

Кафедра отопления и вентиляции

Рымаров А.Г.

КУРС ЛЕКЦИЙ ПО УРБОЭКОЛОГИИ

МОСКВА 2009 г.

Содержание

Наименование	Стр.
Урбоэкология	
Антропогенные влияния на биосферу	
Экоститема	
Экологический фактор	
Биогеохимические циклы	
Развитие и эволюция экосистемы. Сукцессия	
Хорологический аспект изучения экосистемы.	
Урбанизация и охрана биосферы	
Природные ресурсы	
Земельные ресурсы	
Атмосфера	
Литература	
Темы рефератов	
Практические занятия	

Урбоэкология – это комплекс градостроительных, медико-биологических, географических, социальных, экономических и технических наук, которые в рамках экологии человека изучают взаимодействие производственной и непроизводственной деятельности людей с окружающей природной средой на территории населенных мест и их систем.

Цель урбоэкологии является поиск путей и разработка решений в рамках градостроительства и организации территории направленные требуемых санитарно-гигиенических условий жизни населения, реорганизацию природопользования, охрану природной среды.

Объекты урбоэкологии – это населенные места различного размера.

Как самостоятельная наука Урбоэкология образовалась примерно к 2000 г.

Урбоэкология – это молодая наука, использующая при решении своих задач ряд уже сложившихся гуманитарных наук, обобщая процессы в многофакторных системах таких как:

1. человек – общество – природа;
 2. техника и природа;
 3. строительство и окружающая среда;
 4. энергетика и окружающая среда
- и пр.

Природная среда – совокупность абиотических и биотических факторов, естественных и измененных в результате деятельности человеческого общества, оказывающих влияние на человека и другие организмы.

Природная среда отличается от других составляющих окружающей среды свойством самоподдержания и саморегуляции без корректирующего влияния человека.

Абиотические факторы – движущие силы, совершающихся в природе процессов, связанные с силами, явлениями, объектами неорганического мира (абиотической средой).

К абиотическим факторам относятся климатические, физические, химические и другие факторы.

Биотические факторы – это факторы среды, зависящие от деятельности ее живых компонентов.

Уровни действия абиотических факторов:

1) Уровень особей.

Существует 2 способа адаптации организмов к изменениям абиотических факторов:

- поведенческие реакции;
- физиологическая перестройка организма.

Пример (поведенческие реакции):

У растений световые и теневые листья отличаются по целому ряду показателей: площадь, густота жилкования и пр.

Каждый организм обладает уникальным комплексом физиологических, поведенческих и др. особенностей, необходимых для успешного существования этого организма.

Пример (физиологическая перестройка организма):

Ящерица в пустыне Мексики – питание муравьями – муравьи плохо усваиваются организмом – необходимо поедать огромное количество муравьев – в связи с этим с течением времени желудок увеличился на 13% по сравнению с другими видами ящериц не питающихся муравьями – изменение размеров желудка привело к изменению формы тела (более массивная) – рост неуклюжести тела снижает скорость передвижения и возможности спастись от хищников – для защиты на поверхности тела выросли шипы, что привело постепенно с течением времени к отличию этих ящериц от обычных видов ящериц.

2) Популяционный уровень

На уровне популяции абиотические факторы воздействуют на такие параметры, как рождаемость, смертность, средняя продолжительность жизни, скорость роста популяции и ее размеры. Популяция может приспосабливаться к изменению абиотических факторов.

Способы приспособления популяции к изменению абиотических факторов:

1. Меняется характер пространственного распределения. Участок ареала, занятый популяцией вида определяется каким либо одним фактором: температура, влажность, кислотность, соленость и др.

2. Адаптивная эволюция

3) Видовой уровень –

Это факторы обеспечивающие ограничение географического распространения вида. Экологические факторы (в основном температура воздуха) влияют на положение, контуры и размеры ареалов. Границы ареалов видов часто определяются не средними, а крайними значениями температуры воздуха. Изменение крайних температурных условий вызовет географическую изменчивость видов.

Пример: Перелетная саранча на севере Восточной Европы не заходит дальше июньской изотермы $+20^{\circ}\text{C}$. В Скандинавии лось встречается на 10°C севернее, чем в Сибири, несмотря на то, что среднегодовая температура воздуха в Сибири выше, чем в Скандинавии, но зимы в Сибири гораздо суровее. Температурные условия могут вызвать географическую изменчивость видов.

Теплокровным животным с постоянной и высокой температурой тела в жарком климате полезно отдать больше тепла, а в холодном климате наоборот удерживать тепло. При увеличении размеров животного поверхность его возрастает в квадрате, а объем в кубе, следовательно, поверхность крупного животного сравнительно меньше, чем у мелкого животного. Отсюда следует, что теплокровным животным, населяющим холодные страны полезно быть крупными, а животным, населяющим теплые страны - мелким. Пример бурый медведь крупнее гималайского, а белый медведь крупнее бурого, севернее всех обитает белый медведь, южнее бурый, и еще южнее гималайский. Известно также, что по мере приближения к тропикам у теплокровных животных наблюдается удлинение хвостов, ушей, клювов, конечностей, разнообразных выростов и пр., что способствует большей теплоотдаче тела.

4) Уровень экологических систем.

Определить влияние экологических факторов на этом уровне возможно лишь на основании точных и всеобъемлющих знаний свойств и реакций экосистемы.

Экосистема – природная система, в которых живые организмы и среда их обитания объединены в единое функциональное целое через обмен веществ и энергией, тесную причинно-следственную взаимосвязь и зависимости слагающих ее экологических компонентов.

Любой абиотический фактор, влияющий на отдельный вид, входящий в экосистему будет влиять и на саму экосистему и ее свойства.

Биотические факторы – это формы взаимодействия между отдельными особями и популяциями, разделяются на две группы: 1. Межвидовые и внутривидовые.

МЕЖВИДОВЫЕ	
Гетеротипические реакции	– это взаимодействие между особями различных видов;
Конкуренция	– неблагоприятное влияние 2-х популяций друг на друга;
Мутуализм	– обоюдная польза (симбиоз) популяций от взаимодействия.
Сотрудничество	– сообщество двух популяций (эти популяции могут жить отдельно, но жизнь в сообществе приносит пользу обеим популяциям). Пример: гнездование птиц цапли и крачки совместно - успешнее защищаются от хищников и пр.
Комменсализм	– наличие пользы лишь у одной из двух взаимодействующих популяций.
Аменсализм	– вред для одной популяции и преимущества для другой (растения, бактерии, грибы).

Межвидовая конкуренция – такое взаимодействия, когда 2 вида соперничают из-за одних и тех же источников существования (пища, пространство и тп.). Внутривидовая конкуренция сильнее межвидовой. Конкуренция видов тем сильнее, чем выше их потребности.
Паразитизм – ослабленная форма хищничества.
Хищничество – взаимодействие популяций, при которой одна из них неблагоприятно влияет на другую и получает выгоду от этого взаимодействия.
Нейтрализм – популяции не влияют друг на друга (редко, так как есть всегда влияние - косвенное)

ВНУТРИВИДОВЫЕ
Гомотипические реакции – это взаимодействия между особями одного вида.
Эффект группы – влияние группы особей и числа индивидуум. На поведение, физиологию, развитие и проч.
Эффект массы – вызывается изменениями в среде обитания при изменении численности особей и плотности.
Внутривидовая конкуренция – (борьба за существование) – борьба за возможность выжить, для чего необходима энергия от пищи, солнца и пр.: победивший в конкурентной борьбе имеет возможность оставить потомство и передать свои гены по наследству.

Биосфера

– это совокупность тех слоев Земли, которые на протяжении ее геологической истории подвергались воздействию организмов.

Понятие Биосфера было введено в науку в 1875 году австрийским геологом Эдуардом Зюссом. Через 50 лет в 1926 были опубликованы две лекции русского минералога В.И. Вернадского, в которых были опубликованы основные положения концепции о биосфере, и которые мы принимаем и сейчас.

Для биосферы характерно:

- 1) значительное количество жидкой воды,
- 2) Получает большой поток энергии от Солнца,
- 3) Существуют поверхности раздела между веществами находящимися в твердом, жидком и газообразном состояниях.

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ БИОСФЕРЫ, СВЯЗАННЫЕ С ИСТОРИЕЙ РАЗВИТИЯ ЖИЗНИ НА ПЛАНЕТЕ ЗЕМЛЯ:

- 1) зарождение жизни в виде простейших одноклеточных организмов около 3,5 млрд. лет назад,
- 2) появление обильной растительности уже в карбоновом периоде (275-225 млн. лет назад) за период около 3 млрд. лет,
- 3) возникновение сложного круговорота веществ в биосфере в мезозое 185 млн. лет назад,
- 4) экологический кризис мелового периода (95-105 млн. лет назад) – формирование современной растительности, вымирание древней флоры и фауны, продолжительность кризиса примерно 20 млн. лет,
- 5) формирование современной флоры и фауны 30 млн. лет назад (неоген).

Биосфера состоит из:

1. атмосфера (верхняя граница озоновый слой до 20 км.),
2. гидросфера,
3. литосфера (нижняя часть биосферы 2-3 км в глубь земли, 1-2 км ниже дна океана),
4. флора,
5. фауна.

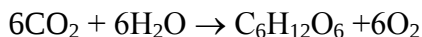
Функции биосферы земли

1. связывание углекислоты, выделяемой животными и образующийся в ходе химических превращений в неживой природе (сжигание топлива и пр.);
2. выделение кислорода в ходе фотосинтеза наземными и водными растениями. Например, зеленая масса насаждений на площади 1 га производит до 70 тонн кислорода за вегетативный период;
3. перевод в простые химические вещества огромной массы постоянно образующихся трупов организмов и их выделений;
4. образование и восстановление почв;
5. очищение воды и атмосферы от загрязнения;
6. перемещение по планете (суша, море, реки) массы разнообразных химических элементов и веществ;
7. участие в образовании горных пород (известняк, каменный уголь, нефть и т.д.);
8. аккумуляция и трансформация солнечной энергии;
9. обеспечение необходимыми веществами и энергией животных;

Основой науки о биосфере является изучение круговоротов химических элементов, особенно кислорода и углерода.

Круговорот веществ Естественный цикл углерода и кислорода.

В атмосферу поступает углекислый газ и поглощается растениями в результате следующей химической реакции:



Углекислый газ соединяется с водой под действием солнечного света и хлорофилла в результате образуется кислород.

Ежегодно наземные и водные растения аккумулируют от солнца $3 \cdot 10^{21}$ кал энергии, что в примерно в 100 раз больше вырабатываемой в мире энергии, при этом связывается 35 млрд. углерода «С» и в усваиваемое состояние переводиться 44 млрд. тонн «N» и выделяется несколько десятков млрд. тонн «O₂», а также производятся другие химические соединения.

Общая биомасса земли составляет около $3 \cdot 10^{12} - 3 \cdot 10^{13}$ тонн, каждый год прирастает $1,64 \cdot 10^{11}$ тонн сухого органического вещества.

Всю флору и фауну земли с точки зрения круговорота веществ можно подразделить на три вида.

Продуценты – трава, деревья, водоросли и другие формы растительной жизни, которые продуцируют пищу из воды и двуокиси углерода, содержащихся в атмосфере.

Консументы - организмы, не обладающие такой же способностью как продуценты, а потребляющие уже готовую пищу. Консументы питаются растениями или другими консументами.

Редуценты – бактерии и грибки, с помощью которых происходит минерализация погибших растений и животных.

Большая часть двуокиси углерода возвращается в атмосферу в результате действия редуцентов, а меньшая в результате сжигания топлива, еще меньшая – животными во время дыхания. Главный поставщик углекислого газа в атмосферу является мировой океан, где углекислого газа в 50 раз больше чем в атмосфере.

Естественный цикл азота

Круговорот азота в природе - более сложный процесс. Атмосфера богата азотом, но он не может использоваться непосредственно на прямую, так как большинство биологических форм не усваивают газообразный азот. Для усвоения азота его нужно преобразовать в органические или неорганические вещества (NaNO_3 , KNO_3 , мочевина, белок и пр.)

Фиксация азота может происходить физико-химическими или биологическими способами. Бактерии, грибки, водоросли – основные азотфиксаторы. Бобы, горох, клевер превращают азот в нитраты. Выведен ряд бактерий, которые способны усваивать свободный азот из атмосферы, что позволит сократить дозы азотных удобрений.

Продуценты и консументы превращают азот в нитраты, а затем нитраты в составную часть белка.

Редуценты разлагают погибшие организмы и превращают азот (в белках) в аммиак, а далее бактерии превращают его в нитриты, затем в нитраты и в газообразный азот.

В естественном кругообороте участвуют практически все элементы живой природы, в т.ч. и микроэлементы. Круговорот веществ в природе происходит с эволюционными изменениями.

Антропогенные влияния на биосферу

Антропогенные факторы связаны своим происхождением с деятельностью человека. Влияние человека началось 7-10 тыс. лет назад с началом земледелия, которое возникло одновременно и в Азии и в Европе. В этот же примерно период 6-7 тыс. лет назад началось одомашнивание животных. Небольшая относительно численность людей, натуральное хозяйство несущественно влияло на качество биосферы.

Главная опасность антропогенного фактора нашего времени – внесение в круговорот веществ, не свойственных природе, разрывающих замкнутый цикл или искажающих процесс круговорота веществ. Чужеродные вещества, например, яды, убивающие редуцентов, вредно воздействуют на развитие редуцентов, разывают цепь консументов и т.д.

Вредное влияние оказывает также введение в круговорот **энергий** количественно не свойственных природе в целом или конкретному сезону.

Причины загрязнения и разрушения окружающей среды и истощения природных ресурсов в результате антропогенной деятельности.

- 1) Из-за нарушения количественного равновесия между потребностью в природных ресурсах и фактическим их изъятием из естественного кругооборота;
- 2) Из-за чрезмерного техногенного воздействия на природную среду, превышающего критические пороги антропогенной нагрузки на данный природный комплекс;
- 3) Из-за игнорирования или нарушения экологических принципов в извлечении и воспроизводстве природных ресурсов.

