразиты первичных консументов). Четвертый трофический уровень – *консументы третьего порядка* (вторичные хищники, питающиеся плотоядными животными, и паразиты вторичных консументов). В пищевой цепи редко бывает больше 4-5 трофических уровней. Последний трофический уровень редуценты (сапротрофные бактерии и грибы). Они осуществляют минерализацию – превращение органических остатков в неорганические вещества. Редуценты могут представлять любой трофический уровень, начиная со второго.

Различают два типа пищевых цепей (рис. 4.3). *Цепи выедания (или пастбищные)* – пищевые цепи, начинающиеся с живых фотосинтезирующих организмов. Например, фитопланктон → зоопланктон → рыбы микрофаги → рыбы макрофаги → птицы ихтиофаги. *Цепи разложения (или детритные)* – пищевые цепи, начинающиеся с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных. Например, детрит → детритофаги → хищники микрофаги → хищники макрофаги. Таким образом, поток энергии, проходящий через экосистему, разбивается как бы на два основных направления. Энергия к консументам поступает через живые ткани растений или через запасы мертвого органического вещества. Цепи выедания преобладают в водных экосистемах, цепи разложения – в экосистемах суши.

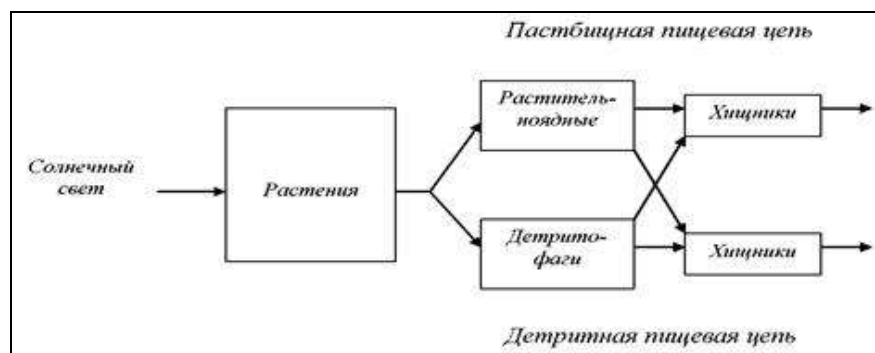


Рис. 4.3. Y-образная модель потока энергии, показывающая связь между пастбищной и детритной пищевыми цепями

В сообществах пищевые цепи сложным образом переплетаются и образуют *пищевые сети*. В состав пищи каждого вида входит обычно не один, а несколько видов, каждый из которых в свою очередь может служить пищей нескольким видам. С одной стороны, каждый трофический уровень представлен многими популяциями разных видов, с другой стороны, многие популяции принадлежат сразу к нескольким трофическим уровням. В результате благодаря сложности пищевых связей выпадение какого-то одного вида часто не нарушает равновесие в экосистеме.

**Поток энергии и круговорот веществ в экосистеме.** В экосистеме органические вещества синтезируются автотрофами из неорганических веществ. Затем они потребляются гетеротрофами. Выделенные в процессе жизнедеятельности или после гибели организмов (как автотрофов, так и гетеротрофов) органические вещества подвергаются минерализации, то есть превращению в неорганические вещества. Эти неорганические вещества могут вновь использоваться автотрофами для синтеза органических веществ. Так осуществляется *биологический круговорот веществ*.

В то же время энергия не может циркулировать в пределах экосистемы. **Поток энергии** (передача энергии), заключенной в пище, в экосистеме осуществляется однонаправленно от автотрофов к гетеротрофам (рис. 4.4).

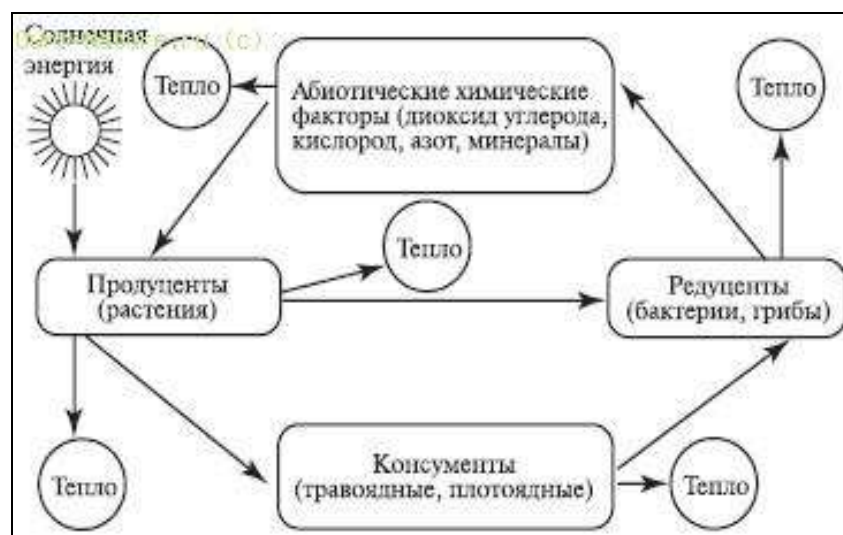


Рис. 4.4. Поток энергии в экосистеме

При передаче энергии с одного трофического уровня на другой большая часть энергии рассеивается в виде тепла (в соответствии со вторым законом термодинамики), и только 10% от первоначального количества передается по пищевой цепи.

В результате пищевые цепи можно представить в виде *экологических пирамид*. Различают три основных типа экологических пирамид (рис. 4.5).

*Пирамида чисел* (пирамида Элтона) отражает уменьшение численности организмов от продуцентов к консументам.

*Пирамида биомасс* показывает изменение биомасс на каждом следующем трофическом уровне: для наземных экосистем пирамида биомасс сужается кверху, для экосистем океана – имеет перевернутый характер, что связано с быстрым потреблением фитопланктона консументами.

*Пирамида энергии (продукции)* имеет универсальный характер и отражает уменьшение количества энергии, содержащейся в продукции, создаваемой на каждом следующем трофическом уровне.

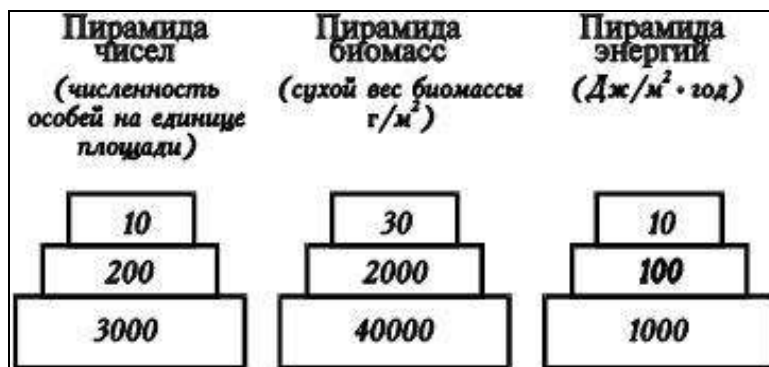


Рис. 4.5. Экологические пирамиды

**Биологическая продуктивность экосистем.** Прирост биомассы в экосистеме, созданной за единицу времени, называется *биологической продукцией (продуктивностью)*. Различают первичную и вторичную продукцию сообщества.

*Первичная продукция* – биомасса, созданная за единицу времени продуцентами. Она делится на валовую и чистую. *Валовая первичная продукция* (общая ассимиляция) – это общая биомасса, созданная растениями в ходе фотосинтеза. Часть её расходуется на поддержание жизнедеятельности растений – траты на дыхание (40-70 %). Оставшаяся часть составляет *чистую первичную продукцию* (чистая ассимиляция), которая в дальнейшем используется консументами и редуцентами, или накапливается в экосистеме.

*Вторичная продукция* – биомасса, созданная за единицу времени консументами. Она различна для каждого следующего трофического уровня (рис. 4.6).

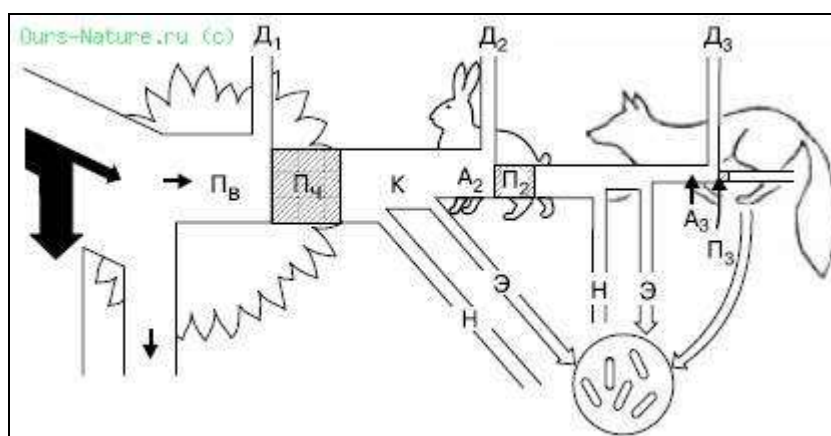


Рис. 4.6. Биологическая продуктивность экосистем

П<sub>в</sub> – продукция валовая, П<sub>ч</sub> – продукция чистая, К – продукция, использованная на корм, А<sub>2</sub>, А<sub>3</sub> – корм, ассимилированный консументами, Э – экскременты, Н – неиспользованная часть продукции, П<sub>2</sub> – вторичная продукция (травоядные), П<sub>3</sub> – прирост хищников, Д<sub>1</sub>, Д<sub>2</sub>, Д<sub>3</sub> – траты энергии на обмен веществ (траты на дыхание) на разных уровнях пищевой цепи.

Масса организмов определенной группы (продуцентов, консументов, редуцентов) или сообщества в целом называется *биомассой*. Самой высокой



биомассой и продуктивностью обладают тропические дождевые леса, самой низкой – пустыни и тундры.

Если в экосистеме скорость прироста растений (образование первичной продукции) выше темпов переработки её консументами и редуцентами, то это ведет к увеличению биомассы продуцентов. Если при этом присутствуют недостаточная утилизация продуктов опада в цепях разложения, то происходит накопление мертвого органического вещества. Это ведет к заторфовыванию болот, образованию мощной лесной подстилки и т.п. В стабильных экосистемах биомасса остаётся постоянной, так как практически вся продукция расходуется в цепях питания.

**Динамика экосистем.** Изменения в сообществах могут быть циклическими и поступательными.

*Циклические изменения* – периодические изменения в биоценозе (суточные, сезонные, многолетние), при которых биоценоз возвращается к исходному состоянию.

*Поступательные изменения* – изменения в биоценозе, в конечном счете, приводящие к смене этого сообщества другим. *Сукцессия* – последовательная смена биоценозов (экосистем), выраженная в изменении видового состава и структуры сообщества. Последовательный ряд сменяющихся друг друга в сукцессии сообществ называется *сукцессионной серией*. К сукцессиям относятся опустынивание степей, зарастание озер и образование болот и др. (рис. 4.6).

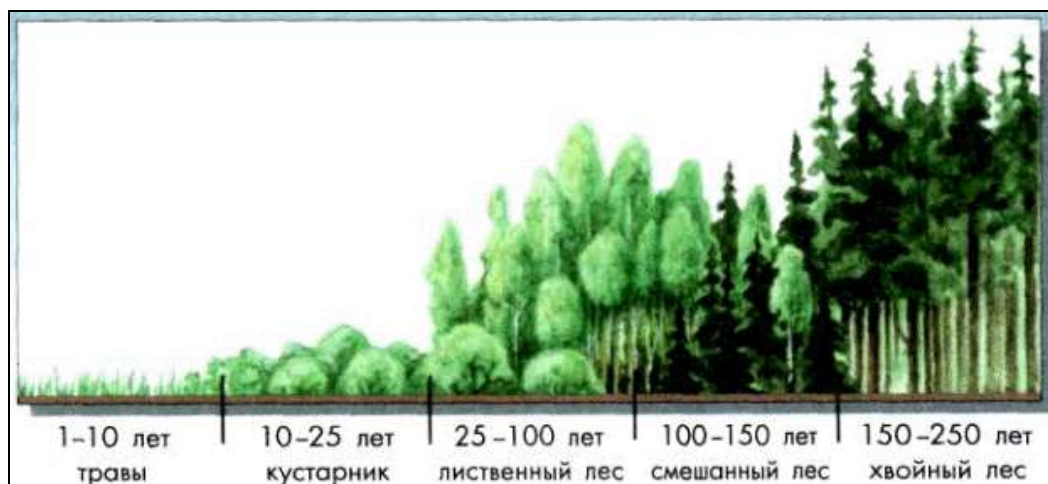


Рис. 4.6. Сукцессионная серия

В зависимости от причин, вызывающих смену биоценоза, сукцессии делят на природные и антропогенные, аутогенные и аллогенные.

*Природные сукцессии* происходят под действием естественных причин, не связанных с деятельностью человека. *Антропогенные сукцессии* обусловлены деятельностью человека.

*Аутогенные сукцессии* (самопорождающиеся) возникают вследствие внутренних причин (изменения среды под действием сообщества). *Аллогенные сукцессии* (порожденные извне) вызваны внешними причинами (например, изменение климата).