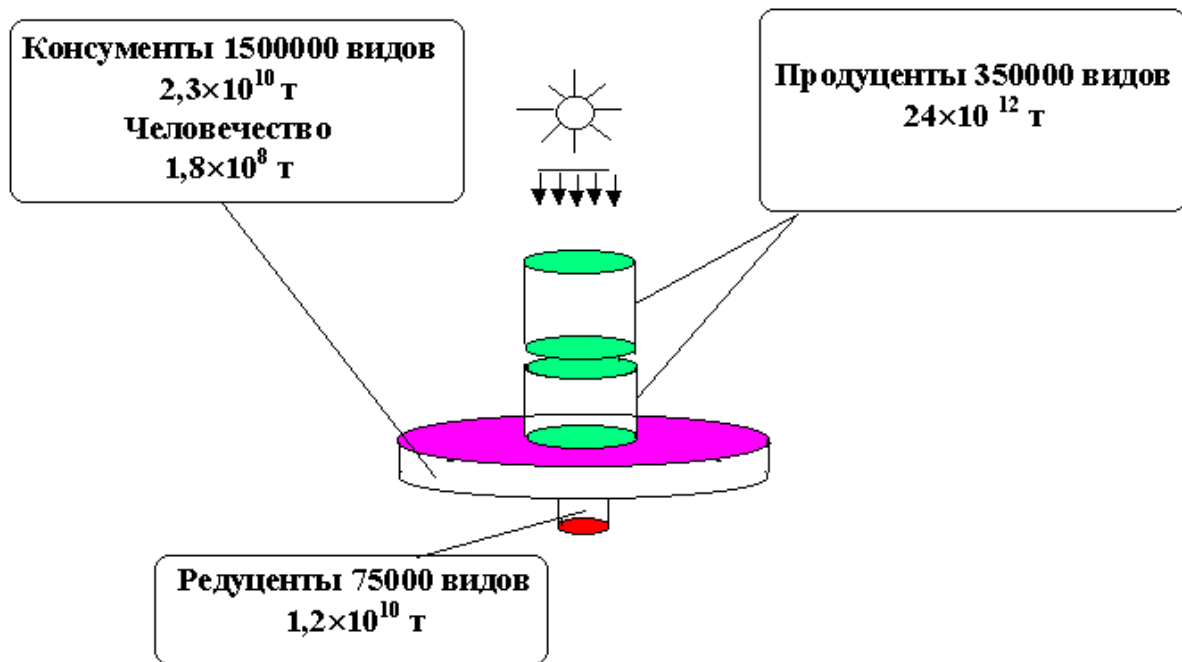
Формы воздействия человека на биосферу.

- 1) Изменение зеленой поверхности (распашка степей, вырубка лесов, мелиорация или создание искусственных озер и др.);
- 2) Изменение состава биосферы, круговорота и баланса составляющих ее веществ;
- 3) Изменение теплового режима отдельных регионов земли и всей планеты;
- 4) Изменения количественного соотношения живых организмов (увеличение поголовья одних животных и сокращение других).

Глобальная экологическая пирамида

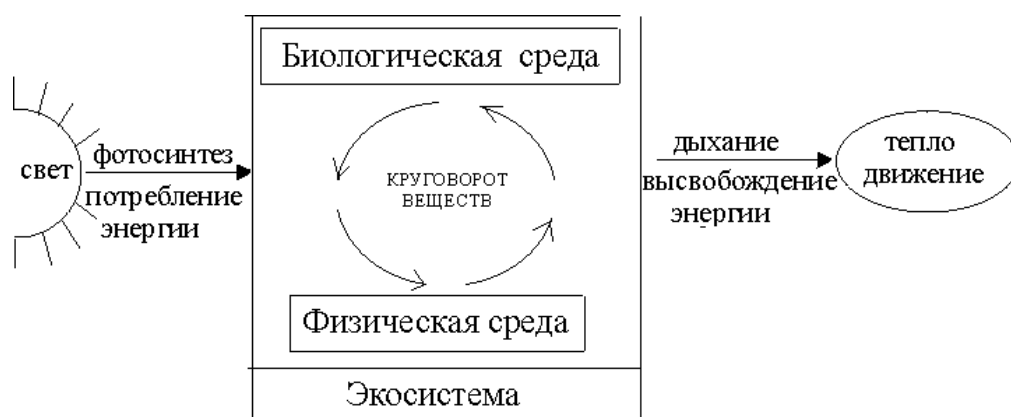
Пирамида построена следующим образом: высота цилиндра – биомасса, диаметр – количество видов. Соотношение диаметров могут различаться в разных экосистемах, но что бы волчок не падал, они не могут быть произвольными. В данном случае консументы являются управляющей системой, регулирующей количество первичной продукции и несущие стабильность экосистемам. Внутри биосферы все экосистемы территориально

сбалансированы, иными словами, на земле должно быть определенное количество тундр, лесов, пустынь и т.д., а внутри этих биомов должны быть места с оптимальными свойствами, в хвойный лес с оптимальной лесистостью, тундра - с оптимальной тундровостью. Преобразования внутри биомов и в более мелких экосистемах и смещение в них равновесия приведет к саморегуляции на высшем уровне. Это отразится на многих природных процессах – от изменения глубины залегания грунтовых вод до распределения воздушных потоков. Для возвращения биосферы в стационарное состояние человечеству придется затрачивать энергию и труд, т.е. взять на себя функции биосферы. Но т.к. КПД природных экосистем около 10%, поэтому количество энергии для возвращения экосистем в устойчивое состояние должно быть огромным.

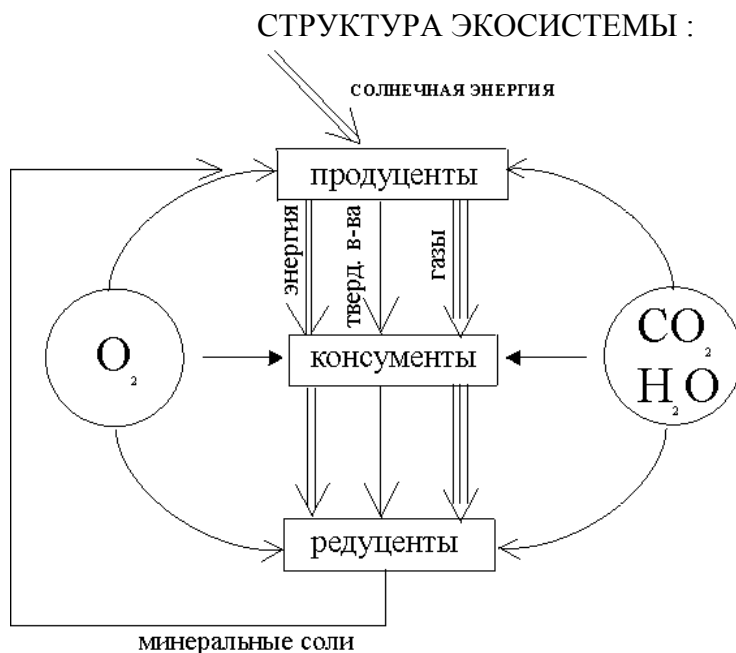


Экосистема

Экосистема состоит из биологической и физической сред с потреблением энергии от солнца. Растения синтезируют органические соединения, используя энергию солнечного света и питательные вещества из почвы и воды.



Редуценты разлагают органические соединения на исходные не органические соединения – CO_2 , H_2O , нитраты, фосфаты.



Биологическая среда – богатые энергией органические соединения.

Физическая среда – бедные энергией неорганические элементы и соединения.

Экологическая система (Экосистема) – система совместного использования живыми организмами пространств обитания в целях питания, роста и размножения.

Экосистема – это основная функциональная единица живой природы, включающая и организмы, и абиотическую среду.

Экотоп – атмосфера, почва и грунт.

Биоценоз – растительность, животные, микроорганизмы.

Биогеоценоз – экотоп + биоценоз.

Экосистема состоит из следующих элементов:

- 1) неорганических веществ (вода, азот, CO_2 и т.д.)
- 2) органических соединений (белки, жиры, углеводы)
- 3) климат (температура и пр.)
- 4) продуценты – автотрофные организмы
- 5) консументы – гетеротрофные организмы
- 6) редуценты – гетеротрофы

Экосистема как единое целое реагирует на изменение факторов среды.

Пример: изменения в экосистеме соснового леса под действием сернистого ангидрида.

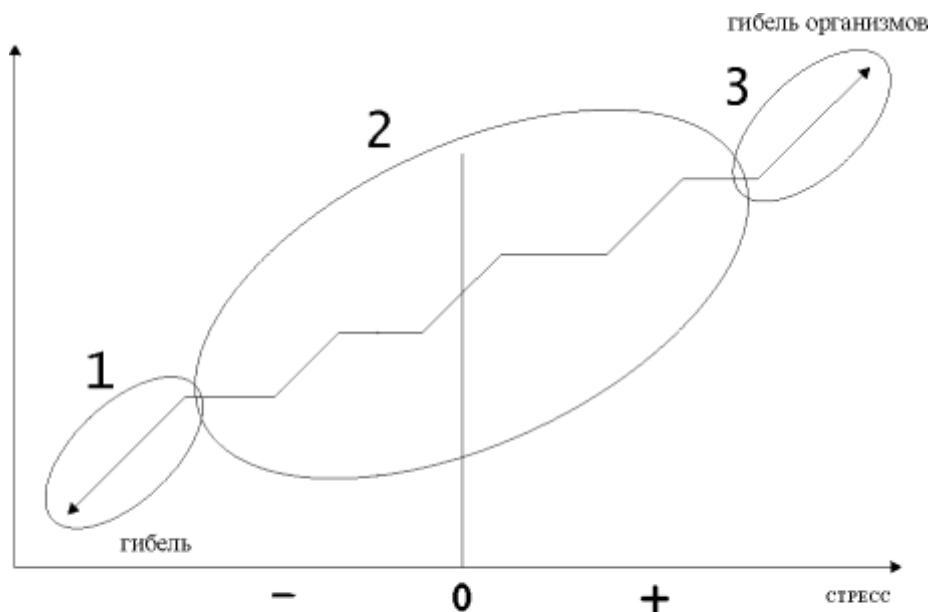
Сернистый ангидрид приводит к пожелтению концов хвоинок и их последующему омертвлению – это ведет к уменьшению охвоенности, суховершинности и разреженности крон деревьев. Под влиянием кислых осадков обедняется травянисто-кустарниковый ярус, появляются мертво покровные участки, что приводит к повышению температуры воздуха под пологом леса и в напочвенном ярусе. Загазованность воздуха вызывает замедление роста и ослабление устойчивости к абиотическим факторам и к хвою грызущим вредителям. Загазованность подавляет развитие паразитических насекомых, хищников болезней влияющих на хвоегрызущих насекомых. Но, несмотря на эти обстоятельства, плотность хвоегрызущих насекомых увеличивается, т.к. при увеличении температуры под пологом леса снижается смертность куколок насекомых осенью при похолодании – итог гибель хвойного леса.

Гомеостаз экосистемы

Гомеостаз – способность системы к самоподдержанию и саморегулированию.

Отрицательная обратная связь – это связь, уменьшающая отклонение от нормы (оптимума плотности популяции, регулируется увеличением смертности или рождаемости.) Благодаря отрицательной обратной связи регулируются запасы питательных веществ, а также продуцирование и разложение органических веществ. Взаимодействие круговоротов веществ и потоков энергии в экосистеме создает самокорректирующийся гомеостаз, без необходимости во внешнем управлении.

Положительная обратная связь увеличивает отклонение от нормы и действует вне сферы действия отрицательной обратной связи.



- 1) нижний предел действия положительной обратной связи
- 2) область действия отрицательной обратной связи (гомеостатическое плато)
- 3) верхний предел действия положительной обратной связи

В практике сельского хозяйства считалось, что урожайность зависит от количества вносимых удобрений – химизация сельского хозяйства. При этом вносилось удобрений слишком много и система гомеостаза выходила за верхний предел действия отрицательной обратной связи, в результате в почвенном слое начинаются необратимые изменения, приводящие к деградации, эрозии, засолению плодородных прежде почв. В гомеостазе участвуют органическая среда и продукты ее жизнедеятельности и неорганическая среда. Организмы постоянно приводят к физическим и химическим изменениям веществ посредством синтеза новых веществ и источников энергии. Изменения химического состава окружающей среды под действием живых организмов на четыре порядка происходят быстрее, чем под действием геологических факторов. Вещества, которые запасают растения и животные приводят к стабилизации в экосистеме и они активно тратятся при различного рода перетрубациях в экосистеме. Даже после пожаров в местообитании остаются огнестойкие семена и корни, которые сохраняют себя и экосистему как целое.

Экологический фактор

- это любой элемент среды, способный оказывать прямое или косвенное воздействие на живые организмы, хотя бы на протяжении одной из фаз их развития.

Критерии экологического фактора:

- 1) нерасчлененность данного элемента среды, например, в качестве экологического фактора нельзя рассматривать глубину водоема или высоту местообитания над уровнем моря. С

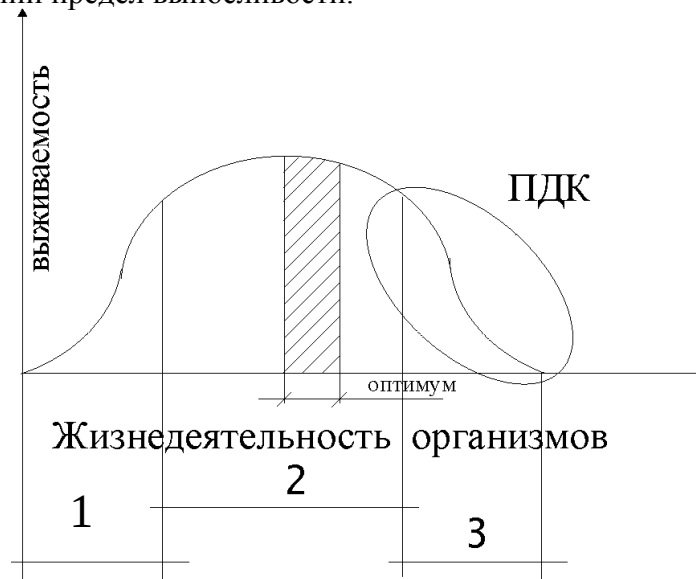
глубиной увеличивается давление, понижается температура, освещенность и пр., с высотой также меняются температура, давление и пр. – это и есть **экологические факторы**.

- 2) действие экологического фактора может быть не прямым, а опосредованным (воздействие через многочисленные причинно-следственные связи). Пример, птичий базар – очень много птиц – почему? Главную роль оказывают биологические вещества – помет птиц, который падает в воду, где органика минерализуется бактериями, что приводит к увеличению концентрации водорослей, а следовательно росту планктона – затем идет рост рыбы, которыми и питаются птицы. Помет птиц – является экологическим фактором.

Действие экологических факторов выражающихся в изменении жизнедеятельности организмов, что приводит к изменению численности популяции.

Закономерности жизнедеятельности организмов:

- 1) зона угнетения – нижний предел выносливости;
- 2) зона нормальной жизнедеятельности с зоной оптимальных условий;
- 3) зона угнетения – верхний предел выносливости.



Закон лимитирующего экологического фактора лежит в основе теоретического обоснования величины предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ, понятно, что к вредным веществам нижний предел выносливости значения не имеет, а верхний предел не должен превышать ни при каких условиях.

Если действуют несколько факторов, то сильнее действуют тот, который близок к пределу выносливости. Урожай прямо пропорционален количеству того удобрения, которого меньше всего содержится в почве.

Классификация экологических факторов

- 1) абиотические – климат, физические свойства почвы;
- 2) биотические – факторы питания, взаимодействия особей, видов, и пр.

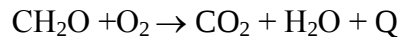
Любая классификация экологических факторов имеет недостатки и несовершенна. Например, температура часто меняется благодаря присутствию организмов.

Классификация А.С. Мончадского:

1. первичные периодические факторы – дневная, лунная, сезонная периодичность и адаптация к ним организмов – самые древние, к ним организмы приспособились очень давно;
2. вторичные периодические факторы их изменение связано с изменениями первичных периодических факторов – влажность воздуха зависит от температуры, поэтому изменение влажности оказывает не столь активное влияние, по сравнению с температурой;
3. непериодические факторы - внезапно проявляющиеся факторы (организмы не успевают к ним приспособиться) – шквальный ветер, грозы, пожары, человеческая деятельность и пр.

Энергетика экосистемы

Важнейшей термодинамической характеристикой экосистемы является способность создавать и поддерживать высокую степень внутренней упорядоченности, т.е. состояние с низкой энтропией. Энтропия – как мера неупорядоченности или мера количества энергии, недоступной для использования. Если система обладает низкой энтропией, то в ней происходит непрерывное рассеяние легко используемой энергии (энергия света, пищи) и превращение ее в энергию, используемую с трудом (например, тепловую). Упорядоченность экосистемы поддерживается в результате дыхания всего сообщества, при этом неупорядоченность как бы откачивается из сообщества. Дыхание сообщества можно представить как процесс обратный фотосинтезу:



Отношение энергии, затрачиваемой в экосистеме на дыхание, т.е. на поддержание ее жизнедеятельности (R), к энергии, заключенной в структуре биомассы (B), обозначают как меру термодинамической упорядоченности (R/B).

Существование экосистемы возможно лишь при притоке из окружающей среды энергии и вещества, т.е. экосистемы энергетически и структурно открытые системы. Все экосистемы связаны благодаря взаимообмену компонентами и с неживой средой – вся эта система находится в подвижном равновесии.

Чистая первичная продуктивность экосистемы – скорость, с которой лучистая энергия накапливается в виде органических веществ - продуцентами при фотосинтезе.

Вторичная продуктивность - накопление органического вещества на уровне консументов.

Для увеличения выхода полезной продукции из экосистемы человеку необходимо:

- 1) Селекционная работа – вклад сил и энергии для увеличения первичной валовой продукции – очень долгий процесс.
- 2) Компенсация затрат растений на дыхание – работа сельскохозяйственных машин, внесение удобрений – экономически выгодно, но экологически дороже чем в п. 1.
- 3) Борьба с вредителями или с вторичной продукцией – наиболее дорогостоящий способ.

Человек заинтересован в повышении годового выхода чистой продукции сообщества, а стратегия развития любой экосистемы направлена на то что бы произвести за годовой цикл как можно больше, но за это же время потребить все произведенное. Равенство между приходом и расходом явление редкое и имеет место лишь в тропической зоне, что создает трудности для сельского хозяйства.

Энергия приходит в экосистему в том числе и с пищей.

Пищевая цепь:

- 1) Трава (продукт) 2) Заяц (консумент 1-го рода) 3) Лисица (консумент 2-го порядка)
- (1) Сосна → (2) Тля (3) Божие коровки (4) Пауки → (5) Насекомоядные птицы →
- (6) Хищники и птицы

Метаболизм (обмен веществ) – совокупность процессов биохимических превращений веществ и энергии в живых организмах.

Метаболизм состоит из двух процессов – ассимиляции и диссимиляции.

Ассимиляция (анаболизм) – процесс, в ходе которого из более простых веществ синтезируются более сложные вещества, компоненты организма, необходимые для его жизнедеятельности.

Диссимиляция – процесс обратный ассимиляции.

Эффективность ассимиляции у растительных животных соответствует питательным свойствам пищи: 80% - при поедании семян, 60% - молодые листья, 10-20% - древесина.

Чем меньше организм, тем выше его удельный метаболизм из-за чего имеет место более высокие темпы размножения и обновления биомассы.

В любой экосистеме мелкие животные численно превосходят крупных и быстрее размножаются. Для хищников каждого вида пищей служат жертвы оптимального размера: верхний предел – размер тела превышающий на много размеры хищника, нижний предел –

при слишком малом размере хищникам пришлось бы ловить добычу в слишком больших количествах. Например, одному льву за год необходимо съесть 50 зебр, исключение – охота стаями (волки) или применение яда (змеи и пауки)

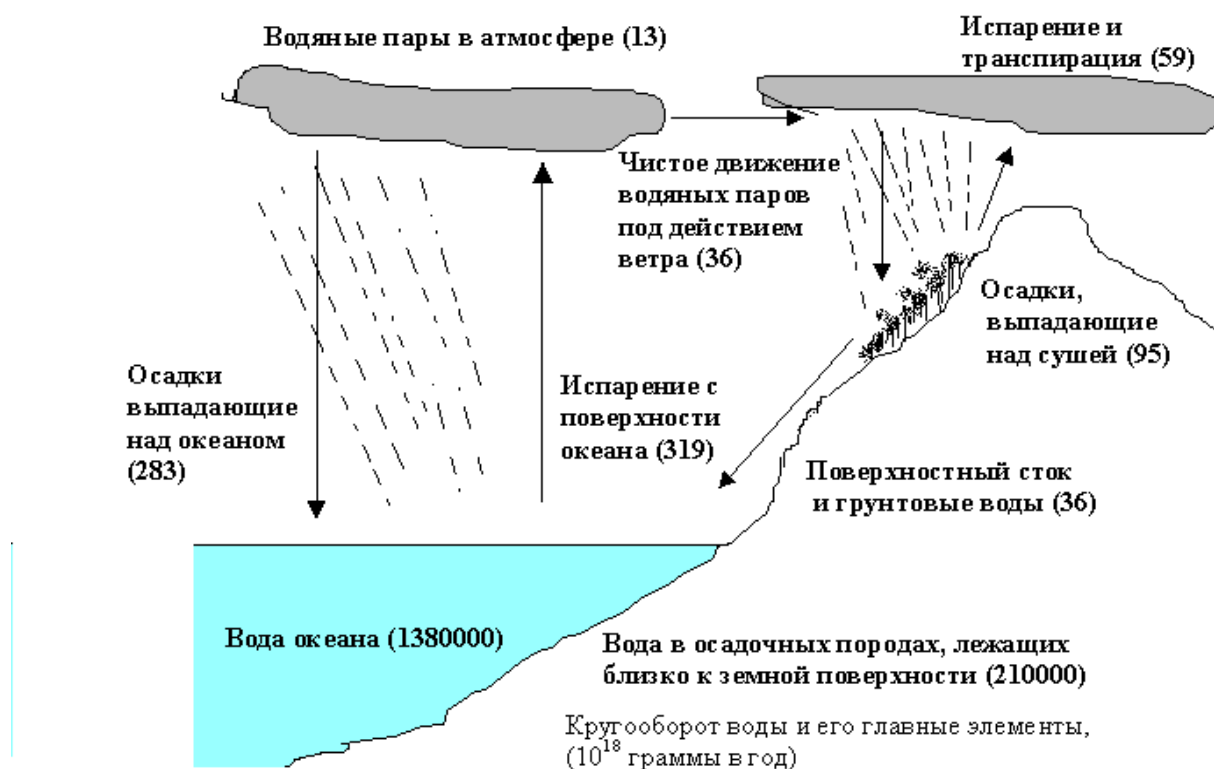
Биогеохимические циклы

Некоторые вещества по мере продвижения по пищевой цепи не рассеиваются, а наоборот накапливаются. Биогеохимический круговорот имеет вид кольца от автотрофов к гетеротрофам и от них снова к автотрофам. В природе элементы никогда не бывают распределены равномерно по всей экосистеме равномерно и находятся всюду в разной химической форме. На пути между гетеротрофами и автотрофами элементы попадают в так называемый резервный фонд.

Резервный фонд – большая масса, медленно движущихся веществ, в основном не связанная с организмом.

Обменный фонд – быстрый обмен между организмами и окружающей средой.

В зависимости от природы резервного фонда выделяют два типа биогеохимических круговоротов:



- 1) круговорот газообразных веществ с резервным фондом в атмосфере или гидросфере – легко доступны.
- 2) Осадочный цикл с резервным фондом в земной коре – фосфор, железо – основная масса сосредоточена в малоактивном и малоподвижном резервном фонде земной коры, при этом часть обмениваемого материала выходит из круговорота.

Обменный фонд образуется за счет веществ, которые возвращаются в круговорот двумя основными путями:

- 1) В результате первичной экскреции (выделении) животными;
- 2) При разложении детрита микроорганизмами.

Детрит – мелкие частицы органического или частично минерализованного вещества, взвешенные в толще воды или осевшие на дно водоема. Образуется из отмерших растений и животных и их выделений, в нем живут организмы. Детритом питаются животные – детритофаги – двустворчатые моллюски, многощетинковые черви и пр.

Первый путь преобладает при пастбищной пищевой цепи, второй путь преобладает в степях, лесах и пр.

Основные элементы биогеохимических процессов:

- 1) захват веществ из физической среды на уровне продуцентов;
- 2) возврат веществ на уровне редуцентов.

Круговорот вещества и энергии в природе невозможен без круговорота воды, с круговоротом воды связан один из циклов круговорота кислорода в природе, другой цикл – включение кислорода в органические соединения химическим путем. Круговорот воды в природе в основном не связан с живыми организмами. Особи быстро теряют воду за счет испарения и выделения и могут обновлять запасы воды в организме за время жизни сотни и тысячи раз. Масштабы круговорота воды в природе в результате действия организмов ничтожно мало оцениваются в 59×10^{18} г в год, поэтому объемы воды в природе нужно относить к резервному фонду. Включение кислорода и углерода в круговорот связано с процессами фотосинтеза и дыхания.

Транспирация – испарение воды растением, основной элемент транспирации – лист, благодаря транспирации происходит ток воды и растворенных в ней солей от корней к листьям растений, при транспирации происходит снижение температуры и растение предохраняется от перегрева. Температура поверхности различных растений различна. С 1 га посева пшеницы за вегетационный период испаряется около 2×10^9 г воды, капусты – 8×10^9 г воды.

Азот, фосфор и сера проделывают в экосистеме сложный путь под воздействием микроорганизмов. Экосистему можно представить себе в виде ряда блоков, через которые проходят материалы и в которых эти материалы могут оставаться на длительный период времени. В круговороте минеральных веществ как правило активно участвуют три составные части: живые организмы, органический детрит, доступные неорганические вещества. На периферии цикла есть еще два блока – косвенно доступные неорганические вещества и осаждающиеся органические вещества – обмен между этими частями экосистемы замедлен. Ассимиляция и распад вещества дают возможность круговороту биогенных элементов в биосфере и активно связаны с поглощением и высвобождением энергии организмами. Больше всего с превращениями энергии в системе связан круговорот углерода, т.к. большая часть энергии ассимилируется в процессе фотосинтеза углеродосодержащими органическими соединениями. При дыхании происходит высвобождение энергии, а углерод высвобождается в виде CO_2 . При метаболизме органических соединений содержащих азот, фосфор, серу эти элементы нередко удерживаются организмами, т.к. они необходимы для синтеза различных белков, ферментов и других органических веществ, компонентов живых тканей. Поэтому прохождение азота, фосфора и серы через каждый уровень замедленно.

- 1) Ассимиляция и продукция,
- 2) Дыхание, вымывание и выделение;
- 3) Смерть, выделение;
- 4) Детритное питание;
- 5) Сжигание, вымывание;
- 6) Разложение;
- 7) Торфо- Угле- Газо- Нефтеобразование;
- 8) Эрозия;
- 9) Сжигание;
- 10) Атмосферные осадки, осаждение;
- 11) Выветривание, эрозия, биологическое связывание.

В круговороте участвуют не только биогенные вещества, но и загрязняющие элементы, которые не только циркулируют в окружающей среде, но имеют свойство накапливаться в организмах. Концентрация таких веществ увеличивается по мере прохождения по пищевой цепи вверх, так как организмы быстрее поглощают загрязняющие вещества, чем выделяют их. Например, ртуть или пестицид - ДДТ, их содержание в воде может быть столь не значительными, что не улавливаются приборами и химическими средствами. При этом содержание ртути в организмах водных животных, имеющих раковину или панцирь, может достигать летального для них уровня. В случае с ДДТ концентрация его в тканях увеличивается по мере прохождения пищевой цепи – это явление известно под названием биологического усиления или накопления.

Развитие и эволюция экосистемы

Любая экосистема находится постоянно в состоянии динамики. Пример, заброшенное поле в течение нескольких лет последовательно завоевывают сначала многочисленные травы, затем кустарники, затем деревья.

Аллогенные изменения – это геохимические силы, действующие на экосистему извне (климат, геологические факторы и пр.).

В Европе в четвертичный период в течение ледникового и межледникового периодов при максимальном развитии ледника Средняя Европа представляла собой тундру с карликовыми ивами и др. растениями, а вся флора умеренного климата была вытеснена на крайний юг. Ледниковая фауна состояла из мамонтов, покрытых шерстью носорогов, и пр. При потеплении теплолюбивые растения, например виноград, возвратились в районы севернее Альп, так же теплолюбивые слон и бегемот также обосновались в Европе.

Такие геологические явления, как эрозия, горообразование, вулканизм могут настолько изменить физическую среду, что вызывает колоссальные сдвиги и перемены в экосистемах.

Автогенные изменения – обусловлены процессами, происходящими внутри экосистемы.

Экологическая сукцессия

- развитие экосистемы под влиянием автогенных изменений, пример переход озера в состояние болота при постепенном зарастании.

кульминация сукцессии – становление стабилизированной экосистемы. При том на единицу потока энергии приходится максимальная биомасса и максимальное количество межвидовых взаимодействий;

Определение экологической сукцессии:

- 1) Сукцессия происходит под действием сообщества, т.е. биотического компонента экосистемы. Сообщество изменяет физическую среду, что влияет на скорость, характер и пределы сукцессии;
- 2) Сукцессия, как упорядоченное развитие экосистемы носит предсказуемый характер. При этом меняется видовая структура экосистемы;

Факторы состояния экосистемы:

- 1) Продукция сообщества ($P, \text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$),
- 2) Дыхание сообщества ($R, \text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$).
- 3) Важно значение отношения P/R , если это отношение больше 1, то валовая первичная продуктивность превосходит затраты на дыхание сообщества. В любом случае по мере развития экосистемы отношение P/R стремится к 1. Пока P больше R в системе будут накапливаться органические вещества и биомасса, в результате чего отношение P/B (B - биомасса) будет снижаться, а отношения B/P , B/R , B/E – биомасса на единицу энергии ($E=P+R$) будет увеличиваться, т.е. биомасса, достигает максимума в зрелых экосистемах при наличии доступного потока энергии. Как следствие этого, чистая продукция сообщества – урожай за годовой цикл – велика на ранних стадиях развития экосистемы и мала или равна нулю в зрелом состоянии.

Сообщества, расположенные вдоль диагонали (см. рис.), потребляют за год в среднем только, сколько создали, их можно считать метаболически климаксными.

Климакс – конечное состояние сообщества, находящегося в равновесии с окружающей средой, состав его более менее постоянен в течение длительного времени.