В своем развитии экосистема стремится к устойчивому состоянию. Сукцессионные изменения происходят до тех пор, пока не сформируется

стабильная экосистема, производящая максимальную биомассу на единицу энергетического потока. Сообщество, находящееся в равновесии с окружающей средой, называется *климаксным*.

#### **4. Природные и антропогенные экосистемы**

**Природные экосистемы.** В зависимости от природных и климатических условий можно выделить три группы и ряд типов природных экосистем (*биомов*). В основе классификации для наземных экосистем лежит тип естественной (исходной) растительности, для водных экосистем – гидрологические и физические особенности.

##### *Наземные экосистемы:*

1. Тундра: арктическая и альпийская.
2. Бореальные хвойные леса.
3. Листопадный лес умеренной зоны.
4. Степь умеренной зоны.
5. Тропические злаковники и саванна.
6. Чапараль (районы с дождливой зимой и засушливым летом).
7. Пустыня: травянистая и кустарниковая.
8. Полувечнозеленый тропический лес (районы с выраженными влажным и сухими сезонами).
9. Вечнозелёный тропический дождевой лес.

##### *Пресноводные экосистемы:*

1. Лентичные (стоячие воды): озера, пруды, водохранилища и др.
2. Лотические (текучие воды): реки, ручьи родники и др.
3. Заболоченные угодья: болота, болотистые леса, марши (приморские луга).

##### *Морские экосистемы:*

1. Открытый океан (пелагическая экосистема).
2. Воды континентального шельфа (прибрежные воды).
3. Районы апвеллинга (плодородные районы с продуктивным рыболовством).
4. Эустарии (прибрежные бухты, проливы, устья рек, лиманы, соленые марши и др.).
5. Глубоководные рифтовые зоны.

Помимо основных типов природных экосистем (*биомов*) различают переходные типы – *эктоны*. Например, лесотундра, смешанные леса умеренной зоны, лесостепь, полупустыни и др.

**Антропогенные экосистемы.** *Агроэкосистемы (сельскохозяйственные экосистемы, агроценозы)* – искусственные экосистемы, возникающие в результате сельскохозяйственной деятельности человека (пашни, сенокосы, пастбища). Агроэкосистемы создаются человеком для получения высокой чистой продукции автотрофов (урожая). В них так же, как в естественных сообществах имеются продуценты (культурные растения и сорняки),



консументы (насекомые, птицы, мыши и т.д.) и редуценты (грибы и бактерии). Обязательным звеном пищевых цепей в агроэкосистемах является человек.

Отличия агроценозов от естественных биоценозов:

- Незначительное видовое разнообразие (агроценоз состоит из небольшого числа видов, имеющих высокую численность);
- Короткие цепи питания;
- Неполный круговорот веществ (часть питательных элементов выносятся с урожаем);
- Источником энергии является не только Солнце, но и деятельность человека (мелиорация, орошение, применение удобрений);
- Искусственный отбор (действие естественного отбора ослаблено, отбор осуществляет человек) и др.
- Отсутствие саморегуляции (регуляцию осуществляет человек) и др.

Таким образом, агроценозы являются неустойчивыми системами и способны существовать только при поддержке человека.

*Урбоэкосистемы (урбанистические системы)* – искусственные системы (экосистемы), возникающие в результате развития городов и представляющие собой концентрацию населения, жилых зданий, промышленных, бытовых, культурных объектов и т.д. В их составе можно выделить следующие территории: *промышленные зоны*, где сосредоточены промышленные объекты различных отраслей хозяйства и являющиеся основными источниками загрязнения окружающей среды; *селитибные зоны* (жилые или спальные районы) с жилыми домами, административными зданиями, объектами быта, культуры и т.п.; *рекреационные зоны*, предназначенные для отдыха людей (лесопарки, базы отдыха и т.п.); транспортные системы и сооружения, пронизывающие всю городскую систему (автомобильные и железные дороги, метрополитен, заправочные станции, гаражи, аэродромы и т.п.). Существование урбосистем поддерживается за счет продукции агроэкосистем и предприятий энергетики. На выходе города образуются большое количество отходов.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятий «биоценоз», «биотоп», «биогеоценоз», «экосистема». В чем отличие понятий «биогеоценоз» и «экосистема»?
2. Из каких компонентов состоит биоценоз?
3. Какие различают типы связей между организмами?
4. Что такое нейтрализм? Приведите примеры.
5. Что такое протокооперация? Приведите примеры.
6. Что такое мутуализм? Приведите примеры.
7. Что такое комменсализм? Приведите примеры.
8. Что такое хищничество? Приведите примеры.
9. Что такое паразитизм? Приведите примеры.
10. Что такое конкуренция? Приведите примеры.
11. Что такое аменсализм и аллелопатия? Приведите примеры.
12. Какие взаимоотношения между организмами являются симбиотическими, антагонистическими и нейтральными?
13. Какие функциональные группы организмов выделяют в экосистеме?

14. Что представляют собой цепи питания? Из каких трофических уровней они состоят?
15. Какие выделяют типы пищевых цепей? Приведите примеры.
16. Что подразумевают под сетями питания?
17. Опишите биологический круговорот веществ в экосистемах.
18. Опишите поток энергии в экосистемах. Почему не может быть круговорота энергии?
19. Сколько трофических уровней обычно бывает в пищевой цепи?
20. Какие типы экологических пирамид выделяют?
21. Охарактеризуйте биологическую продуктивность экосистем? Какие биомы Земли имеют наибольшую продуктивность?
22. Что такое сукцессия? Когда и почему они происходят? Как их классифицируют?
23. Назовите основные типы природных наземных экосистем.
24. Назовите основные типы природных водных экосистем.
25. Каковы отличия агроэкосистем от естественных экосистем?

## Лекция №5. Биосфера

### 1. Геосферы (оболочки) Земли

Возраст планеты Земля составляет около 4,6 млрд лет. В течение этого времени на Земле происходили процессы превращения и перемещения материи, в результате чего земной шар расчленился на ряд оболочек, или геологических сфер (геосфер). Выделяют такие сферы Земли как: ядро, мантию, земную кору, педосферу, литосферу, атмосферу, гидросферу, биосферу, ноосферу (табл. 5.1).

Таблица. 5.1. Основные характеристики геосфер Земли (по Н.Ф. Реймерсу, 1990)

Показатели	Атмосфера	Гидросфера	Литосфера	Мантия	Ядро Земли
Глубина (толщина), км	1000-3000 Средняя - 2000	Средняя для океана – 3,8 Максимум – 11,022	Средняя – около 17, континенты в среднем – 35 (до 70), под океанами 5-7	До 2900	2900-6370
Объем, $10^{18}$ м <sup>3</sup>	1320	1,4	10,2	896,6	175,2
Плотность, г/см <sup>3</sup>	У поверхности Земли – $10^{-3}$ , на высоте 750 км – $10^{-16}$	0,99-1,03	2,7-3,32	3,32-5,68	9,43-17,20
Масса, $10^{21}$ г	5,15-5,9	1455,8	$5 \times 10^4$	$405 \times 10^4$	$188 \times 10^4$
Процент от общей массы Земли	Около $10^{-6}$	0,02	0,48	67,2	32,3

*Атмосфера* (греч. «атмос» - пар) воздушная оболочка Земли. *Гидросфера* (греч. «гидра» - вода) водная оболочка Земли. *Литосфера* (греч. «литос» -

камень) – твердая оболочка земного шара. *Педосфера* (лат. «педис» - нога, стопа) – оболочка Земли, образуемая почвенным покровом. *Биосфера* (греч. «биос» - жизнь) – оболочка Земли, преобразованная живыми организмами. *Ноосфера* (греч. «ноос» - разум) – оболочка Земли, преобразованная деятельностью человека.

Слои Земли имеют разный химический состав, что объясняют дифференциацией первичного вещества планеты. В ходе формирования планеты более тяжелые элементы (железо, никель и др.) «тонут» и образуют ядро, а относительно легкие (кремний, алюминий и др.) «всплывают» и сформировали земную кору. Одновременно из расплава выделялись газы, образовавшие атмосферу, и пары воды, которые сформировали гидросферу. В результате на Земле сложились условия, благоприятные для развития жизни. Живые организмы сформировали особую оболочку – биосферу. С возникновением человека биосфера вступает в новую стадию развития – ноосферу.

*Атмосфера* – сплошная воздушная оболочка Земли. Атмосфера окружает Землю до высоты 3 тыс. км. Она состоит из смеси газов и пылевидных частиц. В сухом чистом воздухе в объемных процентах содержится 78% азота, 21% кислорода, 0,9% аргона, 0,03% углекислого газа и около 0,003% смеси неона, гелия, криптона, ксенона, оксидов азота, метана, водорода, паров воды и озона. На долю водяного пара приходится до 3% объема атмосферы. Большая часть пыли в составе атмосферы поднята с поверхности Земли, но также присутствует космическая и бактериальная пыль.

Состав и свойства атмосферы на разных высотах неодинаковы, поэтому её подразделяют на *тропо-, страто-, мезо-, термо- и экзосферы*. Последние три слоя иногда рассматривают как *ионосферу*.

*Гидросфера* – прерывистая водная оболочка Земли. Располагается между атмосферой и литосферой и включает в себя все океаны, моря, озера, реки, а также подземные воды, льды, снега полярных и высокогорных районов. Гидросферу делят на поверхностную и подземную. *Поверхностная гидросфера* – водная оболочка поверхностной части Земли. В её состав входят воды океанов, морей, озер, рек, водохранилищ, болот, ледников, снежных покровов и др. Поверхностная гидросфера покрывает земную поверхность на 70,8%. *Подземная гидросфера* – включает воды, находящиеся в верхней части земной коры. Их называют подземными. Сверху подземная гидросфера ограничена поверхностью земли, нижнюю ее границу проследить не возможно, так как гидросфера очень глубоко проникает в толщу земной коры.

По отношению к объему земного шара общий объем гидросферы не превышает 0,13%. Основную часть гидросферы (96,53%) составляет Мировой океан. На долю подземных вод приходится 1,69% от общего объема гидросферы, остальное – воды рек, озер и ледников. Более 98% всех водных ресурсов Земли составляют соленые воды океанов, морей и др., пресных вод – около 2%. Основная часть пресных вод сосредоточена в ледниках, воды которые пока используются очень мало.

*Литосфера и внутреннее строение Земли.* Во внутреннем строении Земли выделяют три основных слоя: земную кору, мантию и ядро (рис. 5.1).

Земная кора располагается в среднем до глубины 35 км (до 5-15 км под океанами и до 35-70 км под континентами). В состав земной коры входят все известные химические элементы. Преобладают О (49,1%), Si (26%), Al (7,4%), Fe (4,2%), Ca (3,3%), Na (2,4%), К (2,4%), Mg (2,4%).

*Мантия* располагается между земной корой и ядром и распространяется до глубины 2900 км. Здесь преобладают О, Si, Fe, Mg, Ni. Внутри мантии с глубины 50-100 км под океанами и 100-250 км под континентами начинается слой вещества по состоянию, близкому к плавлению, так называемая *астеносфера*. Земная кора вместе с верхним твердым слоем мантии над астеносферой называется литосферой. *Литосфера* – внешняя твердая оболочка земного шара. Это относительно хрупкая оболочка. Она разбита глубинными разломами на крупные блоки – литосферные плиты, которые медленно перемещаются по астеносфере в горизонтальном направлении.

*Ядро* располагается ниже мантии на глубине от 2900 км до 6371 км. Оно состоит из Fe и Ni.

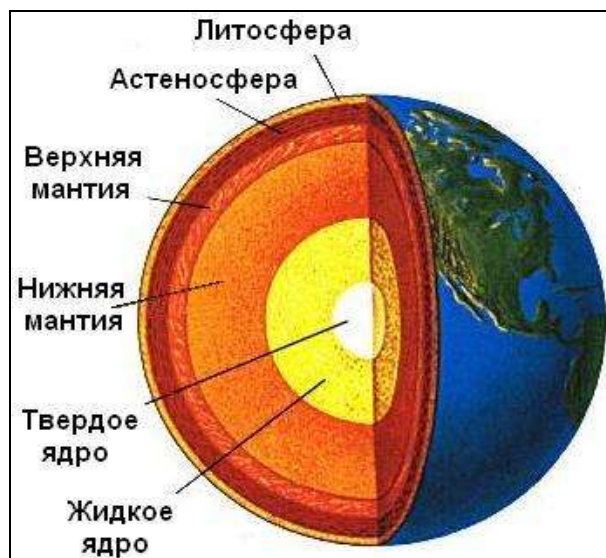


Рис. 5.1. Внутреннее строение Земли

*Педосфера* – оболочка Земли, образуемая почвенным покровом; верхняя часть литосферы на суше. Почва – это поверхностный горизонт земной коры, образующий небольшой по мощности слой около 80-150 см, с колебаниями от нескольких сантиметров до 2,5-3,0 м. Она формируется в результате взаимодействия факторов почвообразования: климата, живых организмов, почвообразующих пород, рельефа местности, времени, хозяйственной деятельности человека.