ИЗМЕНЕНИЕ ПРИЗНАКОВ ЭКОСИСТЕМЫ В ПРОЦЕССЕ СУКЦЕССИИ

№ п/п	Признаки	Развивающаяся стадия	Зрелая стадия
1	2	3	4
1	Отношение валовой продукции (Р) к дыханию (R).	Меньше 1	Близко к 1
2	Отношение валовой продукции (Р) к биомассе (В).	Высокое	Низкое
3	Отношение биомассы (Б) на единицу энергии (Р+R).	Низкое	Высокое
4	Урожай (чистая продукция).	Высокий	Низкий
5	Пищевые цепи.	Линейные, пастбищные	Ветвящиеся, детритные
6	Круговороты минеральных веществ.	Открытые	Замкнутые
7	Скорость обмена веществ между организмами и средой.	Высокая	Низкая
8	Сохранение веществ.	С потерями	Полное
9	Число видов.	Мало	Велико
10	Выравненность.	Мала	Велика
11	Гетеротипические реакции.	Не развиты	Развиты
12	Стратификация.	Слабо организована	Хорошо организована
13	Специализация по нишам.	Широкая	Узкая
14	Размеры особей.	Небольшие	Крупные
15	Жизненные циклы.	Короткие и	Длинные и

		простые	сложные
16	Характер роста популяции.	Экспоненциальны й	Ограничение численности с ростом
17	Стабильность	Низкая	Высокая
18	Энтропия	Высокая	Низкая
19	Информация	Мало	Много

Рассмотрим 14 и 15 признаки. На начальной стадии сукцессии организмы обычно бывают мелкими, для них характерны простые жизненные циклы и высокие скорости размножения. Изменение размеров особей происходит в связи с перемещением биогенных веществ из неорганической в органическую фазу. По мере совершенствования экосистемы и роста популяции возрастает сопротивление среды. Происходит ограничение роста численности популяции, при этом решающее значение оказывает отрицательная обратная связь. Механизм действия отрицательной обратной связи следующий – биотическая регуляция выедания растительности (признак 5), изменение характера роста популяции (признак 16), изменение круговорота веществ в экосистеме (признак 6). Результатом действия отрицательной обратной связи является увеличение стабильности экосистемы (признак 17), снижение энтропии системы (признак 18) и увеличение количества содержащейся в системе информации (признак 19).

Загрязнение для экосистемы является стрессом, при котором вектор изменения признаков становится противоположным. При загрязнении нефтепродуктами малых рек Сибири выявлено обеднение видового состава во всех звеньях пищевых цепей, уменьшение стратификации сообщества, уменьшение суммарной биомассы. Таким образом, знание изменений, которые происходят под действием экологической сукцессии, во многих случаях открывается возможность для прогноза неблагоприятных последствий в результате антропогенного воздействия на экосистемы.

Результат деятельности сообщества в усилении гетеротипических реакций, сохранении минеральных веществ, в повышении стабильности и увеличении информации – этот результат называется всеобщим гомеостазом. **Стратегия** экологической сукцессии направлена на достижение такой обширной и разнообразной органической структуры, какая только возможна в границах доступной энергии и физических условий существования.

Замещение одних видов другими с результате сукцессии происходит потому, что популяции стремясь модифицировать среду, создают благоприятные условия для других популяций. Это происходит до тех пор пока не создается равновесие между биотическими и абиотическими компонентами.

Первичная сукцессия – имеет место на площади, где удалено предыдущее сообщество (после ядерного взрыва, лавовый поток, вышедшая на поверхность скала, песок и пр.).

Вторичная сукцессия – неполное удаление предыдущего сообщества (пожар, вырубка, заброшенное с/х поле и пр.) – она протекает быстрее первичной, т.к. такая среда более благоприятна для развития сообщества, чем «стерильная» зона. Пример: после пожара или вырубки условия на месте ельника настолько меняются, что ель не может заселить освободившуюся площадь, т.к. на открытых местах всходы ели повреждаются поздними весенними заморозками и страдают от перегрева и не могут конкурировать со светолюбивыми растениями. Первые два года гарь и на вырубках развиваются травянистые растения. Вскоре появляются всходы березы, осины, а иногда и сосны. Деревья вытесняют травянистую растительность и постепенно образуют мелколистный или сосновый лес. Только теперь возникают условия благоприятные для ели. Когда ель достигает верхнего яруса, она вытесняет все остальные лиственные растения.

При кедрово-пихтовой тайге процесс сукцессии имеет следующие временные периоды длительности и окончания фаз сукцессии особенности смены биомассы. 1)Пожар, 2)15-25 лет трава, луг, 3) 25-50 лет кустарники, 4) 75-100 березовый или осиновый лес, 5) 100-150 смешанный сосново-лиственный лес, 6) 125-175 сосновый лес, 7) 150-200 сосново-кедровый лес, 8) 200-250 кедрово-пихтовый лес.

Большой вклад растений в формирование сообщества вносят первичные продуценты еще благодаря тому, что они медленно разлагаются. Растения образуют не только биомассу, но и основную часть некромассы – мертвого органического вещества. Деревья способны накапливать в составе организма мертвое вещество, из которого состоит большая часть ствола и ветвей.

Растения на разных стадиях сукцессии характеризуются различными стратегиями роста и размножения.

Характеристика	Ранние стадии сукцессии	Поздние стадии сукцессии
Количество семян	Много	Мало
Размер семян	Мелкие	Крупные
Распространение семян	Ветром, прилипают к животным	Под действием силы тяжести, заглатываются животными
Выживаемость семян	Длительная, покоящиеся стадии в почве	Короткая
Соотношение количества корней и побегов	Низкое	Высокое
Скорость роста растения	Высокая	Низкая
Размеры растения в зрелом состоянии	Мелкие	Крупные
Теневыносливость	Низкая	Высокая

Климаксное сообщество – стабильное сообщество.

Климатический климакс – это сообщество к достижению которого направлено все развитие экосистемы в данном районе, находящееся в равновесии с общими климатическими условиями. Такое сообщество возможно там где физические условия не столь экстремальны. Там где рельеф, почва, водоемы, пожары, заболачивание и другие факторы препятствуют развитию климатического климакса, сукцессия заканчивается развитием **эдафического климакса**, который обусловлен в данном месте-районе главным образом характером почвы. Чем более экстремальны физические условия среды, тем больше вероятность того, что развитие экосистемы прекратится, не достигнув равновесия с климатом.

Катастрофический климакс – состояние экосистемы, которое возникает при периодически повторяющихся катастрофах – пожары, вредители и пр. Для существования такой экосистемы необходимы регулярно возникающие катастрофы.

Сукцессия – это циклический процесс, но цикличность изменений может быть весьма сложной в связи с наложением циклов различной продолжительности друг на друга. В некоторых случаях те или иные фазы цикла сохраняются неопределенно долго, в связи с чем процесс не выглядит циклическим.

Пример цикла – гарь зарастает мхами, пионерской травянистой растительностью, затем на смену приходит малина с другими кустарниками, затем березняк, затем неопределенно долго хвойный лес, который постепенно истощает почву, появляется покров сфагновых мхов (не нуждающиеся в почвенном минеральном питании), образуется на неопределенно долгий период верховое болото – тип болота с бедным минеральным питанием (зольность верхнего слоя менее 4%), формируется в условиях застаивания поверхностных вод. Обычно такое болото не связано с грунтовыми водами, существует за счет атмосферных осадков. Кроме мхов, растет вереск, голубика, клюква, багульник и пр. с болотными формами сосны, лиственницы, карликовых берез. При чрезмерном росте болота покров болота редет, открытая поверхность торфа начинает пылить, торф самовозгорающееся топливо, после пожара образуется гарь, обогащенная минеральными элементами, накопленными в мертвых остатках леса и в торфе и в итоге все начинается сначала.

Человек часто влияет на развитие экосистемы, мешая достижению климаксного состояния. Влияние человека на экосистему называют антропогенным субклимаксом – пример, чрезмерный выпас может породить пустынное сообщество, там где могла бы быть степь – климатический климакс.

В процессе сукцессии популяции организмов и функциональные связи периодически сменяют друг друга.

Эволюция экосистемы

Сукцессия – направленное, циклическое развитие экосистемы.

Эволюция экосистемы – длительный исторический процесс являющийся необратимым и не циклическим, при этом необратимо меняются и макро и микро характеристики системы. Понимание как происходит эволюция экосистем важно, т.к. это дает понимание существующего разнообразия живых организмов на нашей планете, смены флоры и фауны в ходе геологической истории Земли.

Эволюция биосферы – история жизни на Земле от зарождения жизни до наших дней.

Основой эволюции является - естественный отбор, действующий на видовом и более низком уровнях.

Коэволюция (взаимный отбор) – составная часть естественного отбора, т.е. взаимный отбор зависящих друг от друга автотрофов и гетеротрофов, отбор при котором не происходит обмен генами. Хищники будут увеличивать эффективность лова и поиска и поедания добычи, в ответ в популяции жертвы совершенствуются приспособления, позволяющие избежать уничтожения. Пример коэволюции служит связь между муравьями и одним из видов тропических акаций. Если искусственным путем удалить муравьев, то насекомые, которых обычно поедают муравьи, объедят все листья акации от чего она и погибнет. В сопряженную эволюцию может быть вовлечено не одно, а несколько звеньев пищевой цепи. Так бабочки-монархи способны накапливать в теле высокотоксичные сердечные гликозиды (яд), содержащиеся в растениях с млечным соком, которыми питаются их гусеницы. Тем самым они себя обеспечивают высокоэффективной защитой от насекомоядных птиц. При этом бабочка питается растениями, несъедобными для других насекомых и использует яд растений для защиты от хищников.

Групповой отбор – составная часть естественного отбора, естественный отбор в группах организмов, ведет к сохранению признаков, благоприятных для системы в целом, даже если они неблагоприятны для конкретных носителей этих признаков, ведет к устойчивости экосистем. Эволюция жертвы приводит к уменьшению энергии переносимой с одного пищевого уровня на другой, что повышает устойчивость экосистемы. Эволюция хищника приводит к возрастанию эффективности переноса энергии с одного пищевого уровня на другой и к снижению устойчивости экосистемы.

Эволюция экосистемы приводит к повышению устойчивости биотических сообществ. Так же как индивидуальное развитие организма кратко повторяет историческое развитие вида, к которому данный организм принадлежит, так и эволюция экосистем повторяется в их сукцессионном развитии. В процессе эволюции экосистем происходит увеличение их видового разнообразия, замыкаются биогеохимические циклы, ресурсы системы более менее равномерно распределяются по экосистеме и создаются препятствия для выхода ресурсов из экосистемы, усложняются формы при прогрессивном развитии.

В насыщенной, хорошо сбалансированной экосистеме эволюция встречает много препятствий:

- 1) экологические ниши плотно заполнены,
- 2) связи между группами сильные
- 3) Шансы проникнуть в такую экосистему имеют только более конкурентно способные виды, число которых весьма ограничено
- 4) Сбалансированность экосистемы сильно тормозит эволюцию

Наибольшая склонность к эволюции имеют крупные позвоночные животные, т.к. они обитают в нескольких экосистемах. Мелкие животные, наоборот, из-за высокой продуктивности играют большую роль в экосистеме, в отличие от крупных позвоночных и поэтому мелкие животные в зрелых экосистемах эволюционируют медленно, несмотря на большой потенциал к эволюции: высокая плодовитость, короткие жизненные циклы, частую смену поколений.

Типы эволюции зависят от крупномасштабных стрессов. Любой фактор, способный вывести экосистему из стабилизированного состояния, кладет начало более быстрым темпам эволюции. В качестве таких факторов могут выступать глобальные изменения климата, геологические процессы, массовая иммиграция при соединении материков, антропогенная деятельность и пр. На фоне разрушенных прежних связей происходит лавинообразное образование новых связей и новых видов. Микро эволюция накапливаясь в экосистемах, приобретает характер макро эволюции. Такой процесс занимает миллионы лет. Такими явлениями богата история земли, они называются экологическими кризисами. Пример, изменения происшедшие в биосфере в середине мелового периода, около 95-105 млн. лет назад. Цветковые растения появились значительно раньше, но не играли значительной роли в биосфере, но в отложениях мелового периода их обнаруживают в больших количествах, основной перелом произошел в течение 20 млн. лет в конце раннего и начале позднего меловых периодов. В позднем мелу экспансия покрытосеменных растений имеет глобальный характер. Одновременно идет процесс вымирания большого количества ранее многочисленных растений, в этот период идет процесс вымирания большого количества семейств насекомых, эти изменения не могли не сказаться на наземных позвоночных, так самая изученная группа животных – динозавры – число их сильно уменьшилось в середине мела, хотя их полное вымирание произошло позднее. Изменились рептилии – ящерицы, крокодилы, черепахи, змеи появились в позднем мелу. Возможно в мелу уже богато могли быть представлены птицы. Смена продуцентов на покрытосеменные привело к почти полной смене фауны. Смена фауны насекомых – следствие изменений в составе растительности: опыление, питание, создаваемый растениями микроклимат. Покрытосемянные растения изменили химический состав среды своего обитания и сделали его не пригодным для жизни многих организмов. Преобразованиям подверглись атмосфера, почва, водоемы. Смена растительности изменила сток рек, распределение почвенных вод, атмосферную циркуляцию, а через вариации содержания углекислого газа в атмосфере – на атмосферный баланс планеты. Покрытосемянные растения привели к тому, что начали образовываться новые сообщества, которые в начале были нестабильны и ненасыщенны. Незаполненные ниши и слабая конкуренция вызвали эволюционные преобразования и к появлению новых групп из уцелевших остатков прежней фауны. Скорость преобразований сначала небольшая, затем росла с ускорением вымирания древней фауны, а затем скорость вновь уменьшилась и результат тех преобразований сохранился до наших дней. Сведения о меловом кризисе дают возможность сделать выводы по проблемам связанным с охраной природы. Эффект, который произвел в экосистемах процесс внедрения покрытосемянных растений – это тот эффект которого стремится избежать человечество. Для выхода экосистем из состояния кризиса потребовалось более 30 млн. лет. Выводы: - распад экосистем происходит скачкообразно, - кризис приводит к эволюционным явлениям и возникновению новых групп организмов – происходит одновременная эволюция многих растений, животных и организмов. **Образуются новые организмы с новыми свойствами.** Эти свойства могут очень радикально отличаться от известных, например, в ходе мелового кризиса появились все общественные насекомые – термиты, муравьи, осы и пчелы, до этого насекомых с такими свойствами не существовало.

Хорологический аспект изучения экосистемы.

Хорология – наука об ареалах видов, родов, семейств растений и животных. Размеры, формы и пр. особенности ареалов.

Минимальным размером экосистемы является – луг, лес, поле, озеро и т.д.

Главная трудность - в определении границ экосистем.

Экотон – пограничная зона между экосистемами – может быть краткой и большой протяженности. Пример, лес – опушка леса – любимое место, где селится человек, если человек селится в лесу, то вырубает его, а в поле сажает деревья, меняя ландшафт. В случае резкого перехода от одной экосистемы к другой возникает зона напряжения. Иногда в экотон входят виды той и другой экосистем, а так же виды характерные только для экотона. Число видов и популяций иногда в экотоне больше, чем в экосистемах, рост разнообразия называется **краевым эффектом**.

Иерархия экосистемы

- 1) Биогеоценоз.
- 2) Биогеоценотический комплекс.
- 3) Ландшафт
- 4) **Биом** – совокупность видов растений и животных населяющих данный район главная наземная экосистема. Пример: главные типы наземной экосистемы: **тундра, лесотундра, тайга, смешанный лес, лиственный лес, лесостепь, степь, пустыня – соответствуют территории СССР.**
- 5) Биогеографическая область.
- 6) Экосистемы суши и океана.
- 7) Биосфера.

Жилая квартира, помещение административного или общественного здания, здание – это искусственно созданные экосистемы

Урбанизация и охрана биосферы

Урбанизация охватила все страны все страны без исключения на земле более 15 млн. человеческих поселений – городов, поселков, сел, деревень, хуторов. Происходит концентрация населения и промышленного производства в городах – как следствие экономической целесообразности.

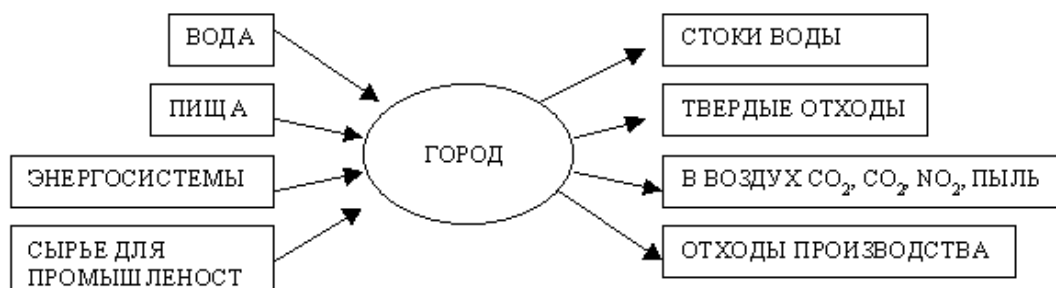
В 1800 г. в городах проживало 3% населения земли, в 1950 году в мире существовало только 2 города с населением более 8 млн. человек – Нью-Йорк и Лондон, к 2015 году таких мегаполисов станет около 33. В СССР в 1926 году городов с населением более 1 млн. человек было только 2 – Москва и Ленинград, а к концу XX века таких городов – 22.

На сегодняшний день в развитых странах доля городского населения составляет: ФРГ – 94%, Англия, Япония - 76%, США – 74%, СССР – 64%, Россия – 72%.

В год выбрасывается в окружающую среду до 3 млн. тонн твердых бытовых отходов, около 600 км³ стоков и более 1 млрд. тонн аэрозолей. К 1990 – в мире насчитывалось более 500 млн. автомашин. Города мира ежегодно выбрасывают в атмосферу 200 млн. тонн угарного газа (СО), более 50 млн. тонн.

На рисунке показано, какие ресурсы поступают в город, и что поступает из города в результате переработки поступивших ресурсов.

Появилась новая отрасль индустрии по очистке среды обитания человека от загрязнений и отходов. Вследствие урбанизации нарушилось экологическое равновесие. В экологическом отношении современный город – это совокупность противоречий, например, для защиты земель от загрязнений города необходимо уплотнить промпредприятия и жилые комплексы, но чтобы воздух был чище, и быстрее происходило рассеивание вредных примесей необходимо рассредоточенное расположение городских промышленных и жилых объектов. К 2000 г. жилые и инженерные сооружения мира заняли 15% от территории суши.



Применяется комплексное решение экологических проблем, например:

- 1) малоотходные технологии,
- 2) отходы производства преобразуются в удобрения для с/х,
- 3) тепловые потери от теплотрасс и зданий перераспределяются для обогрева теплиц, закрытых дворов.

Урбанизация и транспорт

Проблемы транспорта связаны со скоростями движения, для сокращения экологического загрязнения окружающей среды нужен рост скоростей до 200-300 и более км/ч, что повлияет на рост экономики, но требует капитальных затрат. Сегодня скорость в городе по норме должна быть около 60 км/ч, что определяется качеством и количеством дорог, уровнем безопасности и другими причинами, однако реальные скорости сегодняшнего транспорта значительно ниже и составляет трамвай и троллейбус – 15 км/ч, автобус – 15 км/ч, метро – 38 км/ч.

Урбанизация и шум

В городе имеет место шум от работающего оборудования промышленных предприятий от транспорта от строительных работ и пр. Кроме того, во время ремонта в жилых зданиях частенько работает мощная строительная техника. Соседи, как правило, изнемогают от этого порой очень мощного шума, который может распространяться на достаточно большое число квартир. Жить в соседних квартирах становится невыносимо, шум мешает всем. Шум является одним из неблагоприятных факторов в современных городах. Допустимый шум в жилых помещениях не должен превышать величину создаваемого звукового давления 40дБ днем и 30 дБ ночью, из этого исходят при проектировании зданий. Шум более 90 дБ вызывает постепенное ослабление слуха и нервно-психический стресс. При шуме 50дБ у людей нарушается сон, снижается концентрация внимания, а при уровне 65дБ появляются стрессовые реакции, высокие уровни шума значительно снижают производительность труда и могут приводить к росту кровяного давления в организме человека. Работа строительного оборудования может создавать шум более 90-100дБ.

Урбанизация и загрязнение водных ресурсов

Стоки от промышленных предприятий и бытовые стоки должны очищаться, а затем их сбрасывают в реки, а так как качество очистки не всегда высокого уровня или очистка может отсутствовать вообще, то реки загрязняются, только к концу 20 века очистке сточных вод в развитых странах уделяется большое значение. А в нашей стране очистке сточных вод уделяется еще не достаточное значение, например, бытовые и промышленные стоки не разделены, не хватает финансирования. Одна из отраслей экологии – это охрана водных ресурсов от загрязнений.

Твердые бытовые отходы

Современные большие и малые города со всех сторон окружены свалками твердых бытовых отходов, от производственных предприятий и от токсичных производств.

Каждый человек в индустриально развитых странах выбрасывает в день 2 кг мусора.

Свалки – большая проблема современных городов, наличие которых создают следующие проблемы:

- 1) загрязнение грунтовых и родниковых вод,
- 2) сложность сжигания без поглощения токсичных вредных веществ из продуктов сгорания.

Водоснабжение и водоотведение

Подземные источники водоснабжения – это самые защищенные природой от загрязнений техногенного происхождения, что ведет к активному использованию грунтовых вод. Защита поверхностных и грунтовых вод – это важнейшая общечеловеческая проблема.

Причины изменения качества окружающей среды

1. Влияние роста населения Земли

1 век н.э. – 200 млн. человек
 17 век – 500 млн. человек
 1850 г. – 1 млрд. человек
 1930 г. – 2 млрд. человек
 1976 г. – 4 млрд. человек
 1987 г. – 5 млрд. человек
 к 2100 г. – 10,5 млрд. человек

Вследствие роста населения земли обостряется взаимодействие общества и природы в глобальных масштабах. Важная проблема – это истощение природных ресурсов и загрязнение окружающей среды.

2. Рост материального производства

Если за 100 лет численность населения выросла в 3 раза, то рост производства увеличился 61 раз.

Только от 1 до 10 % используемых ресурсов превращаются в готовые изделия, а 90-99% - это отходы энергосистем, вторичное сырье и отходы.

Бесконечный рост материального производства связан с бесконечным совершенствованием сферы потребления и с философией потребительского отношения к природе и обществу (экономический принцип товар – деньги - товар – все стало товаром), масштабы освоения человеком природы многократно превосходят деятельность человека по духовному самосовершенствованию, что является причиной нарастающего экологического

кризиса. Экологический кризис может привести к окончанию эры царствования человека, а создаваемый активно искусственный интеллект в виде роботов заменит человека.

Этапы обмена веществ между обществом и природой.

- 1) Поиск и разведка ресурсов – воздействие на среду незначительно.
- 2) Промышленное освоение месторождений природных ресурсов - отсутствие очистных сооружений, изменение ландшафтов, нерудная часть полезных ископаемых не используется.
- 3) Производство ресурсов – соленые шахтные воды, склады пустой породы, загрязнение поверхности и пр.
- 4) Потребление ресурсов - загрязнение окружающей среды, отходы, вторичное сырье,
- 5) Возврат минеральных и энергетических отходов производства и потребления необходимо включить в круговорот природных ресурсов – регулируется человеком.
- 6) Сбор и использование вторичного сырья.
- 7) Возобновление материальных и энергетических ресурсов - естественный и искусственный способы.

К сожалению, общество хотело и хочет сейчас отложить выполнение природоохранных мероприятий на более поздний срок по экономическим соображениям. Производитель товаров не заинтересован в увеличении экологических издержек производства. Поэтому необходимо принимать законы по защите окружающей среды, на основе которых проводить взыскание экологических издержек с производителей, что является стимулом для совершенствования технологий в сторону малоотходности.

Энергетика и охрана биосферы

Для развития промышленности необходим опережающий рост энергетики. Энергия необходима для очистки от загрязнений среды обитания, для восстановления и обновления природных ресурсов, при этом энергетика сама является источником наибольших загрязнений и не малоопасных.

Энергопотребление состоит из:

- 1) электропотребления,
- 2) теплопотребления,
- 3) топливопотребления.

Энергопотребление выражают в тоннах условного топлива (т.у.т.).

90% энергии расходуют промышленные города.

В выработке энергии используют энергоресурсы:

- уголь 27%,
- газ 18%,
- нефть 37%,
- биотопливо 15%.

Сжигание углеродсодержащего топлива приводит к сильному загрязнению атмосферы.

Теплоэнергетика поставляет в атмосферу 50% загрязнений. Например, в 1990 г. в СНГ добывали 600 млн. тонн нефти и 800 млн. тонн угля – в них содержится 1-2% серы, в результате сжигания образуются оксиды серы, а при взаимодействии с водой серная кислота в колоссальных количествах – около 50-70 млн. тонн/год. При сжигании топлива в окружающую среду поступают множество металлов: уран, никель, кобальт, кадмий и др.

КПД преобразованной одного вида энергии в другой:

- химическая в тепловую - 88%,
- тепловая в механическую - 42%,
- механическая в электрическую - 98%,

- химическая в электрическую - 36%.

При производстве 25% энергии теряется, сегодня полезное использование энергоресурсов равно 20%.

На одну полезную калорию тепла приходится 3-4 калории, которые сбрасываются в окружающую среду, что показывает экологическую невыгодность обратного превращения электрической энергии в тепловую для целей отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Проблему могут решить, например, атомные станции, а в будущем термоядерные, т.к. 100 тонн угля или 53 тонны мазута заменяют 33 г. урана или 4,5г тяжелого водорода. Из-за возможного перегрева планеты нельзя превышать предел развития энергетики, равный 5% от поступающей солнечной энергии на землю.

Аварии на АЭС, дороговизна добычи, транспортировки, хранения и утилизации радиоактивных материалов затрудняют развитие атомной энергетики. Растет использование экологически чистых энергоресурсов: солнечной энергии, энергии ветра, и пр. 1 т соломы дает 350-500 м³ биогаза (метана), 1м³ метана ~ 0,9 л жидкого топлива.

Парниковый эффект – благодаря росту СО₂ в атмосфере затрудняется выход тепла от земли в космос, что ведет к росту температуры воздуха на земле, оттаивает вечная мерзлота и высвобождается метан – газ способствующий парниковому эффекту.

По прогнозам ученых к 2100 г. на земле средняя температура вырастет на 4°C, уровень мирового океана вырастет на 1м и вода затопит большие территории, 100 млн. человек будут вынуждены переселиться на другие земли. Для России (Северной части страны) потепление полезно для улучшения эффективности с/х. Для предотвращения парникового эффекта необходимо посадить на земле 20 млрд. деревьев. Экономия энергии важна для сохранения жизни на земле.

Охрана атмосферного воздуха.

Одна из важнейших экологических проблем – это загрязнение атмосферы.

Вредные примеси, поступающие в атмосферу, можно разделить на 3 группы:

- твердые частицы пыли;
- аэрозоли активных химических веществ кислотного или щелочного характера;
- органические вещества.

Транспорты и промышленность – основные источники загрязнения.

Проблемы озонового слоя атмосферы

От избыточного количества озона снижается урожайность на 12%, источники озона – транспорт и энергетические установки.

Диоксид серы

Диоксид серы – это источник кислотных дождей, что загрязняет водоемы, разрушает почву. Сернистый газ разрушает хвойные деревья, нарушает работу дыхательных путей человека, вызывает коррозию металлов и строительных конструкций.

Источник диоксида серы – энергетика, черная и цветная металлургия и другие промышленные объекты.

Диоксид азота

Получается при окислении азота в процессе горения при производстве энергии и в ДВС. Влияет на качество почвы, образуя кислотные осадки.

Пыль

Происходит от производства строительных материалов, от производственных процессов. Загрязняет воздух, почву, разрушает здоровье.

Диоксид углерода

От сжигания углеродсодержащего топлива. Приводит к парниковому эффекту.

Нормирование загрязняющих примесей

Примеси в атмосфере нормируются на основе ПДК мг/м³. При одновременном присутствии примесей вредных веществ однонаправленного действия должно удовлетворять условию:

$$\Sigma(C_i/\text{ПДК}_i) \leq 1$$

В США имеет место рыночный механизм по охране атмосферы. Нормы выбросов пересматривают каждые 10 лет в сторону уменьшения. Предприятия, которые достигли совершенства в сокращении выбросов могут продать возникшую разницу в массах выбросов любому предприятию или агентству охраны природы. Предприятие, имеющее худшие показатели, вынуждено покупать право на дополнительный выброс, что вызывает проблему со стоимостью товаров.

Экологический мониторинг

Мониторинг – это системы повторных наблюдений, контроля и оценки состояния одного или более элементов природной среды по заранее подготовленной программе.

Цель – выявление и прогнозирование изменений состояния биосферы, происходящих под влиянием человеческой деятельности.

Направление мониторинга:

- наблюдение за факторами, воздействующими на окружающую природную среду,
- оценка фактического состояния природной среды,
- прогноз состояния природной среды.

Приоритет по мониторингу проводится за диоксидом серы, канцерогенными веществами, тяжелыми металлами.

Искусственные спутники земли могут решать вопросы экологического мониторинга.

Технология и техника обезвреживания пылевых и газовых выбросов в атмосферу **Классификация методов очистки воздуха**

1. Пассивные – это устройство труб определенной высоты, рассеивание вредных веществ, которые попадают в воздух, в воду и в почву.
2. Активные – концентрирование с последующей переработкой или захоронением, что требует наличия очистных сооружений, совершенствования технологий и оборудования.

Исходные данные для проектирования очистных сооружений:

- Расход загрязненного воздуха, давление и температура,
- Состав и свойства частиц,
- Цель очистки,
- Уровень потребления воды, реагентов, энергии.