Вещество почвы представлено четырьмя физическими фазами: твердой (минеральные и органические частицы), жидкой (почвенный раствор), газообразной (почвенный воздух) и живой (организмы).

Важнейшее свойство почв – *плодородие* – способность почв удовлетворять потребность растений в элементах питания и воде, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством тепла и воздуха для нормальной деятельности и создания урожая.

Наиболее важными с экологической точки зрения свойствами и признаками почв являются следующие: мощность почвы, гранулометрический состав, структура, сложение, плотность, содержание гумуса, влажность, состав почвенного раствора, кислотность, буферность и др.

## 2. Структура и границы биосферы

*Биосфера* (от греч. *bios* – жизнь и *sphaira* - шар) – оболочка Земли, состав, структура и свойства которой в той или иной степени определяются настоящей или прошлой деятельностью живых организмов.

Термин «биосфера» впервые применил Э. Зюсс (1875), понимавший её как токую пленку жизни на земной поверхности, в значительной мере определяющую «Лик Земли». Однако заслуга создания целостного учения о биосфере принадлежит В.И. Вернадскому, так как именно он развил представление о живом веществе как огромной геологической (биогеохимической) силе, преобразующей свою среду обитания. Большое внимание на В.И. Вернадского оказали работы В.В. Докучаева о почве как естественно-историческом теле. Основы учения о биосфере, изложены В.И. Вернадским в 1926 году в книге «Биосфера» и разрабатывавшиеся им до конца жизни, сохраняют свое значение в современной науке.

*Границы биосферы.* Биосфера имеет определенные границы. Она занимает нижнюю часть атмосферы, верхние слои литосферы, поверхность суши и всю гидросферу.

Границы биосферы в большей степени условны. Лимитирующими факторами проникновения жизни в верхние слои атмосферы служит наличие капель воды и положительных температур, а также твердых аэрозолей, поднимающихся с поверхности земли. На больших высотах в горах (около 6 км) расположена высотная часть биосферы – *эоловая зона*. Здесь уже невозможна жизнь высших растений и вообще организмов продуцентов, но ветры приносят сюда с более низких вертикальных поясов органическое вещество и при отрицательных температурах воздуха еще достаточно тепла от прямой солнечной инсоляции для существования жизни. Это царство членистоногих и некоторых микроорганизмов.

Еще одним лимитирующим фактором проникновения жизни вверх является жесткое космическое излучение. На высоте 22-24 км от поверхности Земли наблюдается максимальная концентрация озона – озоновый экран. Озон образуется из кислорода под действием солнечной радиации ( $O_2 \rightarrow O_3$ ). Озоновый экран отражает губительные для живых организмов космические излучения (гамма- и рентгеновские лучи) и частично ультрафиолетовые лучи.

Выше эоловой зоны жизнь проникает лишь случайно и не часто. Здесь организмы могут временно существовать, но не могут нормально жить и размножаться.

Жизнь в океанах достигает их дна. Живые организмы встречаются даже на глубине более 11 км, где температура воды около  $+200^\circ C$ , но из-за высокого давления вода не кипит. Ниже, в базальтах, жизнь едва ли возможна.

Проникновение жизни вглубь литосферы ограничено высокими температурами земных недр и наличием жидкой влаги. Нижняя граница жизни

по литосфере фактически не опускается глубже 3-4, максимум 6-7 км на суше, и не более 1-2 км ниже дна океана.

*Вещество биосферы.* В.И. Вернадский рассматривал биосферу как область жизни, включающую наряду с организмами и среду их обитания. Он выделил в биосфере несколько типов веществ.

1. *Живое вещество* – живые организмы, населяющие нашу планету.
2. *Косное вещество* – неживые тела, образующиеся в результате процессов, связанных с деятельностью живых организмов (породы магматического и метаморфического происхождения, некоторые осадочные породы).
3. *Биогенное вещество* – неживые тела, образующиеся в результате деятельности живых организмов (некоторые осадочные породы: известняки, мел и др., а также нефть, газ, каменный уголь, кислород атмосферы и др.).
4. *Биокосное вещество* – биокосные тела, представляющие собой результат совместной деятельности живых организмов и геологических процессов (почвы, илы, кора выветривания и др.).

*Распределение живого вещества в биосфере.* Масса живого вещества составляет лишь 0,01% от массы всей биосферы. Тем не менее, живое вещество биосферы – это главнейший ее компонент.

Важнейшим свойством живого вещества является его способность к воспроизводству и распространению по планете. Живое вещество распространено в биосфере неравномерно: пространства, густо заселенные организмами, чередуются с менее заселенными территориями.

Наибольшая концентрация жизни в биосфере наблюдается на границах соприкосновения земных оболочек: атмосферы и литосферы (поверхность суши), атмосферы и гидросферы (поверхность океана), гидросферы и литосферы (дно океана), и особенно на границе трех оболочек – атмосферы, литосферы и гидросферы (прибрежные зоны). Эти места наибольшей концентрации жизни В.И. Вернадский назвал их «пленками жизни». Вверх и вниз от этих поверхностей концентрация живой материи уменьшается.

В настоящее время по видовому составу на Земле преобладают животные (более 2,0 млн. видов) над растениями (0,5 млн.). В то же время, запасы фитомассы составляют 99% запасов живой биомассы Земли. Биомасса суши в 1000 раз превышает биомассу океана. На суше биомасса и количество видов организмов в целом увеличиваются от полюсов к экватору.

### **3. Круговорот веществ в биосфере**

Биосфера Земли характеризуется определенным образом сложившимися круговоротом веществ и потоком энергии. *Круговорот веществ* – многократное участие веществ в процессах, протекающих в атмосфере, гидросфере и литосфере, в том числе в тех слоях, которые входят в состав биосферы Земли. Круговорот веществ осуществляется при непрерывном поступлении (потоке) внешней энергии Земли.

В зависимости от движущей силы, с определенной долей условности, внутри круговорота веществ можно выделить геологический, биологический и антропогенный круговороты. До возникновения человека на Земле осуществлялись только первые два.

*Геологический круговорот (большой круговорот веществ в природе)* – круговорот веществ, движущей силой которого являются экзогенные и эндогенные геологические процессы.

*Эндогенные процессы* (процессы внутренней динамики) происходят под влиянием внутренней энергии Земли. Это энергия, выделяющиеся в результате радиоактивного распада, химических реакций образования минералов, кристаллизации горных пород и т.д. К эндогенным процессам относятся: тектонические движения, землетрясения, магматизм, метаморфизм. *Экзогенные процессы* (процессы внешней динамики) протекают под влиянием внешней энергии Солнца. Экзогенные процессы включают выветривание горных пород и минералов, удаление продуктов разрушения с одних участков земной коры и перенос их на новые участки, отложение и накопление продуктов разрушения с образованием осадочных пород. К экзогенным процессам относятся геологическая деятельность атмосферы, гидросферы (рек, временных водотоков, подземных вод, морей и океанов, озер и болот, льда), а также живых организмов и человека.

Крупнейшие формы рельефа (материки и океанические впадины) и крупные формы (горы и равнины) образовались за счет эндогенных процессов, а средние и мелкие формы рельефа (речные долины, холмы, овраги, барханы и др.), наложенные на более крупные формы, - за счет экзогенных процессов. Таким образом, эндогенные и экзогенные процессы противоположны по своему действию. Первые ведут к образованию крупных форм рельефа, вторые – к их сглаживанию.

Магматические горные породы в результате выветривания преобразуются в осадочные. В подвижных зонах земной коры они погружаются в глубь Земли. Там под влиянием высоких температур и давлений они переплавляются и образуют магму, которая, поднимаясь на поверхность и застывая, образует магматические породы.

Таким образом, геологический круговорот веществ протекает без участия живых организмов и осуществляет перераспределение вещества между биосферой и более глубокими слоями Земли.

*Биологический (биогеохимический) круговорот (малый круговорот веществ в биосфере)* – круговорот веществ, движущей силой которого является деятельность живых организмов. В отличие от большого геологического малый биогеохимический круговорот веществ совершается в пределах биосферы. Главным источником энергии круговорота является солнечная радиация, которая порождает фотосинтез. В экосистеме органические вещества синтезируются автотрофами из неорганических веществ. Затем они потребляются гетеротрофами. В результате выделения в процессе жизнедеятельности или после гибели организмов (как автотрофов, так и гетеротрофов) органические вещества подвергаются минерализации, то есть превращению в неорганические вещества. Эти неорганические вещества могут быть вновь использованы для синтеза автотрофами органических веществ.

В биогеохимических круговоротах следует различать две части:

1. *Резервный фонд* – это часть вещества, не связанная с живыми организмами;

2. *Обменный фонд* – значительно меньшая часть вещества, которая связана прямым обменом между организмами и их непосредственным окружением.

В зависимости от расположения резервного фонда биогеохимические круговороты можно разделить на два типа:

1. *Круговороты газового типа* с резервным фондом веществ в атмосфере и гидросфере (круговороты углерода, кислорода, азота).
2. *Круговороты осадочного типа* с резервным фондом в земной коре (круговороты фосфора, кальция, железа и др.).

Круговороты газового типа более совершенны, так как обладают большим обменным фондом, а значит, способны к быстрой саморегуляции. Круговороты осадочного типа менее совершенны, они более инертны, так как основная масса вещества содержится в резервном фонде земной коры в «недоступном» живым организмам виде. Такие круговороты 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. Однако извлечь нужные живым организмам вещества из земной коры гораздо сложнее, чем из атмосферы.

Интенсивность биологического круговорота в первую очередь определяется температурой окружающей среды и количеством воды. Так, например, биологический круговорот интенсивнее протекает во влажных тропических лесах, чем в тундре. Кроме того, в тундре биологические процессы протекают только в теплое время года.

С появлением человека возник антропогенный круговорот, или обмен, веществ. *Антропогенный круговорот (обмен)* – круговорот (обмен) веществ, движущей силой которого является деятельность человека. В нем можно выделить две составляющие: *биологическую*, связанную с функционированием человека как живого организма, и *техногенную*, связанную с хозяйственной деятельностью людей (*техногенный круговорот*).

Геологический и биологический круговороты в значительной степени замкнуты, что нельзя сказать об антропогенном круговороте. Поэтому часто говорят не об антропогенном круговороте, а об антропогенном обмене веществ. Незамкнутость антропогенного круговорота веществ приводит к *истощению природных ресурсов и загрязнению природной среды* – основными причинами всех экологических проблем человечества.

**Круговороты основных биогенных веществ и элементов.** Рассмотрим круговороты наиболее значимых для живых организмов веществ и элементов. Круговорот воды относится к большому геологическому, а круговорот биогенных элементов (углерода, кислорода, азота, фосфора, серы и других биогенных элементов) – к малому биогеохимическому.

*Круговорот воды* между сушей и океаном через атмосферу относится к большому геологическому круговороту. Вода испаряется с поверхности Мирового океана и либо переносится на сушу, где выпадает в виде осадков, которые вновь возвращаются в океан в виде поверхностного и подземного стока, либо выпадает в виде осадков на поверхность океана (рис. 5.2).





Рис. 5.2. Круговорот воды в биосфере

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 её в биогеохимическом цикле весь запас воды на Земле распадается и восстанавливается за 2 млн лет.

*Круговорот углерода.* Продуценты улавливают углекислый газ из атмосферы и переводят его в органические вещества, консументы поглощают углерод в виде органических веществ с телами продуцентов и консументов низших порядков, редуценты минерализуют органические вещества и возвращают углерод в атмосферу в виде углекислого газа. В Мировом океане круговорот углерода усложнен тем, что часть углерода, содержащегося в мертвых организмах, опускается на дно и накапливается в осадочных породах. Эта часть углерода выключается из биологического круговорота и поступает в геологический круговорот веществ.

Главным резервуаром биологически связанного углерода являются леса, они содержат до 500 млрд. тонн этого элемента, что составляет 2/3 его запаса в атмосфере. Вмешательство человека в круговорот углерода (сжигание угля, нефти, газа, дегумификация) приводит к возрастанию содержания CO<sub>2</sub> в атмосфере и развитию парникового эффекта (рис. 5.3).

Скорость круговорота CO<sub>2</sub>, то есть время, за которое весь углекислый газ атмосферы проходит через живое вещество, составляет 300 лет.