Источники загрязнений, свойства пыли и способы ее улавливания

Источники загрязнений

1. Промышленные предприятия – химические, нефтехимические, металлургические заводы – 15-20%;
2. Теплогенерирующие установки теплоэлектростанций, котельные – 60%;
3. Автотранспорт – 20-25%
4. Причина загрязнения воздуха – несовершенство технологического оборудования на производствах.

Вредные вещества и их воздействие на организм

Аэрозоли различного происхождения – пыль, туман, дым, органические и неорганические химические соединения – CO , SO_2 , CO_2 , H_2S , NO_2 , бензол, толуол, эфиры, спирты и пр.

Вредные вещества поступают в организм человека через:

- легкие человека имеют площадь $90\text{-}100\text{ м}^2$,
- желудок,
- кожу.

Общая характеристика вредных веществ

- Пыль и аэрозоли оказывают механическое воздействие на органы дыхания, химическое и бактериологическое воздействие на организм человека

5 мкм и меньше - проникают к альвеолам

5-10 мкм и более – задерживаются в верхних дыхательных путях.

Пыль влияет на органы дыхания, зрение, кожу, на пищеварительный тракт.

Пыль приводит к коррозии технологического оборудования.

- CO – угарный газ – без запаха – вызывает удушье, соединяется с гемоглобином крови.
- Цианиды – нарушает поступление кислорода в кровь (имеет место на производстве каучука, органического стекла и пр.)
- H_2S – сероводород – поражает центральную нервную систему;
- NO ,
- Бензол
- Тяжелые металлы

ГОСТ 12.1.005-88 – в данном документе даны ПДК более 1300 вредных веществ

Последствие загрязнения воздушной среды.

- Санитарно-гигиенические – неблагоприятное влияние на здоровье человека,
- Экологические - неблагоприятное влияние на природу,
- Экономические – материальные потери в экономике до 3-5% от загрязнения окружающей среды.

Количество пыли от металлургического завода:

1 км – 3000 мг/м^2 за 24 часа

4км – 900 мг/м^2 за 24 часа

Сокращение солнечной радиации:

В запыленном воздухе затруднено проникание солнечного света:

При $0,1\text{ мг/м}^3$ – до 10%,

При 1 мг/м^3 – до 55% .

Запыленный воздух разрушает строительные конструкции зданий, сооружений, памятников культуры.

Пыль и ее свойства

Аэрозоль – до 100, 200, 500 мкм – взвешенное состояние, дисперсная система. Дисперсная система состоит из дисперсной среды – воздуха и дисперсной фазы – твердые или жидкие частицы. Дисперсные аэрозоли получают при измельчении (диспергировании) твердых или жидких веществ. Конденсационные аэрозоли – конденсация насыщенных паров или газовые реакции. Пыль – аэрозоли, состоящие из твердых частиц (дисперсионные аэрозоли). Туман – газообразная среда состоящая из жидких частиц (конденсационные аэрозоли). Дым – среда, состоящая из твердых и жидких частиц (совокупность конденсационных и дисперсных аэрозолей). Большая часть аэрозолей состоят из частиц разного размера и являются полидисперсными. Монодисперсные аэрозоли – это применяемые для калибровки пылеизмерительных приборов. Пыль бывает естественного и промышленного происхождения. Естественное происхождение пыли – это эрозия почвы, песчаные бури, пылящие горные породы и пр. Промышленная пыль бывает: органическая пыль – растительного и животного происхождения; неорганическая пыль – минерального и металлического происхождения. Часто бывает, что имеет место смесь пыли – органическая и неорганическая, Минеральная и металлическая. Получить точную информацию о пыли необходимо для выбора наиболее эффективного метода очистки.

Основные свойства пыли

Отбор проб пыли из газового потока

Существуют два способа для отбора проб пыли из газового потока:

1. Внешней фильтрации – используют закрытый аллонж с фильтром, расположенным вне воздуховода.
2. Внутренней фильтрации - используют открытый аллонж с фильтром, расположенным в воздуховоде.

При отборе проб пыли необходимо, что бы скорость воздуха в воздуховоде была равной скорости воздуха во входном отверстии пылеотборного устройства (изокинетичность).

При размерах пыли менее 5 мкм точное соблюдение изокинетичности не требуется.

Дисперсность пыли.

Дисперсность – это степень измельчения вещества.

Дисперсный состав – распределение частиц пыли по размерам в процентном соотношении.

Дисперсность определяет свойства пыли, так как при измельчении вещества многократно растет его суммарная поверхность.

Тело размером $20 \times 10 \times 10$ мм имеет поверхность 600 мм^2 , а если его разделить на кубики размером 1 мм, то оно станет иметь суммарную поверхность 6 м^2 , т.е. увеличиться в 10000 раз.

Увеличенная площадь приводит к росту физической и химической активности, т.е. быстрее растворяется и окисляется.

Пыль поглощает влагу, пары кислот и щелочей – это приводит к изменению свойств пыли по сравнению с исходным материалом (до измельчения).

Мелкодисперсная пыль оседает медленнее, чем крупнодисперсная, а сверхмелкодисперсная пыль не оседает никогда.

Эффективность пылеулавливания зависит от учета дисперсности при подборе оборудования.

Отбор проб пыли проводят на прямолинейных круглых вертикальных участках воздухопроводов длиной 8-10 диаметров со скоростью воздуха не менее 4 м/с, пробы отбирают в различных

сечениях, разбив его на равновеликие кольца радиусами R_0 , $R_0 \times 0,914$, $R_0 \times 0,707$, $R_0 \times 0,409$, при прямоугольном сечении воздуховода его сечение разбивают на клетки размером 150×200 мм, проделывают на воздуховоде отверстия приваривают штуцера, закрываемые крышками.

Дисперсный состав определяют в лаборатории, а так как частицы имеют неправильную форму, то размер по диаметру определяют по размерам ячеек сита, по наибольшему линейному размеру.

Эквивалентный диаметр – это диаметр шара, объем которого равен объему частицы.

Седиментационный диаметр – это диаметр шара, скорость оседания и плотность которого равна скорости оседания и плотности частицы шарообразной формы.

Интервал дисперсности от 10^{-7} до 10^{-1} см.

Диапазон размеров частиц разбивают на фракции.

Фракция – частицы размером одного интервала шкалы: 1-1,3-1,6-2-2,5-3,2-4-5-6-8-13-16-20-25-32-40-50-63 мкм.

Методы определения дисперсного состава пыли.

Выбор метода зависит от требуемой точности, вида пыли и др.

- Ситовый анализ – используется набор сит с отверстиями различного размера.
- Седиментометрия – осаждают пыль в жидкой или газообразной среде.
- Микроскопический анализ - с помощью оптического или электронного микроскопа – трудоемок.
- Центробежная сепарация - разделение на фракции с помощью центробежных сил, не применяется для слипающей и волокнистой пыли.
- Фотоэлектрический метод – экспресс анализ от 1 до 300000 частиц в литре воздуха при их размерах 0,4-10 мкм, точность $\pm 20\%$.

Согласно ГОСТ 12.2.043-80 – пыль разделена на 5 групп:

1. наиболее крупнодисперсная пыль;
2. крупнодисперсная пыль;
3. средне дисперсная пыль;
4. мелкодисперсная пыль;
5. наиболее мелкодисперсная пыль;

Плотность частиц пыли.

Истинная плотность пыли – это масса единицы объема вещества, из которого образована пыль.

Кажущаяся плотность пыли – это масса единицы объема пыли с объемом пор.

Насыпная плотность пыли – это масса единицы объема уловленной пыли свободно насыпанной в емкость.

Удельная поверхность пыли.

Площадь поверхности всех частиц (м^2) отнесенная к объему (м^3) или массе (г).

От удельной поверхности зависят многие свойства пыли, например, горение пылевидного топлива, прочность бетона.

Определяют удельную поверхность пыли на основе метода, основанного на зависимости воздухопроницаемости от слоя пыли при постоянном или непостоянном расходе воздуха.

Слипаемость пыли.

Взаимодействие пылевых частиц между собой называют **аутогезией** (слипаемость) на основе молекулярных, электрических и капиллярных сил.

Аутогенное воздействие – образование конгломератов пыли.

Адгезия – взаимодействие пыли с поверхностью.

Устойчивая работа пылеулавливающего оборудования зависит от слипаемости пыли.

Показатель слипаемости показывает прочность пылевого слоя на разрыв в Па, по которому пыль делится на четыре группы:

1. неслипающаяся < 60 Па,
2. слабослипающаяся 60-300 Па,
3. среднеслипающаяся 300-600 Па,
4. сильнослипающаяся > 600 Па

Для влажной пыли степень слипаемости должна быть увеличена на один уровень. Слипaeмость возрастает с уменьшением размера частиц.

Сыпучесть пыли.

Сыпучесть пыли характеризует подвижность частиц пыли относительно друг друга и их способность перемещаться под действием внешней силы.

Сыпучесть зависит от размера частиц, влажности и степени уплотнения.

Сыпучесть используется для определения угла наклона стенок бункеров, применяющихся для накопления пыли.

Статический угол естественного откоса (угол обрушения) – это угол образующийся при обрушении слоя при удалении подпорной стенки.

Динамический угол естественного откоса образуется при падении частиц на плоскость с образованием конуса.

Статический угол больше динамического.

Гигроскопичность пыли.

Данное свойство характеризует способность пыли поглощать влагу из воздуха, что влияет на электропроводимость, слипаемость и сыпучесть пр.

Зависимость между влажностью воздуха и пыли характеризует изотерма сорбции, что необходимо для определения поведения пыли в оборудовании.

Гигроскопичную влагу определяют путем высушивания пыли до постоянной массы путем нагревания.

Смачиваемость пыли.

Эффективность улавливания пыли повышается при смачивании пыли водой (мокрое пылеулавливание, мокрая пылеуборка производственных помещений).

Смачиваемость пыли определяют методом пленочной флотации, который заключается в следующем: в сосуд с дистиллированной водой помещают навеску пыли и определяют количество затонувшей пыли.

Плохая смачиваемость при $< 3\%$

Средняя смачиваемость – $30-80\%$

Хорошая $> 80\%$

Абразивность пыли.

Абразивность пыли – это способность пыли вызывать истирание стенок конструкций и аппаратов от потока пыли – зависит от твердости и плотности вещества, размера частиц, формы частиц и скорости потока.

Коэффициент абразивного износа определяется по формуле:

$$K_a = V \times \Delta G,$$

Где V – постоянная прибора,

ΔG – потеря массы образца в кг.

Электрические свойства пыли.

Удельное электрическое сопротивление пыли характеризует электрическую проводимость слоя пыли.

По величине удельного электрического сопротивления пыль подразделяется на три группы:

Хорошо проводящая пыль $< 10^2 \text{ Ом} \times \text{м}$

Пыль со средней проводимостью $10^2-10^9 \text{ Ом} \times \text{м}$

Высокоомная пыль $> 10^9 \text{ Ом} \times \text{м}$

Электрические свойства пыли зависят от поверхностной и объемной проводимости. Поверхность отличается от основной массы вещества, так как на ней адсорбируются влага и газы. При повышении температуры растет энергия электронов и повышается объемная проводимость.

Зная зависимость температуры на сопротивление пыли, воздействуют на проводимость пыли для увеличения эффективности пылеуловителей.

Удельное электрическое сопротивление так же зависит от химического состава, размеров и упаковки частиц.

Электрический заряд пылевой частицы может иметь один или несколько электрических зарядов или быть нейтральной.

Соотношение количества частиц, имеющих положительный, отрицательный заряды, или являющихся нейтральными определяет суммарный заряд системы.

Пылевые частицы получают заряд, в момент образования, находясь во взвешенном состоянии при взрыве, от взаимного трения, при трении о воздух, при адсорбции ионов при нахождении в ионизированной среде, что является основным. Получившие заряд частицы могут его отдать, при этом нейтрализуясь. Электрические свойства пыли сильно влияют на устойчивость аэрозоля и на характер воздействия на человека. Заряженные частицы в 2 раза труднее выводятся из организма по сравнению с нейтральными частицами.

При взрыве может образоваться заряд статического электричества, который образуется от совокупности частиц каждая из которых несет заряд, что делает необходимым производить заземление технологического оборудования, воздухопроводов, труб.

Часто не металлические частицы заряжены положительно и металлические частицы отрицательно.

Заряженные частицы ведут себя по закону Кулона, т.е. одинакового знака притягиваются и разного знака отталкиваются.

Горючесть и взрываемость пыли.

Смесь пыли с воздухом образует взрывопожароопасную смесь.

Горение – это физико-химический процесс с выделением тепла и света.

Возгорание – это начальная стадия горения, происходит от источника зажигания.

Воспламенение – возгорание с появлением пламени.

Самовозгорание – это возгорание при отсутствии источника зажигания может иметь тепловую, химическую и микробиологическую природу.

Нижний концентрационный предел распространения пламени г/м^3 по пылевоздушным смесям – это минимальное содержание пыли в воздухе, при котором происходит взрыв.

Верхний концентрационный предел распространения пламени г/м^3 по пылевоздушным смесям – это максимальное содержание пыли в воздухе, при котором взрывообразование прекращается из-за нехватки кислорода.

Между нижним и верхним пределами концентрация пыли носит взрывоопасный характер.

Нижний предел определяется химическим составом пыли и ее дисперсностью.

Рост влажности пыли уменьшает взрывопожароопасность.

Повышение скорости движения пыли до 5 м/с повышает нижний предел взрывоопасности в 2-3 раза.

ГОСТ 12.032-81 – методы определения нижнего предела взрывоопасности пыли.

По ГОСТУ определены 4 класса взрывопожароопасности пыли.

1. Наиболее пожароопасная пыль при нижнем пределе до 15 г/м^3 ,
2. Взрывоопасные пыли $15-25 \text{ г/м}^3$,
3. Наиболее пожароопасные пыли имеют температуру воспламенения до 250°C ,
4. Пожароопасные пыли с температурой воспламенения более 250°C .

Коагуляция пыли (агрегирование, коагуляция).

Коагуляция пыли – это укрупнение пыли при взаимодействии от различных физических факторов – в этом процессе главное влияние оказывают молекулярные и электрические силы.

Для обеспылевания воздуха коагуляция очень полезна.

Частицы слипаются при столкновении, при действии гравитационных сил, сил инерции, броуновского движения, от взаимного притяжения и пр.

Процесс коагуляции усиливается при росте количества мелких частиц и при росте концентрации пыли.

Естественная коагуляция происходит под действием естественных сил.

Искусственная коагуляция происходит под действием ионизации, акустической обработки, которые увеличивают процесс коагуляции во много раз.

Вопросы для самоконтроля.

1. Свойства пыли.

2. Источники образования пыли.
3. Методы определения дисперсности пыли.
4. Дисперсность пыли.

Теоретические основы очистки воздуха от пыли

Гравитационное осаждение происходит под действием силы тяжести

Соппротивление среды по закону Ньютона

$$F_c = \zeta_{\text{ч}} \times S_{\text{ч}} \times \frac{v_{\text{ч}}^2 \times \rho_{\text{г}}}{2}$$

$S_{\text{ч}}$ - площадь поперечного сечения частицы, м^2 ,

v - скорость частицы кг/м^3 ,

$\zeta_{\text{ч}}$ - аэродинамический коэффициент сопротивления частицы

$$\zeta_{\text{ч}} = f(\text{Re})$$

$$\text{Re} = \frac{v_{\text{ч}} \times d_{\text{ч}} \times \rho_{\text{г}}}{\mu_{\text{г}}}$$

$\mu_{\text{г}}$ - динамическая вязкость воздуха, $\text{Па}\cdot\text{с}$,

$d_{\text{ч}}$ - диаметр частицы.

При $\text{Re} \leq 2$ ламинарное движение

$$\zeta_{\text{ч}} = 24 / \text{Re}$$

При $10^{-3} \leq \text{Re} \leq 1$ по закону Стокса сила сопротивления движения частицы равна

$$F_c = 3\pi \times \mu_{\text{г}} \times d_{\text{ч}} \times v_{\text{ч}}$$

По закону Стока при ламинарном движении частиц сила сопротивления движения частицы для частиц 0,2 – 2 мкм равна

$$F_c = 3\pi \times \mu_{\text{г}} \times d_{\text{ч}} \times v_{\text{ч}} / C_k$$

C_k - поправка Кенингема $90 \div 1 = f(d_{\text{ч}})$

Броуновское движение происходит от ударов молекул частиц малых размеров 0,5 мкм и ниже, перемещение частиц в броуновском движении по Эйнштейну равно

$$\Delta X = \sqrt{2 \times D_{\text{ч}} \times T_{\text{г}}}$$

$D_{\text{ч}}$ - коэффициент диффузии частицы, $\text{м}^2/\text{с}$

$T_{\text{г}}$ - абсолютная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$

Если частица шарообразная, то вводится динамический коэффициент формы, который умножается на аэродинамический коэффициент сопротивления частицы $\zeta_{\text{ч}} \times \alpha$

α - динамический коэффициент формы, $\alpha=1$ при шаровой форме, $\alpha=5$ при пластинчатой форме,

$$\alpha = d_{\text{эк}}^3 / d_{\text{ч}}^3$$

$d_{\text{эк}}$ - эквивалентный диаметр частицы, равный диаметру шара, объем которого равен объему частицы, м

В движении частицы, осаждающейся под действием силы тяжести в неподвижной среде, различают три стадии: продолжительность которых очень мала:

1. начальный момент падения,
2. движение с увеличением скорости,
3. движение с постоянной скоростью.

Скорость воздуха в восходящем потоке, при которой скорость частицы равна нулю, называется скоростью витания частицы.

Постоянная скорость осаждения частицы в неподвижном воздухе равна её скорости витания.

Скорость витания важна для аспирации, пневмотранспорта, пылеуловителей, работающих на принципе гравитации.

Центробежное осаждение частиц - это более эффективный метод, чем гравитационное осаждение, т.к. центробежная сила во много раз больше чем сила частицы.

$$F_{ц} = m_{ч} \times \frac{v_{\omega}^2}{r}$$

$m_{ч}$ - масса частицы, кг

v_{ω} - скорость вращения потока вокруг неподвижной оси, м/с

r - радиус частицы

Скорость осаждения частицы

$$v_c = \frac{d_q^2 \times \rho_r \times v_{\omega}}{18 \times \mu_r \times r}$$

при равенстве $v_{ч}=v_c$ разделив скорость движения частицы на скорость осаждения частицы получаем критерий Стокса, который характеризует режим осаждения частиц.

$$St = \frac{d_q^2 \times \rho_q \times v_{\omega}}{18 \times \mu_r \times r}$$

Существует два принципиальных конструктивных решения:

1. Пылегазовый поток вращается в неподвижном корпусе аппарата — циклон,
2. Поток движется во вращающемся аппарате — ротационный пылеуловитель.

Инерционное осаждение, при котором движущийся в одном направлении запылённый поток изменяет направление движения. Движущиеся с большой скоростью частицы стремятся сохранить первоначальное направление движения и оседают.

Активность осаждения частиц характеризует критерий Стокса, который получен как соотношение сил инерции и сил сопротивления среды.

$$St = \frac{d_q^2 \times \rho_q \times v_q}{\mu_r \times L}$$

L - геометрическая характеристика аппарата, м.

Осаждение частиц в электрическом, поле при котором происходит зарядка частиц и осаждение под действием электрического поля.

В обычных условиях большая часть молекул газа нейтральна.

Факторы, влияющие на рост заряженных молекул:

1. сильный нагрев,
2. радиоактивное излучение,
3. трение,
4. бомбардировка электронами и ионами и др.

Если между электродами создается электрическое поле, то носители зарядов — ионы и электроны получают значительное ускорение и при столкновении с молекулами происходит их ионизация — **ударная ионизация**.

Пространство около коронирующего электрода называется коронирующей областью - здесь происходит ударная ионизация. При коронном разряде имеет место выделение озона и окислов азота. Процесс ионизации носит лавинообразный характер. Частицы получают заряд и перемещаются к электродам, оседая на них. Закон взаимодействия электрических зарядов характеризует закон Кулона.

$$F = k_1 \times \frac{q_1 \times q_2}{r^2}$$

q_1, q_2 - величины взаимодействующих зарядов,

r - расстояние между зарядами, м.

$k_1 > 0$ - коэффициент пропорциональности, который зависит от электропроводящих свойств среды.

$$F = \frac{q_1 \times q_2}{4\pi \times \varepsilon_0 \times \varepsilon \times r^2}$$

ε_0 - электрическая постоянная равная $8,85 \times 10^{-12} \text{ Кл}^2/(\text{Н} \times \text{м}^2)$,

ε - относительная диэлектрическая проницаемость среды, для вакуума $\varepsilon = 1$.

Характеристикой электрического поля является напряжённость электрического поля E .

Коронный разряд возникает при напряжённости электрического поля, равной $E_{кр}$ — критическое напряжение.

Для отрицательной полярности электрода

$$E_{кр} = 3,04 \times (\beta + 0,0311 \times \sqrt{\beta / r}) \times 10^6$$

β - отношение плотности газа в рабочих условиях к плотности газа в стандартных условиях ($t = 20^\circ \text{C}$, $P = 1,013 \times 10^5 \text{ Па}$)

$$\beta = \frac{B \pm P_r \times (273,15 + 20)}{1,013 \times 10^5 \times (273,15 + t)}$$

B - барометрическое давление, Па,

P_r - величина разряжения или абсолютное давление газов, Па,

t - температура газов, $^\circ \text{C}$,

r - радиус коронирующего электрода.

Предельный заряд частиц диаметром более 1 мкм и с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2,5$ равен

$$q_{пред} = n \times e = 0,19 \times 10^{-9} \times r^2 \times E$$

e - величина элем заряда $1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл}$,

n - число элементарных зарядов,

r - радиус частицы, м,

E - напряженность электрического поля, В/м,

гипс $\varepsilon = 4$; окисленный металл $\varepsilon = 12-18$, металлы $\varepsilon = \infty$

Если $\varepsilon \neq 2,5$, то $q_{пред} \times D_{\varepsilon=m} / D_{\varepsilon=2,5}$

$$D = 1 + 2 \times (\varepsilon - 1) / (\varepsilon + 2)$$

При $\varepsilon = 2,5$ $D = 1,66$, $\varepsilon = 1$ $D = 1$

Скорость движения частиц пыли более 1 мкм в электрическом поле, м/с.

$$v_d = \frac{10^{-11} \times E^2 \times r}{\mu_r}$$

r - радиус частицы, м,

E - напряжение электрического поля, В/м

μ_r - динамическая вязкость газа, Па·с.

для частиц менее 1 мкм верна следующая формула

$$v_d = \frac{0,17 \times 10^{-11} \times E^2 \times r}{\mu_r}$$

Степень эффективности очистки воздуха в электрофилтре может быть определена по формуле

$$\eta = 1 - \exp(-v_d \times f)$$

f - удельная поверхность осаждения электродов для осаждения на 1 м³/с очищаемого газа, м².

Фильтрация через пористые материалы — это пропуск аэрозоля через фильтровальные перегородки, пропускающие воздух, но задерживающие аэрозольные частицы.

Процесс фильтрации можно представить как движение частиц вблизи цилиндров из волокнистого материала, расположенных поперек потока, движение воздуха безвихревое.

Задерживаются частицы силами межмолекулярного взаимодействия, а расстояние между цилиндрическими волокнами в 5-10 раз больше размеров частиц.

При фильтрации через пористые материалы имеют место следующие явления:

- сетевой эффект,
- инерционное столкновение,
- броуновская диффузия,

- касание,
- гравитационные силы,
- электрические силы.

Главное при фильтрации это столкновение с волокнами и нитями фильтровального материала. Вероятность столкновения частиц пыли с волокнами фильтровального материала определяет критерий Стокса.

$$St = \frac{d_q \times \rho_q \times v_{\Gamma} \times C_k}{18 \times \mu_{\Gamma} \times d_{\phi}}$$

d_q - диаметр частицы, м

ρ_q - плотность частицы кг/м³,

d_{ϕ} - диаметр волокна фильтровального материала, м

v_{Γ} - скорость газового потока, м/с

μ_{Γ} - динамическая вязкость, Па·с

C_k — поправка Кенингема для частиц диаметром близком к длине свободного пробега молекул газа (при $d_q=0,003$ мкм $C_k = 90$, при $d_q=0,03$ мкм $C_k = 7,9$, при $d_q=0,1$ мкм $C_k = 2,9$, при $d_q=1$ мкм $C_k = 1,16$).

Чем St выше, тем выше вероятность столкновения частиц с поверхности фильтруемого материала (90% при $St = 7$)

ε_{ϕ} - эффективность осаждения частиц при броуновском движении при $t_{\text{потока}} < 100^\circ\text{C}$.

$$\varepsilon_{\phi} = \frac{1,35 \times 10^{-2}}{\sqrt{v_{\Gamma} \times d_q \times d_{\phi}}}$$

$\varepsilon_{\varepsilon}$ - эффективность осаждения под действием электрических сил.

$$\varepsilon = \frac{\kappa_{\varepsilon} \times E \times d_q^2}{6 \times v_{\Gamma} \times \mu_{\Gamma} \times d_{\phi}}$$

E — напряженность электрического поля вокруг волокна В/м

κ_{ε} — коэффициент, учитывающий диэлектрические свойства пыли

При отложении частиц на фильтровальном материале растет гидравлическое сопротивление слоя осевшей пыли, которое можно определить по формуле Козени-Кармана, Па:

$$\Delta P = \kappa_c \frac{\mu \times v_{\Gamma} \times G \times (1 - m \times n)}{d_q^2 \times m_n^3 \times \rho_q}$$

$\kappa_c=240$ для $d_q < 6$ мкм,

m_n - пористость пыли слоя,

$m_n = (\rho_q - \rho_n) / \rho_q$,

ρ_n - плотность насыпного слоя, кг/м³,

ρ_q - плотность частиц, кг/м³,

G - масса пыли в порах фильтровального материала кг/м², на единицу площади,

d - диаметр частиц.

Для тонких фракций гидравлическое сопротивление сильно увеличивается.

Мокрая очистка

Мокрые аппараты для обеспыливания газов бывают:

- 1 с распылением жидкости,
- 2 барботажные,
- 3 пенные,
- 4 плёночные.

Осаждение частиц на каплях — распространенный способ обеспыливания газов.

При обтекании шаровой капли траектория газа и частиц пыли расходятся вследствие сил инерции.

При $St \geq 0,1$

Эффективность осаждения частиц пыли на каплях определяют по формуле

$$\varepsilon_{st} = \frac{St^2}{(St + 0,125)^2}$$

В зависимости от диаметра частицы кроме инерции работают силы электрические и броуновское движение.

Термофорез — это отталкивание частиц нагретыми телами.

Неровно нагретые частицы в газе приводит к слипанию частиц.

От более нагретой стороны частицы отлетают сильнее, чем от менее нагретой.

Частицы оседают на наружной стене за отопительным прибором.

Вопросы для самоконтроля.

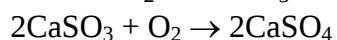
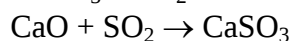
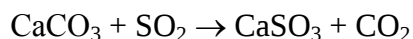
1. Инерционное осаждение пыли.
2. Гравитационное осаждение пыли.
3. Электрическое осаждение пыли.
4. Мокрая пылеочистка.
5. Фильтрация через пористые материалы.

Аппараты для обеспылевания воздуха:

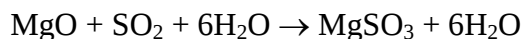
1. Механические обеспыливающие устройства – в этих устройствах очистка происходит под действием сил тяжести, инерции, центробежных сил, трения. К этой группе аппаратов относятся:
 - Осадительные камеры,
 - Инерционные пылеуловители,
 - Жалюзийные пылеуловители,
 - Циклоны – компактный и высокоэффективный аппарат, для пыли 30-40мкм КПД=98%, недостаток – абразивный износ.
2. Мокрые аппараты – это аппараты, где частицы улавливаются жидкостью. К этой группе аппаратов относятся скрубберы, в которых поток запыленного воздуха контактирует со смоченными водой поверхностями, что увеличивает эффективность очистки газов. Для плохо смачиваемой пыли применяют ПАВ (поверхностно-активные вещества). Недостатки – возможность щелочной и кислотной коррозии, трудное рассеивание влажного воздуха, необходимость очищать воду от ПАВ.
3. Пористые фильтры. Фильтрующий материал – бумага, войлок, ткань в форме мешков, карманов. Могут применяться жаростойкие синтетические волокна. Эффективность до 99%.
4. Электрофильтры улавливают частицы > 5 мкм. Молекулы воздуха ионизируются и прилипают к электродам, воздух находится в электроfiltре не менее 6-8 сек, затраты электроэнергии находятся в пределах $P = 0,12 - 0,2$ кВт ч/м³. Электрофильтры бывают: трубчатые $d = 200 - 250$ мм, электрод внутри трубы и пластинчатые.

Очистки газов от диоксида серы (SO₂)

1. Известковый способ (при концентрации SO₂>0,2%)



2. Магnezитовый метод



3. Применение NH_3 и ускоренных электродов 
- сульфат аммония
- нитрат аммония

Защита воздушной среды от выхлопов ДВС

1. Пассивный метод, т.е. свободная застройка в городах для активного проветривания улиц;
2. Активный способ – нейтрализаторы и катализаторы, совершенствование ДВС, переход на другие виды топлива – H_2 и растительное масло. В автотранспорте идет постоянная модернизация двигателей, с целью повышения их экологичности.

Экономический аспект охраны воздушной среды от загрязнения

Экономически выгодны пассивные методы очистки, т.к. они более дешевые, но с экологической точки зрения важны активные методы. Для очистки нужны не только деньги, но и редкие материалы, например, для работы установки по утилизации окислов азота необходимо 350 тонн нержавеющей стали и 550 кг палладия.