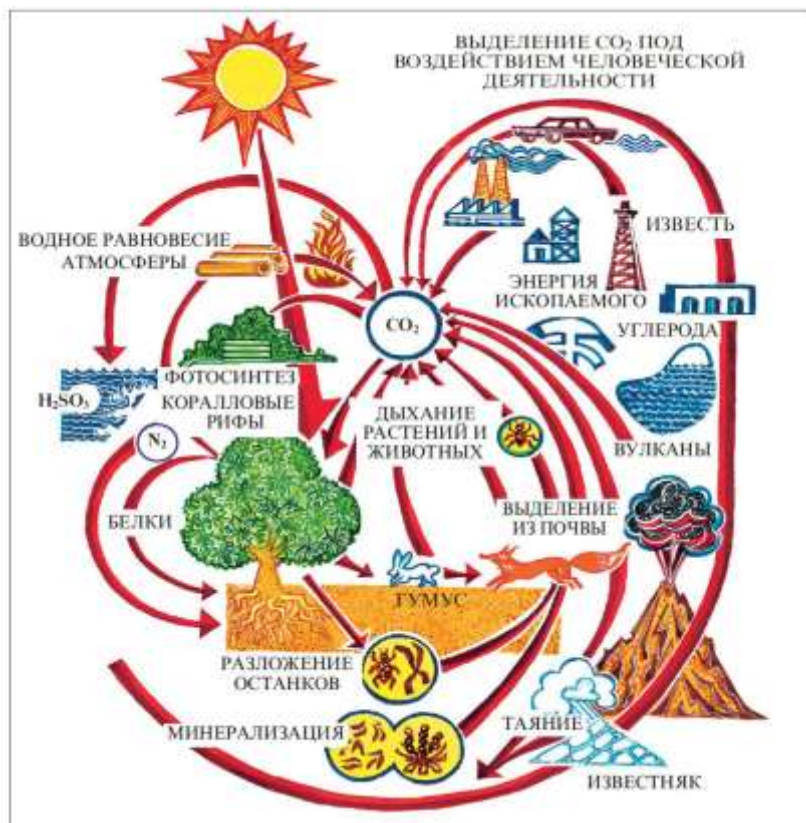


Рис. 5.3. Круговорот углерода в биосфере

*Круговорот кислорода.* Главным образом круговорот кислорода происходит между атмосферой и живыми организмами. В основном свободный кислород ( $O_2$ ) поступает в атмосферу в результате фотосинтеза зеленых растений, а потребляется в процессе дыхания животными, растениями и микроорганизмами и при минерализации органических остатков. Не значительное количество кислорода образуется из воды и озона под воздействием ультрафиолетовой радиации. Большое количество кислорода расходуется на окислительные процессы в земной коре, при извержении вулканов и т.д. Основная доля кислорода продуцируется растениями суши – почти  $\frac{3}{4}$ , остальная часть – фотосинтезирующими организмами Мирового океана. Скорость круговорота – около 2 тыс. лет.

Установлено, что на промышленные и бытовые нужды ежегодно расходуется 23% кислорода, который образуется в процессе фотосинтеза, и эта цифра постоянно возрастает (рис. 5.4).

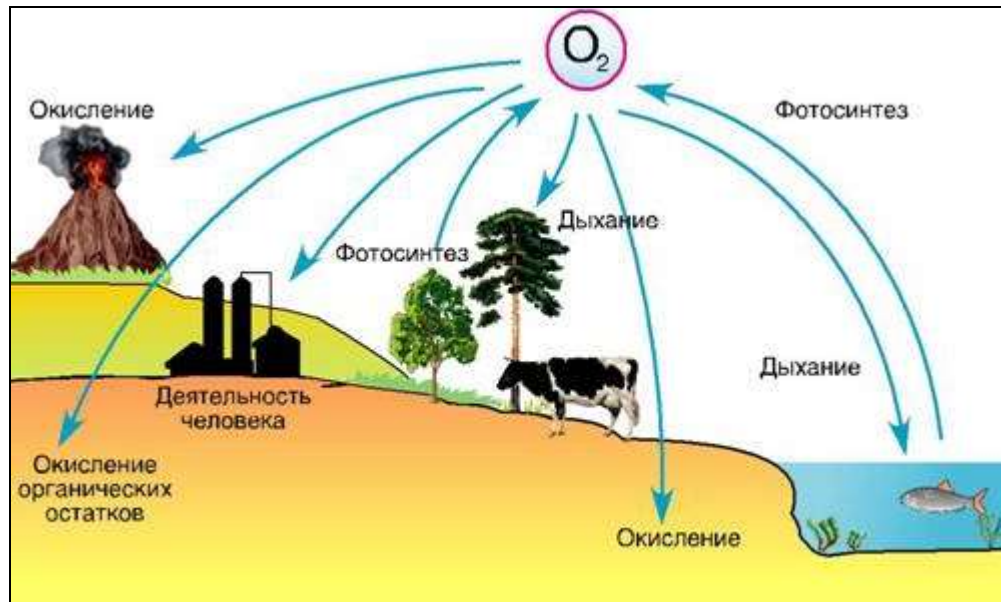


Рис. 5.4. Круговорот кислорода в биосфере

*Круговорот азота.* Запас азота ( $N_2$ ) в атмосфере огромен (78% от её объёма). Однако растения поглощать свободный азот не могут, а только в связанной форме в основном в виде  $NH_4^+$  или  $NO_3^-$ . Свободный азот из атмосферы связывают азотфиксирующие бактерии и переводят его в доступные растениям формы. В растениях азот закрепляется в органическом веществе (в белках, нуклеиновых кислотах и пр.) и передаются по цепям питания. После отмирания живых организмов редуценты минерализуют органические вещества и превращают их в аммонийные соединения, нитраты, нитриты, а также в свободный азот, который возвращается в атмосферу (рис. 5.5).

Нитраты и нитриты хорошо растворимы в воде и могут мигрировать в подземные воды и растения и передаваться по пищевым цепям. Если их количество излишне велико, что часто наблюдается при неправильном применении азотных удобрений, то происходит загрязнение вод и продуктов питания, и вызывает заболевания человека.

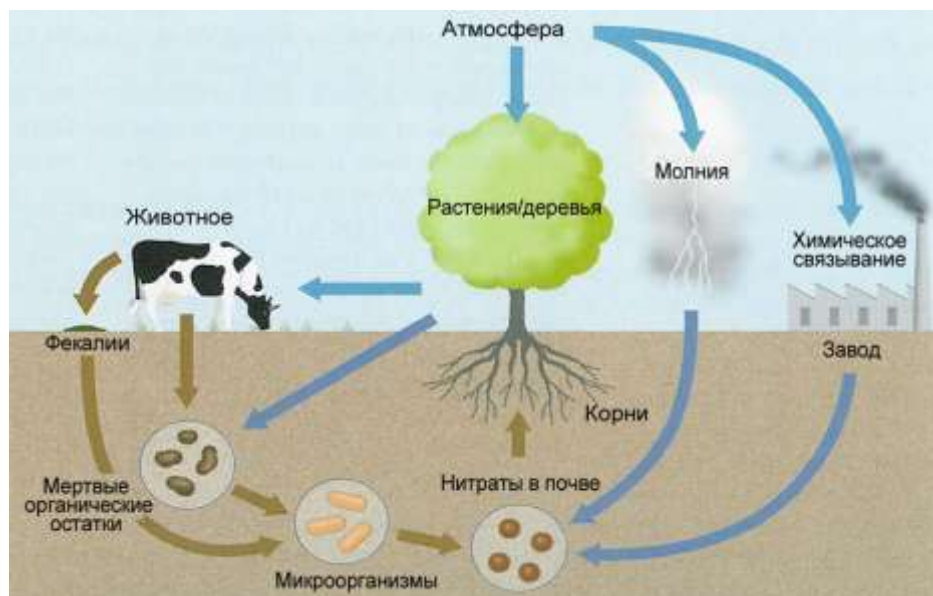


Рис. 5.5. Круговорот азота в биосфере

*Круговорот фосфора.* Основная масса фосфора содержится в горных породах, образовавшихся в прошлые геологические эпохи. В биогеохимический круговорот фосфор включается в результате процессов выветривания горных пород.

В наземных экосистемах растения извлекают фосфор из почвы (в основном в форме  $PO_4^{3-}$ ) и включают его в состав органических соединений (белков, нуклеиновых кислот, фосфолипидов и др.) или оставляют в неорганической форме. Далее фосфор передается по цепям питания. После отмирания живых организмов и с их выделениями фосфор возвращается в почву.

При неправильном применении фосфорных удобрений водной и ветровой эрозии почв большие количества фосфора удаляются из почвы. С одной стороны, это приводит к перерасходу фосфорных удобрений и истощению запасов фосфорсодержащих руд (фосфоритов, апатитов и др.). С другой стороны, поступление из почвы в водоемы больших количеств таких биогенных элементов, как фосфор, азот, сера и др., вызывает бурное развитие сине-зелёных водорослей и других водных растений («цветение» воды) и эвтрофикацию водоемов. Но большая часть фосфора уносится в море.

В водных экосистемах фосфор усваивается фитопланктоном и передается по трофической цепи вплоть до морских птиц. Их экскременты (гуано) либо сразу попадают назад в море, либо сначала накапливаются на берегу, а затем все равно смываются в море. Из отмирающих морских животных, особенно рыб, фосфор снова попадает в море и в круговорот, но часть скелетов рыб достигает больших глубин, и заключенный в них фосфор снова попадает в осадочные породы, то есть выключается из биогеохимического круговорота (5.6).

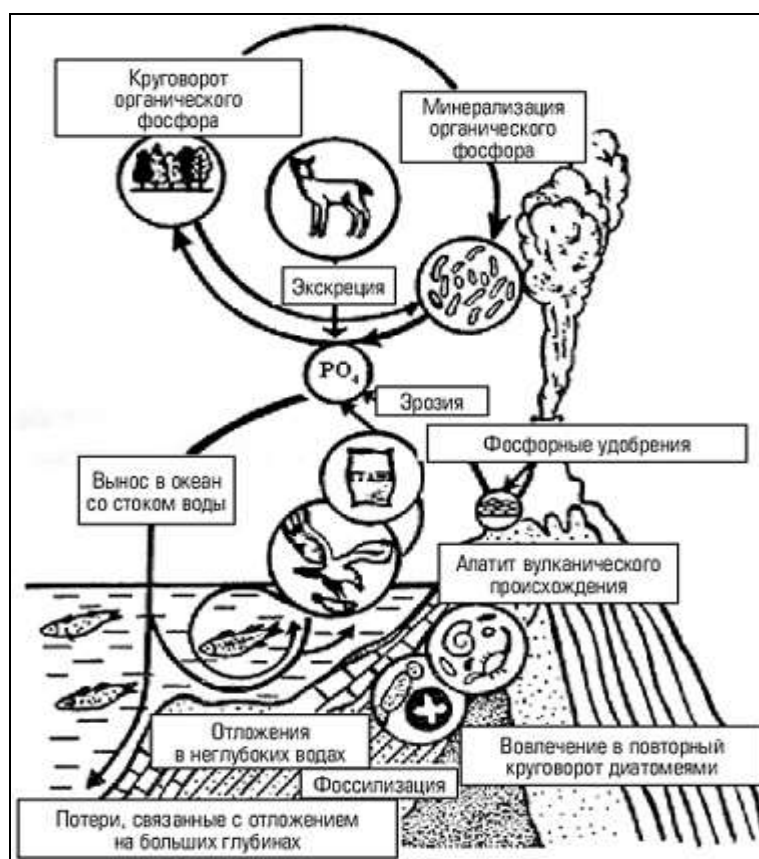


Рис. 5.6. Круговорот фосфора в биосфере

**Круговорот серы.** Основной резервный фонд серы находится в отложениях и почве, но в отличие фосфора имеется резервный фонд и в атмосфере. Главная роль в вовлечении серы в биогеохимический круговорот 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 ( $\text{S}$ ) и при их отмирании на дне морей образуются залежи самородной серы.

По содержанию в морской среде сульфат-ион занимает второе место после хлора и является основной доступной формой серы, которая потребляется автотрофами и включается в состав белков.

В наземных экосистемах сера поступает в растения из почвы виде сульфатов. В живых организмах сера содержится в белках, в виде ионов и т.д. После гибели живых организмов часть серы восстанавливается в почве микроорганизмами до  $\text{H}_2\text{S}$ , другая часть окисляется до сульфатов и вновь включается в круговорот. Образовавшийся сероводород улетучивается в атмосферу, там окисляется и возвращается в почву с осадками.

Сжигание человеком ископаемого топлива (особенно угля), а также выбросы химической промышленности, приводят к накоплению в атмосфере сернистого газа ( $\text{SO}_2$ ), который, реагируя с парами воды, выпадает на землю в виде кислотных дождей (рис. 5.7).

Биогеохимические циклы не столь масштабны как геологические и в значительной степени подвержены влиянию человека. Хозяйственная деятельность нарушает их замкнутость, они становятся ациклическими.

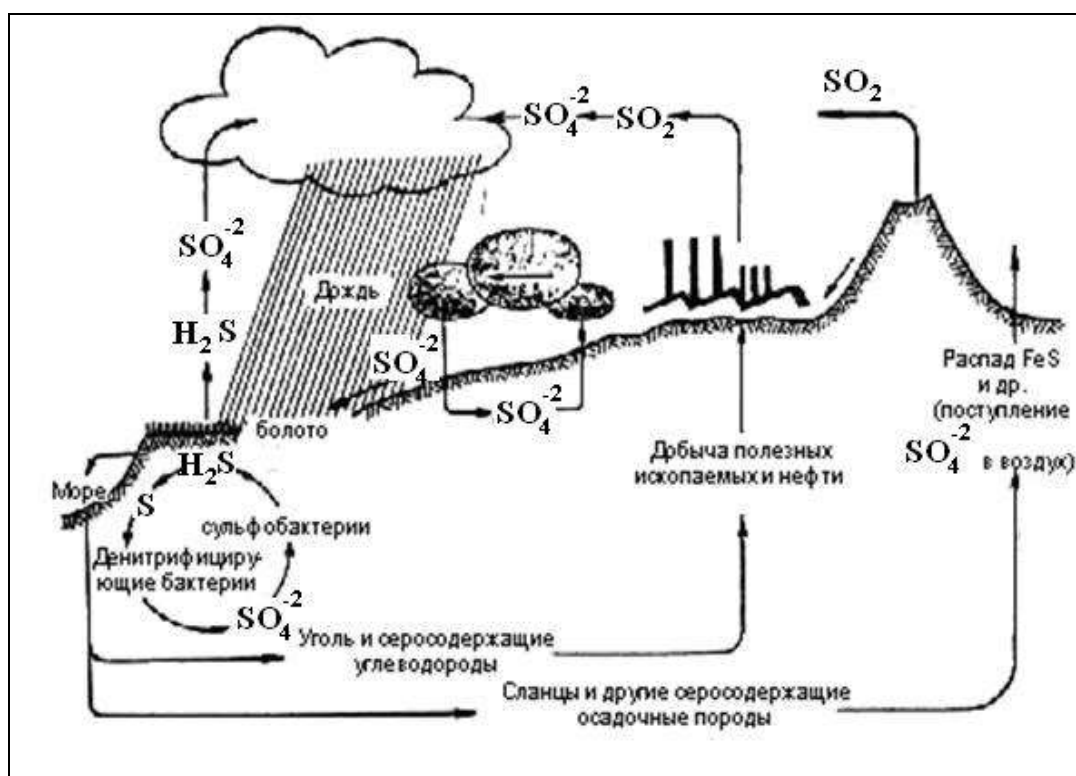


Рис. 5.7. Круговорот фосфора в биосфере

#### 4. Превращение биосферы в ноосферу

Качественно новый этап развития биосферы наступил в современную эпоху, когда деятельность человека, преобразующая поверхность Земли, по своим масштабам стала соизмеримой с геологическими процессами. Как отмечал В.И. Вернадский, биогеохимическая роль человека за последнее столетие стала значительно превосходить роль других, даже наиболее активных в биогеохимическом отношении организмов. При этом использование природных ресурсов происходит без учета закономерности развития и механизмов функционирования биосферы. В результате хозяйственной деятельности из биотического круговорота изымаются или существенно преобразуются большие территории (сведение и насаждение лесов, осушение болот, строительство городов, дорог, плотин, распашка целинных земель, создание водохранилищ и т.д.). Добыча полезных ископаемых, сжигание огромных количеств топлива, создание новых не существовавших ранее в биосфере веществ, интенсифицируют круговорот веществ, изменяют состав и структуру слагающих его компонентов. Антропогенные воздействия на биосферу, принявшие глобальный характер (на Земле не осталось ни одного участка суши или моря, где нельзя было бы обнаружить следов деятельности человека), ставят под угрозу возможность поддержания гомеостаза в биосфере.

В 1944 г. В.И. Вернадский развил представление о переходе биосферы в ноосферу, то есть в такое её состояние, когда развитие биосферы будет управляться разумом человека. *Ноосфера* – сфера разума, высшая стадия развития биосферы, когда разумная человеческая деятельность становится главным, определяющим фактором развития биосферы.

По убеждению В.И. Вернадского, биосфера вступает в новую стадию своего развития – стадию ноосферы. На этой стадии человек разумный выступает как геохимическая сила невиданного масштаба. Особенность этой силы – её разумность.

Кроме понятия «ноосфера» часто употребляют такие понятия, как «антропосфера», «техносфера» и др.

*Антропосфера* – сфера Земли, где живет и куда временно проникает (с помощью спутников и т.п.) человечество. Понятие «антропосферы» употребляют для характеристики пространственного положения человечества и его хозяйственной деятельности.

*Техносфера* – часть биосферы (со временем, по-видимому, вся биосфера), преобразованная технической деятельностью человека. Понятие «техносфера» используют, когда хотят подчеркнуть вещественную сторону отношений человек – природа, а также то, что на настоящем этапе хозяйственная деятельность людей не настолько разумна, чтобы говорить о ноосфере.

#### Контрольные вопросы

1. Дайте определение основным геологическим сферам Земли?
2. Охарактеризуйте структуру атмосферы?
3. Какой химический состав имеет атмосфера?
4. Охарактеризуйте структуру гидросферы?
5. Какая доля общих запасов воды приходится на пресные воды?



6. Охарактеризуйте внутреннее строение Земли и её химический состав?
7. Чем отличаются понятие «литосфера» и «земная кора»?
8. Какие типы земной коры вы знаете? Охарактеризуйте их строение.
9. Дайте определение понятию «плодородия почвы». В чем экологическое значение почвы?
10. Дайте определение понятию «биосфера». Охарактеризуйте структуру биосферы?
11. Что такое озоновый экран? В чем состоит его значение для биосферы?
12. Какие компоненты (типы вещества) биосферы выделил В.И. Вернадский?
13. Что понимают под круговоротом веществ? Какие круговороты веществ выделяют?
14. Опишите основные черты каждого из круговоротов веществ. В чем отличие антропогенного круговорота вещества от естественных круговоротов – геологического и биологического?
15. Опишите основные черты круговоротов основных биогенных веществ и элементов: воды, углерода, кислорода, азота, фосфора, серы?
16. Что понимают под термином «ноосфера»? Кто является основоположником учения о ноосфере?

## **Лекция №6. Антропогенные воздействия на биосферу и её защита**

### **1. Антропогенные воздействия на атмосферу и её защита**

Антропогенное воздействие на атмосферу проявляется, прежде всего, в *загрязнении атмосферного воздуха* – привнесение в него или возникновение в нем новых (обычно не характерных для него) вредных химических, физических, биологических веществ. Оно может быть естественным (природным) и антропогенным (техногенным).

*Естественное загрязнение* воздуха вызвано природными процессами (вулканическая деятельность, ветровая эрозия, массовое цветение растений, дым от лесных пожаров и др.). *Антропогенное загрязнение* связано с выбросом загрязняющих веществ в результате деятельности человека.

По масштабам загрязнение воздуха может быть *местным* – повышение содержания загрязняющих веществ на небольших территориях (город, район и др.), *региональным* – загрязнение атмосферного воздуха значительных территорий (областей, регионов и др.), *глобальным* – изменения, затрагивающие всю атмосферу Земли.

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

Главные (приоритетные) антропогенные загрязнители атмосферного воздуха – диоксид серы (SO<sub>2</sub>), диоксид азота (NO<sub>2</sub>), оксид углерода (CO),



твердые частицы (пыль, сажа, зола). На их долю приходится около 98% выбросов вредных веществ в атмосферу. Кроме них в атмосферу поступает еще более 70 наименований вредных веществ: тяжелые металлы (свинец, ртуть, кадмий и др.); углеводороды ( $C_nH_m$ ), среди которых наиболее опасен бензопирен, альдегиды, сероводород, токсичные летучие растворители (бензины, спирты, эфиры) и др.

Особо опасным видом загрязнения атмосферы является радиоактивное загрязнение, вызванное радиоактивными изотопами. Его источники – производство и испытания ядерного оружия, отходы и аварийные выбросы АЭС.

Основными антропогенными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются следующие отрасли экономики: теплоэнергетика (тепловые и атомные электростанции, промышленные и городские котельные и др.), автотранспорт, черная и цветная металлургия, нефтедобывающее и нефтеперерабатывающее производство, машиностроение, производство стройматериалов и т.д.

Экологические последствия загрязнения атмосферы приводят к изменению климата и *парниковому эффекту* – разогрев нижних слоев атмосферы, вследствие способности атмосферы пропускать коротковолновую солнечную радиацию, но задерживать длинноволновое тепловое излучение земной поверхности (рис. 6.1). Водяной пар задерживает около 60% теплового излучения Земли и углекислый газ – до 18%. В отсутствие атмосферы средняя температура земной поверхности была бы  $-23^{\circ}C$ , а в действительности она составляет  $+15^{\circ}C$ . Парниковому эффекту способствует поступление в атмосферу антропогенных примесей (диоксида углерода, метана, фреонов, оксидов серы и азота и др.).

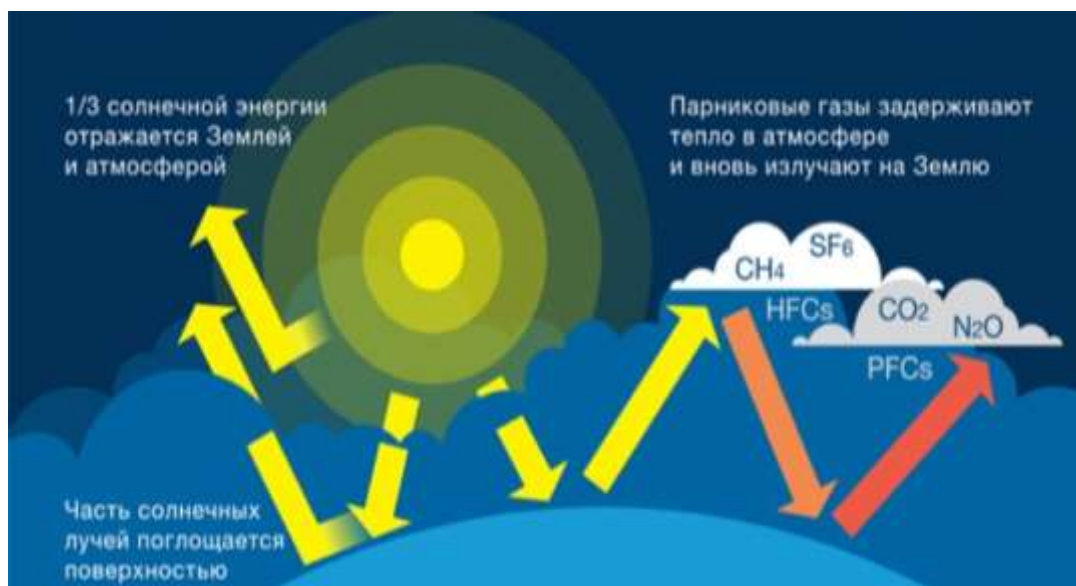


Рис.6.1. Схема парникового эффекта

За последние 50 лет содержание углекислого газа в атмосфере возросло с 0,027 до 0,036%. Это привело к повышению среднегодовой температуры на планете на  $0,6^{\circ}$ . Существуют модели, согласно которым если температура приземного слоя атмосферы поднимется еще на  $0,6 - 0,7^{\circ}$ , произойдет интенсивное таяние ледников Антарктиды и Гренландии, что приведет к

повышению уровня воды в океанах и затоплению до 5 млн км<sup>2</sup> низменных, наиболее густо заселенных равнин.

*Разрушение «озонового слоя».* *Озоновый слой (озоносфера)* – слой атмосферы с наибольшей концентрацией озона на высоте 20-25 км (рис. 6.2). Содержащиеся в озоновом слое количество озона не велико: в приземных условиях атмосферы (при давлении 760 мм и температуре +20°C) он образовал бы слой толщиной всего 3 мм. В атмосфере озон образуется из кислорода под действием ультрафиолетового излучения.



Рис. 6.2. Схема расположения озонового слоя

*«Озоновая дыра»* - значительное пространство в озоносфере планеты с заметно пониженным (до 50% и более) содержанием озона. Считается, что основной причиной возникновения «озоновых дыр» является значительное содержание в атмосфере фреонов. *Фреоны (хлорфторуглероды)* – высоколетучие, химически инертные у земной поверхности вещества, широко применяемые в производстве и быту в качестве хладагентов (холодильники, кондиционеры, рефрижераторы), пенообразователей и распылителей (аэрозольные упаковки). Фреоны, поднимаясь в верхние слои атмосферы, подвергаются фотохимическому разложению с образованием окиси хлора, интенсивно разрушающей озон.

Истощение озонового слоя в атмосфере Земли приводит к увеличению потока ультрафиолетовых лучей на земную поверхность. Ультрафиолетовые лучи в небольших дозах необходимы живым организмам (стимуляция роста и развития клеток, бактерицидное действие, синтез витамина D и т.д.), в больших дозах губительны из-за способности вызывать раковые заболевания и мутации.

*Кислотные осадки* – дождь или снег, подкисленный до pH<5,6 из-за растворения в атмосферной влаге антропогенных выбросов (оксиды серы, оксиды азота, хлороводород, сероводород и др.) (рис. 6.3).



Рис. 6.3. Кислотные дожди

Отрицательное действие кислотных дождей на растительность проявляется как в прямом биоцидном воздействии на растительность, так и в косвенном через снижение рН почв. Выпадение кислотных дождей приводит к ухудшению состояния и гибели целых лесных массивов, а также снижению урожайности многих сельскохозяйственных культур. Кроме того, отрицательное воздействие кислотных дождей проявляется в закислении пресноводных водоемов. Снижение рН воды вызывает сокращение запасов промысловой рыбы, деградацию многих видов организмов и всей водной экосистемы, а иногда и полную биологическую гибель водоема. Негативные последствия кислотных дождей зафиксированы в Канаде, США, Европе, России и других странах.

*Смог* – ядовитая смесь дыма, тумана и пыли. Различают два типа смога: лондонский и лос-анджелесский.

*Лондонский (зимний) смог* образуется зимой в крупных промышленных центрах при неблагоприятных погодных условиях: отсутствии ветра и температурной инверсии. Температурная инверсия проявляется в повышении температуры воздуха с высотой (в слое 300-400 м) вместо обычного понижения. В результате дым и загрязняющие вещества (пыль, оксиды серы и углерода) не могут подняться в вверх и рассеяться, а образуют туманную завесу.

*Лос-анджелесский (летний, фотохимический) смог* возникает летом также при отсутствии ветра и температурной инверсии, но обязательно в солнечную погоду. Он образуется при воздействии солнечной радиации на оксиды азота и углеводороды, поступающие в воздух в составе выхлопных газов автомобилей и выбросов предприятий. В результате образуются высокотоксичные загрязнители – фотооксиданты, состоящие из озона, органических пероксидов, пероксида водорода, альдегидов и т.д (рис. 6.4).



Рис.6.4. Лос-анджелесский смог

Смог вызывает обострение респираторных заболеваний, раздражение глаз, ухудшение физического состояния и т.д. вплоть до летального исхода. В 1952 г. в Лондоне от смога за две недели погибло более 4000 человек.

Рассеять смог может только ветер, а бороться с ним можно только путем сокращения выбросов загрязнителей в атмосферу.

В целях защиты атмосферы от загрязнения применяют следующие экозащитные мероприятия:

*Экологизация технологических процессов* – создание замкнутых технологических циклов, малоотходных технологий, исключающих попадание в атмосферу вредных загрязняющих веществ. Кроме того, необходима предварительная очистка топлива или замена его более экологичными видами, применение гидрообеспыливания, рециркуляцию газов, перевод различных агрегатов на электроэнергию и др.

Актуальнейшая задача современности – снижение загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей. В настоящее время ведется активный поиск альтернативного, более «экологически чистого» топлива, чем бензин. Продолжаются разработки двигателей автомобилей, работающих на электроэнергии, солнечной энергии, спирте, водороде и др.

*Очистка газовых выбросов от вредных примесей.* Нынешний уровень технологий не позволяет добиться полного предотвращения поступления вредных примесей в атмосферу с газовыми выбросами. Поэтому повсеместно используются различные методы очистки отходящих газов от аэрозолей (пыли) и токсичных газо- и парообразных примесей (NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> и др.).

Для очистки выбросов от аэрозолей применяют различные типы устройств в зависимости от степени запыленности воздуха, размеров твердых частиц и требуемого уровня очистки: сухие и мокрые пылеуловители, фильтры, электрофильтры.

*Рассеивание газовых примесей в атмосфере* – это снижение их опасных концентраций до уровня соответствующего ПДК путем рассеивания пылегазовых выбросов с помощью высоких дымовых труб. Чем выше труба, тем

больше ее рассеивающий эффект. Устройство санитарно-защитных зон и архитектурно-планировочные мероприятия.

*Санитарно-защитная зона* – это полоса, отделяющая источники промышленного загрязнения от жилых или общественных зданий для защиты населения от влияния вредных факторов производства. Ширина этих зон составляет от 50 до 1000 м в зависимости от класса производства, степени вредности и количества выделяемых в атмосферу веществ.

*Архитектурно-планировочные мероприятия* включают правильное взаимное размещение источников выброса и населенных мест с учетом направления ветров, выбор под застройку промышленного предприятия ровного возвышенного места, хорошо продуваемого ветрами и т.д.

## **2. Антропогенные воздействия на гидросферу и ее защита**

Антропогенное воздействие на гидросферу проявляется в загрязнении и истощении вод.

*Загрязнение вод* – привнесение или возникновение в них новых (обычно не характерных для них) вредных химических, физических, биологических веществ. Загрязнение проявляется в изменении физических и органолептических свойств (нарушение прозрачности, окраски, запахов, вкуса), увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, тяжелых металлов, сокращении растворенного кислорода в воде, появлении радиоактивных элементов, болезнетворных бактерий и других загрязнителей.

Загрязнение вод может быть естественным (природным) и антропогенным (техногенным). Естественное загрязнение вод вызвано природными процессами. Например, загрязнение вод в результате водной и ветровой эрозии, засоление пресных вод солеными и т.д. Антропогенное загрязнение связано с поступлением загрязняющих веществ в гидросферу в результате деятельности человека.

Наиболее распространено химическое и биологическое загрязнения, в меньшей степени радиоактивное, механическое и тепловое.

*Химическое загрязнение* – загрязнение вод неорганическими и органическими веществами. Из органических загрязнителей наиболее распространены нефть и нефтепродукты, СПАВ, фенолы, пестициды и др., из неорганических кислоты, щелочи, тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий, мышьяк и др.).

*Биологическое загрязнение* – загрязнение вод патогенными бактериями, вирусами, мелкими водорослями и др.

*Радиоактивное загрязнение* – загрязнение вод радионуклидами. Оно опасно даже при очень малых концентрациях радиоактивных веществ.

*Механическое загрязнение* – загрязнение вод механическими примесями – твердыми частицами (песок, ил, шлам, и др.). Свойственно в основном поверхностным водам.

*Тепловое загрязнение* – это повышение температуры вод в результате их смешивания с более нагретыми поверхностными или технологическими водами (тепловых и атомных электростанций). При повышении температуры происходит изменение газового и химического состава вод, что ведет к

размножению анаэробных бактерий и выделению ядовитых газов – сероводорода и метана. Одновременно происходит «цветение» воды вследствие ускоренного развития фитопланктона.

Основными антропогенными источниками загрязнения поверхностных вод являются: сбросы в водоемы неочищенных сточных вод; смыв пестицидов, минеральных и органических удобрений; утечки нефти и нефтепродуктов.

*Эвтрофикация вод* – повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления биогенных элементов (азота, фосфора, калия и др.) под воздействием естественных и антропогенных факторов. Негативным последствием эвтрофикации является ухудшение физико-химических условий среды обитания рыб и других гидробионтов за счет массового развития фитопланктона, снижения содержания кислорода в воде, разложение отмерших организмов и токсичности продуктов их распада. Антропогенная эвтрофикация связана с поступлением в водоемы значительного количества биогенных веществ – азота, фосфора и других элементов в виде удобрений, отходов животноводства, недостаточно очищенных сточных вод.

*Истощение вод* – недопустимое сокращение их запасов в пределах определенной территории (для подземных вод) или уменьшение минимально допустимого стока (для поверхностных вод).

Истощение подземных вод возникает в результате интенсивной добычи подземных вод в районах водозаборов, а также значительного водоотлива при строительстве шахт и карьеров. Это нарушает естественно сложившуюся взаимосвязь поверхностных и подземных вод. Истощение подземных вод приводит к ухудшению речного стока, иссушению родников, ручьев и небольших рек, снижению уровня подземных вод, иссушению и опустыниванию территорий, гибели растительности.

Истощение поверхностных вод возникает в результате безвозвратного изъятия вод рек и других водных объектов на орошение, промышленное производство, коммунально-бытовые нужды и т.д. Это приводит к снижению поверхностного стока, истощению малых рек и озер, регрессии морей, дефициту пресной воды. Примером может служить регрессия (отступление) Аральского моря. Его уровень с 60-х годов XX века катастрофически снизился в связи с недопустимым объемом забора воды из питающих Арал рек – Амударьи и Сырдарьи. Осушенное дно Аральского моря становится сегодня крупнейшим источником пыли и солей (рис. 6.5).



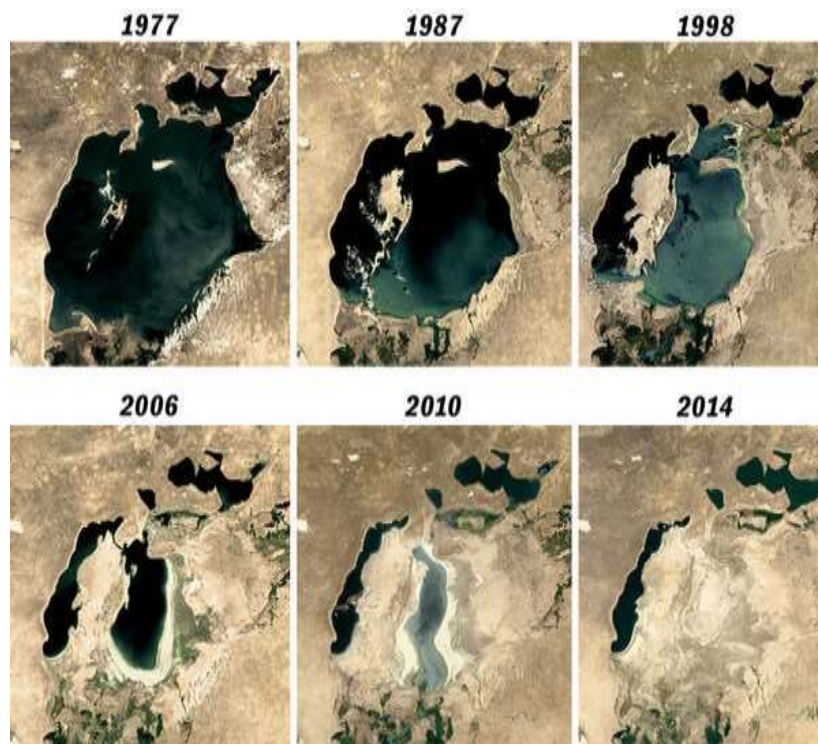


Рис. 6.5. Обмеление Аральского моря (1977-2014 гг.)

Поверхностные воды защищают от засорения, загрязнения и истощения. Для защиты от засорения предотвращают попадание в поверхностные водоемы и реки различных твердых отходов и других предметов. Для защиты от истощения контролируют минимально допустимые стоки вод.

Для защиты от загрязнения применяют следующие мероприятия:

- *Развитие безотходных и безводных технологий и оборотного водоснабжения.* В его систему включают ряд очистных сооружений и установок, что создает замкнутый цикл использования сточных вод, которые при таком способе все время находятся в обороте и не попадают в поверхностные водоемы.
- *Очистка сточных вод (промышленных, коммунально-бытовых и др.).* Существуют различные способы очистки сточных вод: механический, физико-химический, химический, биологический и термический. В зависимости от вида сточных вод их очистка может производиться каким-либо одним или комбинированным способами, с обработкой осадка и обеззараживанием сточных вод перед сбросом их в водоем.
- *Закачка сточных вод в глубокие водоносные горизонты (подземное захоронение).* Оно осуществляется через систему поглощающих скважин. При этом отпадает необходимость в дорогостоящей очистке и обезвреживании сточных вод и сооружении очистных сооружений.
- *Агролесомелиорация и гидротехнические мероприятия* защищают поверхностные воды от загрязнения и засорения. Они предотвращают эвтрофикацию озер, водохранилищ и малых рек, возникновение эрозии, оползней, обрушение берегов, уменьшают загрязненный поверхностный сток.
- *Водоохранные зоны* защищают поверхностные воды от загрязнения, засорения и истощения. Они создаются на всех водных объектах. Их



ширина на реках составляет от 0,1 до 1,5 – 2,0 км, включая пойму реки, террасы и береговой склон. В пределах этих зон запрещается распашка земель, выпас скота, применение минеральных удобрений и пестицидов, строительные работы и др.

Подземные воды охраняют от загрязнения и истощения. Для защиты от истощения применяют:

- Регулирование режима водозабора подземных вод;
- Рациональное размещение водозаборов по площади;
- Определение величины эксплуатационных запасов как предела их рационального использования.

Для защиты подземных вод от загрязнения предусматривают *зоны санитарной охраны* – территории вокруг источников централизованного питьевого водоснабжения, создаваемых для исключения возможности загрязнения подземных вод.

Основами водного законодательства запрещены проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию предприятий, не обеспеченных водоочистными устройствами. Сброс отработанных вод допускается только с разрешения органов, контролирующих качество воды.

### **3. Антропогенное воздействие на почву и ее защита**

Негативное антропогенное воздействие на почву проявляется в ее деградации (ухудшении качества почвы в результате снижения плодородия) и полном разрушении. Эти процессы могут происходить как в результате природных явлений (природное изменение условий почвообразования, паводки, сильные ветры и ураганы и др.), так и в результате нерациональной хозяйственной деятельности человека.

*Водная эрозия* – процесс разрушения почвенного покрова под действием талых и дождевых вод. В результате водной эрозии сокращается или уничтожается гумусовый горизонт почвы, что приводит к уменьшению содержания гумуса, азота, фосфора, калия и других питательных элементов, а также ухудшению структуры и уплотнению почвы.

*Ветровая эрозия (дефляция)* – процесс разрушения почвенного покрова под действием ветра. Ветровая эрозия распространена преимущественно в районах недостаточного увлажнения и низкой относительной влажности воздуха.

*Промышленная эрозия* – разрушение почвенного покрова промышленной деятельностью человека, а именно отчуждение почв городами, поселками, дорогами, линиями электропередачи и связи, трубопроводами, карьерами, водохранилищами, свалками и т.д.

*Дегумификация и истощение почв* – процессы, связанные с уменьшением содержания органических и минеральных веществ, например длительное возделывание одной сельскохозяйственной культуры.

*Засоление почв* при орошении минерализованными водами или пресными водами в результате подъема уровня минерализованных грунтовых вод. Создание водохранилищ приводит к деградации почвенного покрова: затопление территорий, подъем уровня грунтовых вод, засолению.

*Загрязнение почв* – привнесение в почву вредных химических, физических, биологических веществ. Различают химическое, радиоактивное и биологическое загрязнение почвы.

В целях защиты почв от деградации применяют следующие мероприятия:

- *Защита почв от водной и ветровой эрозии* - мероприятия по рациональному распределению земельных угодий, почвозащитные севообороты, земледелие полосами, севообороты с многолетними травами, создание ветрозащитных, полезащитных лесных и кустарниковых полос.
- *Рекультивация нарушенного почвенного покрова* – мероприятия по восстановлению и оптимизации нарушенных ландшафтов.
- *Защита почв от дегумификации, почвоутомления и истощения* включает следующие мероприятия: применение органических удобрений, известкование кислых почв, использование в севообороте многолетних трав.
- *Защита почв от засоления* включает защиту почв от потерь поливной воды путем создания закрытой сети каналов, исключающих фильтрацию; создание дренажных сооружений, промывки засоленных почв.
- *Защита почв от загрязнения продуктами техногенеза* осуществляется двумя путями. Первый путь состоит в предотвращении попадания загрязняющих веществ в почву. Второй заключается в очищении почвы от загрязнения, которое уже произошло. Очищение может производиться путем удаления верхнего загрязненного слоя почвы, путем промывок или извлечения загрязняющих веществ из почвы с помощью растений (для тяжелых металлов и радионуклидов), интенсификации микробного разложения органических загрязнителей (нефтепродукты). Еще один подход основан на закреплении токсичных элементов в почве с целью недопущения попадания их в сопредельные среды и живые организмы. Для этого используют органические вещества, фосфорные минеральные удобрения, ионообменные смолы, известкование почвы и т.д.

#### **4. Антропогенные воздействия на биотические сообщества и их защита**

К деградации растительного покрова ведут следующие антропогенные факторы: *прямое уничтожение* в ходе использования (рубка лесов, выкашивание, сбор с различными целями, стравливание домашними животными), при создании водохранилищ, в ходе открытых разработок ископаемых и пожарах, в процессе распашки новых угодий; *ухудшении условий жизни* растений при орошении, осушении, засолении почв, изменении гидрологии водоемов, загрязнении среды токсичными химическими веществами и элементами и др.

К деградации животного мира ведут следующие антропогенные факторы: *прямое уничтожение* в результате промысла животных, добываемых ради меха, мяса, жира и др., при применении химических веществ для борьбы с вредителями сельского хозяйства (при этом часто гибнут не только вредители, но и полезные для человека животные); *ухудшение условий жизни* животных в

результате вырубке лесов, распашки степей, осушении болот, сооружения плотин, строительства городов, загрязнения атмосферы, воды, почвы и т.д.

Для сохранения видового разнообразия и численности популяций биотических сообществ осуществляют следующие мероприятия:

- *Эффективное использование растительных и животных ресурсов.* Эксплуатация лесных ресурсов, лекарственных растений, охотничьих животных, промысловых рыб должна предусматривать разумную добычу, но не их истребление. Темпы использования исчерпаемых возобновимых биологических ресурсов не должны превышать скорость их возобновления.

- *Борьба с лесными пожарами.* Главной причиной пожаров является, как правило, человеческий фактор. Каждый должен знать и соблюдать на природе правила пожарной безопасности. Невыполнение этих правил наказывается административным штрафом, а умышленное повреждение или поджог леса, степи относится к тяжким преступлениям.

- *Лесовозобновление* – выращивание леса на некогда вырубленных, выжженных и других лесных площадях.

- *Акклиматизация* – преднамеренное внедрение какого-либо вида в район, где он ранее не обитал, в целях обогащения естественных сообществ полезными для человека видами или уничтожения (путем конкуренции) вредных.

- *Охрана отдельных видов живых организмов и их сообществ.* Сведения об исчезающих, редких, сокращающихся, безвозвратно исчезнувших видах растений, животных и других организмов содержатся в Красных книгах. Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) издает «Красную книгу», где регистрируют следующие виды: исчезающие, редкие, сокращающиеся, неопределенные, восстановленные и «черный список» безвозвратно исчезнувших видов.

Красная книга Кыргызской Республики - аннотированный список редких и находящихся под угрозой исчезновения в Киргизии животных, растений и грибов. Насчитывает 2 издания: первое издание вышло в 1985 году, второе - в 2006 году. Последнее издание включает 23 вида млекопитающих: снежный барс, бурый медведь, архар, марал, рысь, сурок Мензбира и др., 57 видов птиц: беркут, черный гриф, бородач, балобан, лебедь-кликун и др., 8 видов пресмыкающихся: среднеазиатская черепаха, серый варан, пятнистый полоз, степная гадюка и др., 2 вида амфибий: зеленая жаба, азиатская лягушка, 7 видов рыб: Иссык-Кульская маринка, Иссык-Кульский голый осман, туркестанский сомик и др., 18 видов членистоногих: аполлон обыкновенный, ктырь гигантский и др., 83 вида высших растений: пихта Семенова, тюльпан Грейга, рябчик Эдуарда, барбарис кашгарский и др. и 6 видов грибов: сморчок конический, мутинус собачий и др. (рис.6.6).



Снежный барс (Илбирс)



Горный баран (Архар)



Обыкновенная рысь



Сурок Мензбира



Беркут



Лебедь-кликун



Иссык-Кульский голый осман



Азиатская лягушка



Аполлон обыкновенный



Тюльпан Грейга



Рябчик Эдуарда



Сморчок обыкновенный

Рис. 6.6. Краснокнижные виды Кыргызстана

## 5. Особые виды воздействия на биосферу

*Загрязнение отходами производства и потребления.* По происхождению отходы производства и потребления делят на бытовые, промышленные, сельскохозяйственные, строительные и др. По агрегатному состоянию отходы делятся на твердые, жидкие и газообразные. Отходы являются источником загрязнения атмосферного воздуха, подземных вод, почв и растительности.

*Бытовые (коммунальные) отходы* образуются в бытовых условиях. Большая часть их представлена твердыми веществами – ТБО (твердые бытовые отходы: пластмасса, бумага, стекло, кожа и др.) и пищевыми отбросами. Но они могут быть и жидкими (сточные воды хозяйственно-бытового назначения), и газообразными (выбросы различных газов).

*Промышленные (производственные) отходы* – 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 газообразными (выбросы промышленных печей, автотранспорта и т.д.).

*Опасные отходы* – отходы, содержащиеся 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. К ним относятся металлические и гальванические шламы, отходы стекловолокна, асбестовые отходы и пыль и т.д.

*Радиоактивные отходы* – продукты ядерной энергетики, военных производств и других отраслей промышленности, здравоохранения, содержащие радиоактивные изотопы в концентрациях, превышающей утвержденные нормы.

Для защиты окружающей среды от загрязнения ТБО осуществляют следующие мероприятия:

- Предварительная сортировка, утилизация и реутилизация ценных компонентов (рис. 6.7);
- Строительство полигонов для захоронения и частичной их переработки;
- Сжигание отходов на мусоросжигательных заводах;
- Пиролиз (нагрев без доступа кислорода) при температуре от 450 до 1000 °С и более;
- Компостирование (с получением ценного азотного удобрения или биотоплива);
- Ферментация (получение биогаза из животноводческих стоков и др.).

Изоляция радиоактивных отходов осуществляется путем их захоронения в специальных емкостях на значительную глубину в земную кору (специальные шахты, штольни, скважины) или в глубокие впадины морского дна.



Рис. 6.7. Раздельный сбор ТБО

*Шумовое загрязнение* – форма физического загрязнения характеризующиеся превышением естественного уровня шума и ненормальным изменением звуковых характеристик (периодичности, силы звука и т.п.) на рабочих местах, в населенных пунктах и т.д.

Основные источники антропогенного шума – транспорт (автомобильный, рельсовый и воздушный), промышленные устройства и бытовое оборудование. 80% от общего шума приходится на автотранспорт. Громкость (сила) звука измеряется в децибелах (дБ). Шумовое воздействие – одна из наиболее острых экологических проблем современности, в крупных городах уровень шума

достигает 55-70 дБ. Безопасный уровень шума для человека составляет 40дБ – днем, 30 дБ – ночью. Для защиты населения от вредного влияния шума осуществляют комплекс мероприятий: нормативно-законодательных, технико-технологических, градостроительных, архитектурно-планировочных и др.

*Электромагнитное загрязнение* – форма физического загрязнения, возникающая в результате изменения электромагнитных свойств среды. Основные источники этого вида неионизирующих излучений – электромагнитные поля от линий электропередачи (ЛЭП), от радиотелевизионных и радиолокационных станций. Механизм и степень воздействия электромагнитных полей на живые организмы до конца не изучен, однако установлено их действие на генетические структуры, клеточные мембраны, иммунную систему и гормональный статус человека. Для защиты окружающей природной среды от электромагнитного излучения создают санитарно-защитные зоны с зелеными насаждениями, нормы пребывания в опасных зонах, перед компьютерами, телевизорами, микроволновыми печами.

*Биологическое загрязнение* – привнесение в среду и размножение в ней нежелательных для человека организмов. Например, распространение патогенных микроорганизмов (вирусов, бактерий и др.), сорной растительности, животных, наносящих вред хозяйственной деятельности человека (мышевидных грызунов, крыс, саранчи и т.д.). Для защиты окружающей природной среды от биологического загрязнения применяют такие меры как санитарную охрану территории, в необходимых случаях вводят карантин, постоянный эпиднадзор за циркуляцией вирусов, слежение за их очагами.

### **Контрольные вопросы**

1. Загрязнение атмосферного воздуха, основные источники и загрязняющие вещества?
2. Осветите основные причины, негативные последствия и пути предотвращения развития парникового эффекта?
3. Осветите основные причины, негативные последствия и пути предотвращения разрушения озонового слоя?
4. Осветите основные причины, негативные последствия и пути предотвращения кислотных дождей?
5. Осветите основные причины, негативные последствия и пути предотвращения формирования смога?
6. Охарактеризуйте основные мероприятия, направленные на защиту атмосферы?
7. В чем состоят основные антропогенные воздействия на гидросферу?
8. Охарактеризуйте основные виды загрязнения гидросферы?
9. В чем заключаются экологические последствия эвтрофикации и цветения вод?
10. Охарактеризуйте экологические последствия истощения поверхностных и подземных вод?
11. Охарактеризуйте основные мероприятия, направленные на защиту гидросферы?
12. В чем состоят основные антропогенные воздействия на почву?



13. Осветите причины, негативные последствия и пути предотвращения эрозии почв?
14. Осветите причины, негативные последствия и пути предотвращения дегумификации, почвоутомления, истощения и засоления почв?
15. Осветите причины, негативные последствия и пути предотвращения загрязнения почв?
16. Охарактеризуйте основные мероприятия, направленные на защиту почв?
17. Осветите причины, негативные последствия и пути предотвращения деградации растительного и животного мира?
18. Охарактеризуйте основные мероприятия, направленные на защиту биотических сообществ?
19. Что такое Красная книга и её значение в экологии?
20. Осветите причины, негативные последствия и пути предотвращения загрязнения окружающей природной среды отходами производства и потребления?
21. Осветите причины, негативные последствия, пути предотвращения шумового, электромагнитного и биологического загрязнения окружающей среды?

## **Лекция №7. Природопользование и устойчивое развитие**

### **1. Предмет и задачи природопользования**

Существуют различные трактовки природопользования, но в любом случае в основе всех направлений природопользования лежит взаимодействие человеческого общества и природы. Так, по Н.Ф. Реймерсу (1992), природопользование включает в себя: охрану, возобновление и воспроизводство природных ресурсов, и их переработку; использование и охрану природных условий среды жизни человека; сохранение, восстановление и рациональное изменение экологического равновесия природных систем; регуляцию воспроизводства человека и численности людей.

Под природопользованием, с одной стороны, понимают практическую деятельность человека, с другой стороны – науку.

*Природопользование (как практическая деятельность человека)* – использование природных ресурсов в целях удовлетворения материальных и культурных потребностей общества.

*Природопользование (как наука)* – область знаний, разрабатывающая принципы рационального (разумного) природопользования. Одной из важнейших задач которой является разработка принципов оптимизации взаимоотношений человеческого общества и природы.

В зависимости от последствий хозяйственной деятельности человека различают природопользование рациональное и нерациональное.

*Рациональное природопользование* – хозяйственная деятельность человека, обеспечивающая экономное использование природных ресурсов и условий, их охрану и воспроизводство с учетом не только настоящих, но и будущих интересов общества.

*Нерациональное природопользование* ведет к истощению (и даже исчезновению) природных ресурсов, загрязнению окружающей среды, нарушению экологического равновесия и деградации природных систем.

Причины нерационального природопользования различны. Это недостаточное познание законов экологии, слабая материальная заинтересованность производителей, низкая экологическая культура населения и т.д. Кроме того, в разных странах вопросы природопользования и охраны природы решаются по-разному в зависимости от целого ряда факторов: политических, экономических, социальных, нравственных и др.

*Охрана природы (окружающей природной среды)* – система государственных, общественных и международных мероприятий, направленных на рациональное использование, воспроизводство и охрану природных ресурсов, и улучшение состояния природной среды в интересах удовлетворения материальных и культурных потребностей как существующих, так и будущих поколений людей. Иначе говоря, охрана природы – система мероприятий по оптимизации взаимоотношений человеческого общества и природы. В природоохранной деятельности различают охрану атмосферы, вод, недр, почв, растительности, животного мира.

Рациональное природопользование и охрана природы тесно связаны между собой, поэтому охрану природы часто рассматривают как составную часть природопользования.

## **2. Природные ресурсы и их классификация**

*Природные ресурсы* – элементы природы (объекты и явления), необходимые человеку для его жизнеобеспечения и вовлекаемые им в материальное производство (атмосферный воздух, вода, почва, солнечная радиация, полезные ископаемые, климат, растительность, животный мир и т.д.).

Природные ресурсы используются человеком в разном качестве:

1. Как непосредственные предметы потребления (питьевая вода, кислород воздуха, употребляемые в пищу растения и животные и др.);
2. Как средства труда, с помощью которых осуществляется общественное производство (земля, водные ресурсы и др.);
3. Как предметы труда, из которых производится все изделия (минералы, древесина и др.);
4. Как источники энергии (горючие ископаемые, гидроэнергия, энергия ветра и др.).

Существуют различные подходы к классификации природных ресурсов.

- *По источникам и местоположению*: энергетические ресурсы, атмосферные газовые ресурсы, водные ресурсы, ресурсы литосферы, ресурсы растений-производителей, ресурсы консументов, климатические ресурсы и др.

- *По сфере их использования*: производственные (сельскохозяйственные и промышленные), здравоохранительные (или рекреационные), эстетические, научные и др.

- *По принципу используемости человеком в настоящее время*: реальные природные ресурсы используются в настоящее время человеком в производственной деятельности; потенциальные природные ресурсы в

настоящее время не используются человеком вообще либо используются в недостаточной степени (энергия Солнца, морских приливов, ветра и др.).

- *По принципу заменимости:* заменимые природные ресурсы можно заменить другими сейчас или в обозримом будущем (все полезные ископаемые, энергоресурсы); незаменимые природные ресурсы нельзя заменить другими природными ресурсами (атмосферный воздух, вода, генетический фонд живых организмов).

- *По принципу исчерпаемости и возобновимости:*

*Исчерпаемые природные ресурсы* – ресурсы, количество которых ограничено и абсолютно, и относительно. Исчерпаемые ресурсы подразделяют на невозобновимые и возобновимые.

*Невозобновимые природные ресурсы* абсолютно не восстанавливаются (каменный уголь, нефть и большинство других полезных ископаемых) или восстанавливаются значительно медленнее, чем идет их использование (торфяники, многие осадочные породы). Использование этих ресурсов неминуемо ведет к их истощению. Охрана невозобновимых ресурсов сводится к рациональному, экономному использованию, борьбе с потерями при добытии, перевозке, обработке и применении, поиску заменителей (рис 7.1).



Рис. 7.1. Классификация природных ресурсов

*Возобновимые природные ресурсы* по мере использования постоянно восстанавливаются (животный мир, растительность, почва). Однако для сохранения их способности к восстановлению необходимы определенные условия, нарушение которых замедляет или вовсе прекращает процесс восстановления. Процессы восстановления протекают с разной скоростью для разных ресурсов: для восстановления животных требуется несколько лет, леса – 60-80 лет, почвы – несколько тысячелетий. Охрана возобновимых природных ресурсов должна осуществляться путем рационального их использования, темпы расходования должны соответствовать темпам их восстановления.

*Неисчерпаемые природные ресурсы* – ресурсы, количество которых не ограничено, но не абсолютно, а относительно наших потребностей и сроков существования. Неисчерпаемые природные ресурсы включают ресурсы водные

(воды Мирового океана), климатические (атмосферный воздух, энергия ветра) и космические (солнечная радиация, энергия морских приливов).

### 3. Концепция устойчивого развития

Расширяющееся использование природных ресурсов вследствие роста населения и развития научно-технического прогресса приводит к их истощению и деградации природной среды.

По данным историков и археологов, во времена, когда человек начал овладевать огнем, численность его популяции составляла менее 1 млн чел., на заре земледелия – до 10 млн чел. К началу нашей эры его численность оценивалась в 250 млн чел., а к 1650 году она удвоилась, достигнув 500 млн чел., около 1830 г. она достигла 1 млрд чел. В XVII – XIX вв. медленный рост численности населения, сменился на экспоненциальный. В начале 70-х годов XX столетия численность мирового населения достигла 3,6 млрд, к 2000 году – 6 млрд чел. По прогнозам ученых к концу XXI века она достигнет 10 млрд человек (рис. 7.2). Нет никаких гарантий, что ресурсов биосферы хватит для проживания жизни такого количества людей.

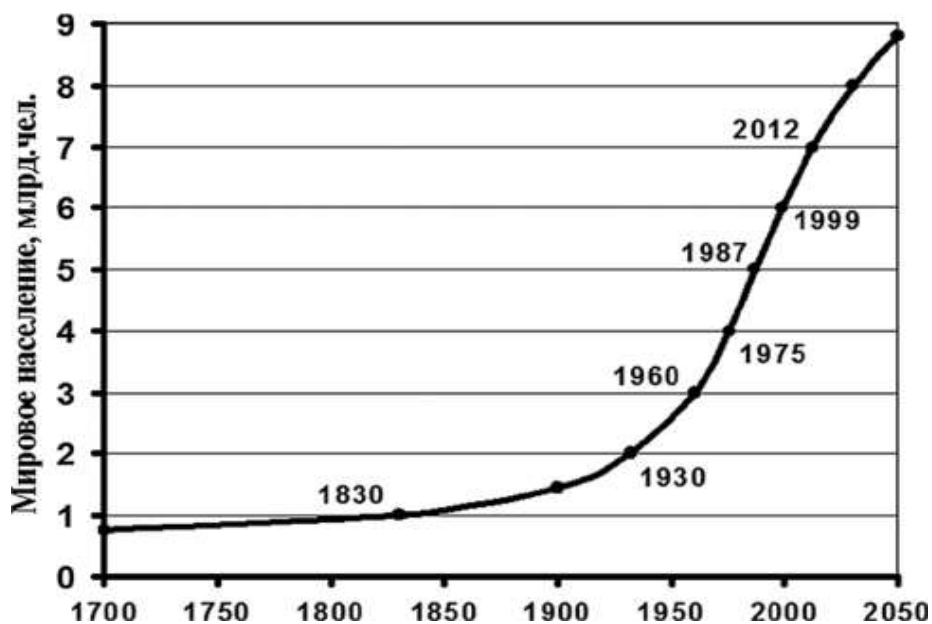


Рис. 7.2. Демографический взрыв

В конце XX столетия человечество осознало необходимость формирования новой модели развития мира. Существующая модель развития со все возрастающим объемом производства и потребления является не устойчивой, так как ресурсы биосферы ограничены. Развитие этой модели ведет к глобальному экологическому кризису и катастрофе. В качестве альтернативы была предложена другая модель развития, получившая название концепции устойчивого развития. Основные положения концепции устойчивого развития были приняты на Конференции ООН по развитию и окружающей среде в Рио-де-Жанейро в 1992 году.

*Устойчивое развитие* – такое развитие общества, при котором воздействие на окружающую среду остается в пределах хозяйственной емкости биосферы,

удовлетворение нужд нынешнего поколения людей происходит без ущемления возможностей будущих поколений удовлетворять свои нужды в той же мере.

Концепция устойчивого развития образовалась в результате соединения трех направлений:

1. *Экономического*. Развитие экономики с учетом экологии.
2. *Экологического*. Игнорирование экологии необратимо приведет к деградации окружающей среды.
3. *Социального*. Сохранение культурной и социальной стабильности, предотвращение социальных проблем и снижение конфликтов (рис. 7.3).



Рис. 7.3. Концепция устойчивого развития

Для развития человечества в области устойчивого развития необходимо выполнение следующих условий:

- Регулирование роста народонаселения на уровне демографической емкости планеты (8-11 млрд человек);
- Обеспечение продовольственной безопасности человечества и защита его от угрозы голода в настоящем и будущем;
- Обеспечение человечества энергией без истощения ее источников и загрязнения окружающей среды;
- Рациональное сбалансированное использование сырьевых ресурсов;
- Сохранение биологического разнообразия планеты (доля охраняемых природных территорий – не ниже 30%);
- Снижение загрязнения окружающей среды в результате деятельности промышленности и сельского хозяйства;
- Преодоление потребительского подхода к благам природы и жизни;
- Повышение уровня международного сотрудничества в области охраны окружающей среды.

25 сентября 2015 года 193 государств - членов ООН, в том числе Кыргызстан, приняли Повестку Дня в Области Устойчивого Развития до 2030 года, содержащий ряд экологических, экономических и социальных задач, направленных на достижение устойчивого развития. Итоговый документ «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на

период до 2030 года» содержит 17 глобальных целей и 169 соответствующих задач, направленных на ликвидацию нищеты, сохранение ресурсов планеты и обеспечение благополучия для всех (рис. 7.4). Ниже в рисунке представлены эти цели:



Рис. 7.4. Цели в области устойчивого развития

В Кыргызстане принята Национальная Стратегия развития на 2018-2040 годы согласно которой обеспечение экологической устойчивости при экономическом росте страны достигнуто путем минимизации негативных экологических последствий, повышения эффективности требований и стимулов к охране окружающей среды, использования достоверных данных для принятия экологически значимых решений. Природные ресурсы должны перестать быть расходной частью бюджета и перейти в доходную часть.

В сфере охраны окружающей среды основная политика будет направлена на создание благоприятной для жизни человека окружающей среды, рациональное использование природных ресурсов для социально-экономического развития и сохранение уникальных экосистем Кыргызской Республики для будущих поколений.

### Контрольные вопросы

1. Что такое природопользование, на какие виды оно подразделяется?
2. Природные ресурсы и их классификация?
3. Демографический взрыв и его последствия?
4. Охарактеризуйте концепцию устойчивого развития?

## Рекомендуемая литература

1. Акимова Т.В., Хаскин В.В. Экология. Человек-Экономика-Биота-Среда: Учебник для студентов вузов / М.:ЮНИТИ, 2017.- 556 с.
2. Бродский А.К. Общая экология: Учебник для студентов вузов.- М.: Изд. Центр «Академия», 2016. - 256 с.
3. Воронков Н.А. Экология: общая, социальная, прикладная. Учебник для студентов вузов.- М.: Агар, 2016. – 424 с.
4. Гальперин М.В. Экологические основы природопользования: Учебник. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2003. - 256 с.
5. Денисов В.В. Экология: учебное пособие. М.: ИКЦ «Март», 2004. – 672 с.
6. Колесников С.И. Экологические основы природопользования: Учебник. – 4-е изд. – М.: «Дашков и К°»; Академцентр, 2013. – 304 с.
7. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология: Учебник для студентов вузов. -6-е изд., доп. И перераб.- Ростов н/Д: Феникс, 2007.- 575с.
8. Кулназаров Б.К. Жалпы экология. Бишкек: «Кыргызстан – Сорос фонду», 1999. – 364 б.
9. Лазуткина Ю.С., Сомин В.А. Общая экология. Учебное пособие. – Барнаул: Изд-во «Азбука», 2007 – 134 с.
10. Маврищев В.В. Общая экология. Курс лекций: Учебное пособие. - М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2017. - 299 с.
11. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Краткий курс общей экологии. Часть I: Экология видов и популяций: Учебник. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2011. – 206 с.
12. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Краткий курс общей экологии. Часть II: Экология экосистем и биосферы: Учебник. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2011. – 180 с.
13. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е. Экология. 2-е изд. Учебник для вузов. М.: Дрофа, 2018. - 624 с.
14. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) – М.: Журнал «Россия Молодая», 1994. – 367 с.
15. Стадницкий Г.В., Родионов А.И. Экология: Уч. пособие для ВУЗов.- 3-е изд. - СПб.: Химия, 1997. - 240с.
16. Степановских А.С. Экология: Учебник для вузов. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. - 703 с.
17. Чернова, Н.М., Былова А.М. Общая экология: Учебник. - М.: Дрофа, 2004.- 416 с.
18. Чоров М.Ж. Экологиянын фундаменталдык негиздери. Окуу куралы. – Бишкек, 2018. – 212 б.
19. Шилов И.А. Экология: Учеб. для биол. и мед. спец. вузов. -М.: Высш. шк., 1998.-512 с.
20. Экология. Под ред. проф. В.В. Денисова. Ростов-н/Д.: ИКЦ «Март», 2016. - 768 с.