Старая формула приведенных затрат:

$$З = Э + К * E_n$$

Новая формула приведенных затрат:

$$З = Э + К * E_n + У$$

З – приведенные затраты

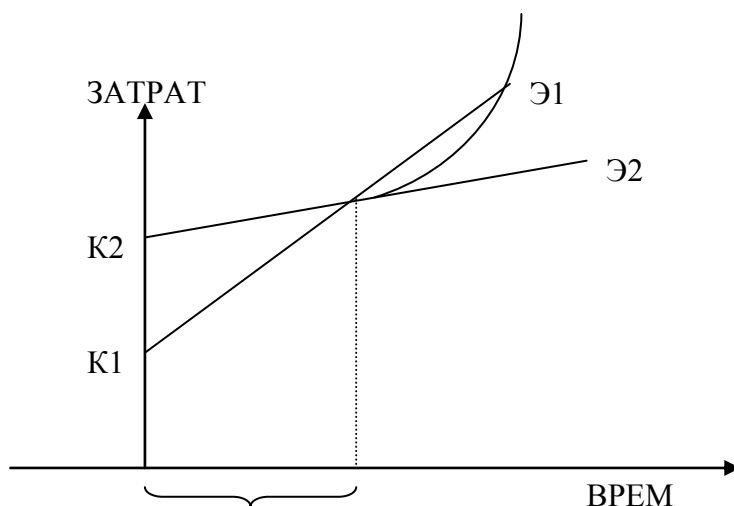
Э – эксплуатационные затраты

К – капитальные затраты

E_n – нормативный коэффициент

У – ущерб, для окружающей среды $У = \sum U_i$

Внедрение энергосберегающих мероприятий связано с дополнительными капитальными затратами.



K1 – капитальные затраты без энергосберегающих мероприятий.

K2 – капитальные затраты с применением энергосберегающих мероприятий.

Э1 – эксплуатационные расходы для капитальных затрат K1.

Э2 – эксплуатационные расходы для капитальных затрат K2.

Срок окупаемости энергосберегающих мероприятий на пересечении линий Э1 и Э2.

В ФРГ поставлена задача: оснастить ТЭС оборудованием, обеспечивающим очистку отходящих газов от диоксида серы, что позволило к 1996 г. сократить выбросы диоксида серы в 5 раз, стоимость затрат 20 млрд. марок, это вызвало удорожание электроэнергии.

Загрязнение от производства энергии без очистки (г/кг)

Топливо	$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$, кВт*ч/кг г	CO ₂ , г/кг	SO ₂ , г/кг	NO _x , г/кг	CO, г/кг	ЛОС, г/кг	Частицы, г/кг
Природный газ	13.6	2.760	0.1	1.0	0.01	0.01	0.001
Пропан	12.9	3.000	0.1	2.3	0.01	0.15	0.001
Керосин	11.9	3.200	1	3.0	0.01	0.4	0.25
Бензин	11.9	3.200	5	3.0	0.02	0.4	0.25
Мазут	1.6	3.160	20	5.0	0.02	0.3	1.3
Уголь	7.9	3.040	16	4.6	0.003	0.8	1.4

ЛОС – летучие органические соединения

Пример.

Энергоаудит и реализация проекта стоимостью 193 тыс. \$ приведет к сокращению потребляемой энергии от кот. на 50% $\Rightarrow$ экономия мазута = 140 тыс. кг/год.

При использовании таблицы можно посчитать сокращение выбросов вредных веществ.

CO₂ $\rightarrow$ 442400 кг/год, SO₂ $\rightarrow$ 2800, NO_x $\rightarrow$ 700, частицы $\rightarrow$ 180

Экономический срок службы проекта – 20 лет,

Банковская процентная ставка – 7% $\rightarrow$ ежегодная рента за пользование кредитом 0,0944

Капитальные затраты $193000\$ \times 0,0944 = 18220$ (\$/год)

Экономия энергии = 22020 (\$/год) $\Rightarrow$ чистая экономия $22020 - 18220 = 3800$ (\$/год)

Эффективность очистки для Nox : $3800/700 = 5,4$ \$/(кг*год)

Эффективность очистки для CO_2 : $3800/442400 = 0,0086 \text{ } \$/(\text{кг}\cdot\text{год})$

Эффективность очистки для SO_2 : $3800/2800 = 1,36 \text{ } \$/(\text{кг}\cdot\text{год})$

Экология пресных вод, морей и лиманов

В природе 97,2% - соленые воды, которые первичны.

2,8% - пресные воды, которые подразделяются на:

Полярные льды и ледники – 29×10^6 ,

Грунтовые воды – до глубины 750 м – $4,2 \times 10^6$,

На глубине 750-4000м – $5,3 \times 10^3$

Озера - 120×10^3 ,

Реки - 12×10^3 ,

В почве - 24×10^3 ,

Атмосфера - 13×10^3 .

Круговорот воды и ее расход в народном хозяйстве.

Задачи воды в природе:

- 1) Распространение тепла с помощью течений в океане и перенос химических элементов,
- 2) Растворение и перенос тонн химических веществ и элементов,
- 3) Разрушение и распределение горной породы,
- 4) Образует рельеф местности на суше и в воде,
- 5) Среда жизни организмов,
- 6) Обеспечение кислородом атмосферы земли,
- 7) Испарение воды обеспечивает опреснение воды и обеспечение ее кислородом,

В процессе кругооборота полное обновление воды происходит:

В океанах за 2600 лет,

Подземных вод на глубине более 800м за 5000 лет,

В реках за 12 суток.

Волга обновляется за 450 – 550 дней из-за наличия водохранилищ.

Баланс воды за год в СНГ в км³:

Атмосферные осадки – 8480,

Речной сток – 4220,

Влажность почвы – 5140,

Испарение влаги – 4260,

Подземный сток – 880,

Паводковый сток – 3340.

80% стоков всех рек уходят в моря и океаны при паводках. 80% стока рек в СНГ приходится на азиатскую часть России, где проживает 20% населения.

Для регулирования стока строят водохранилища. В СНГ создано 3000 водохранилищ.

Экология вод суши

Антропологические факторы, приводящие к деградации водоемов:

- 1) Обмеление водоемов,
- 2) Засоление грунтовых вод при орошении с/х земель,
- 3) Загрязнение воды ГСМ, затонувшими отходами,
- 4) Химические, тепловые и биологические загрязнения.

Озера и водохранилища

Происхождение озер:

- 1) Обособление старых русел рек,
- 2) Обособление прибрежных участков морей и океанов – лиман,
- 3) Карстовые причины,
- 4) Тектонические причины.

В озере имеет место экологическая стабильность.

Водоохранилища – это несбалансированная экологическая система, где имеет место большая концентрация микроорганизмов и водорослей, сменяющих друг друга.

Эвтрофикация воды – антропогенное повышение биологической продуктивности водных экосистем в результате наличия стоков, содержащих питательные вещества.

Водоохранилища изменяют местный климат и экосистемы.

Подземные воды

Эти воды, как правило, свободны от загрязнений, т.к. вода фильтруется через большое количество водопроницаемых слоев.

Реки питают своей водой подземные воды неглубокого заложения и наоборот, что ухудшает качество воды, и требует ее очистки.

Большие города используют артезианские скважины для водоснабжения. Самоочищения подземных вод практически нет, вода обновляется очень медленно, и проникшие в грунтовые воды загрязнения будут находиться там десятки лет. Влияние скважины распространяется в радиусе 100км и более.

Истощение подземных водоемов приводит к проседанию земли в городах.

Лиманы и морские воды

В низовьях рек вода имеет худшее качество из-за высокой минерализованности, что приводит к эвтрофии прибрежных районов лиманов.

Моря и океаны главным образом загрязняются нефтепродуктами.

1 тонна нефти загрязняет акваторию равную 12 км². 1/3 нефти испаряется, 1/3 растворяется и 1/3 остается вязкая масса, не распадающаяся длительное время.

Прибрежные города загрязняют моря океана.

Наиболее загрязнены: Средиземное море и Атлантический океан.

За сброс нефти в море предусмотрены штрафные санкции.

Понятие загрязненности

Загрязнения – это вещества, энергетические выбросы, нарушающие процессы, сложившиеся в биосфере в ходе миллионов лет эволюции земли.

Загрязняющее вещество растворяется в атмосфере, в воде.

Неправильное определение загрязнения – это вода или воздух не соответствующие нормам качества.

Эталон – вода и воздух в естественном состоянии

Классификация загрязнений:

1. физические – механические, радиоактивные, световые, шумовые, тепловые, электромагнитные и пр.,
2. химические,

4. биологические – микроорганизмы.

Диоксины – наиболее вредные вещества – побочный продукт пестицидов и гербицидов. (годами накапливается в организме)

Из неорганических веществ наиболее опасны тяжелые металлы: Hg, Cd, Ni, Cu.

Вредные вещества могут постепенно накапливаться в почве, а затем проявить себя, циркулируя в экосистеме.

При снижении кислотности почвы с 6 до 5,5 может произойти опасный выброс кадмия, который применялся как микроэлемент в удобрениях.

Повторное, оборотное, замкнутое использование воды

Повторное – это вторичное использование воды в двух и более технологических целях с промежуточной очисткой или без очистки, с последующим сбросом в водоем или с захоронением.

Замкнутое – системы без сброса воды (минимальный сброс всегда есть).

Повторное использование воды дает природоохранный выигрыш: 1 использование – 2 очистки, 2 использование – 2(3) очистки, что позволяет получить экономический эффект.

Повторное использование воды ведет к дополнительным капитальным затратам.

Методы анализа качества воды:

- 1) определение температуры сточной воды ртутными термометрами с точностью 0,1-0,5 °С,
- 2) определение цветности проводится визуально - определяется оттенок и интенсивность цвета с помощью отстаивания воды в емкости глубиной 10 см, воды, предназначенные для спуска в водоем, не должны иметь окраски,
- 3) запах - органо-липтические исследования,
- 4) химическое потребление кислорода характеризует загрязнение воды органическими веществами,
- 5) биохимическое потребление кислорода – потребность воды в кислороде для окисления органических веществ.

Экология жилища

Глобальная всемирная урбанизация не обошла стороной и Россию, что привело к образованию мегаполисов. Высокая скученность проживания людей имеет как положительные, так и отрицательные стороны.

Люди постепенно привыкли жить в многоэтажных зданиях в квартирах с различной площадью и удобствами. Современные элитные многоквартирные дома проектируются с возможностью иметь самую разнообразную планировку квартир по желанию заказчика, но таких зданий пока еще очень мало. В большинстве ранее построенных зданий возможностей для перепланировки квартир практически нет, что связано с не приспособленной для перепланировки конструкцией домов. Проживание в многоэтажных домах связано в основном с относительно небольшими площадями квартир, что сокращает территорию ответственности человека. Скученность проживания людей и разнообразие отношений с соседями, особенности отношения к местам общего пользования - лестничная клетка, лифт, к дворовой территории, где множество машин на газонах и на тротуарах, бесконечные гаражи или ракушки – все это оказывает мощное психологическое давление на людей. В таких домах трудно совместить интересы и особенности интересов разных людей. Чем более густо заселен дом, чем меньше приходится квадратных метров на человека, тем труднее совместить интересы всех. Уничтожить тараканов в многоэтажном доме трудная задача. Экономить энергию в многоэтажном жилом доме затруднительно – все знают об раскрытых настежь входных дверях в подъезде дома зимой. Есть мнение, что проживание в многоэтажном здании

приводит к вырождению человека, человек превращается в обладателя некоторой ячейки, откуда он утром перемещается на работу, вечером возвращается обратно, ответственность за 20-80 и более м² площади квартиры, а все остальное вокруг чужое не мое. Существуют трудности совместной эксплуатации группой жильцов инженерных систем – отопления и вентиляции, т.к. очень часто происходит вмешательство в работу этих систем по тем или иным причинам. Ведь квартиры это не просто стены, пол и потолок и пр., а еще и требуемый температурно-влажностный режим, необходимый для человека. Человек строил и строит жилье лишь для того, чтобы, создав искусственный микроклимат в помещении, оградить себя от воздействия неблагоприятных факторов климата среды обитания (местности проживания).

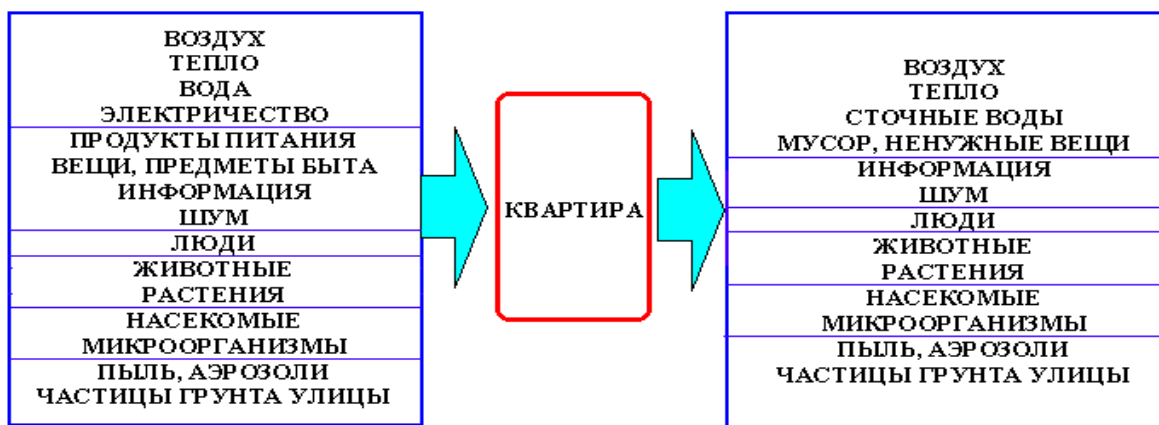
Есть случаи, когда люди меняют назначение комнат, например, большую комнату превращают в кухню и столовую, а кухню в жилую комнату, но ведь вытяжная вентиляция специально предусматривается в помещении кухни и тогда необходимо вытяжную вентиляцию тоже переносить, а иначе вот вам запах котлет по всей квартире.

Кроме того во время ремонта часто работает мощная строительная техника. Шум является одним из неблагоприятных факторов в современных городах. Допустимый шум в жилых помещениях не должен превышать величину создаваемого звукового давления 40дБ днем и 30 дБ ночью, из этого исходят при проектировании зданий. Шум более 90 дБ вызывает постепенное ослабление слуха и нервно-психический стресс. При шуме 50дБ у людей нарушается сон, снижается концентрация внимания, а при уровне 65дБ появляются стрессовые реакции, высокие уровни шума значительно снижают производительность труда и могут приводить к росту кровяного давления в организме человека. Работа строительного оборудования может создавать шум более 90-100дБ.

В многоэтажном здании всех людей объединяет воздух, перемещающийся по всему зданию, включая лестничную клетку, лифтовую шахту и по всем квартирам. Здание как огромный организм находится в динамике, вследствие чего образуются микро трещины в различных частях конструкций, через которые проходит воздух, также имеются стыки внутренних панелей, которые могут быть плохо герметизированы и через эти щели воздух может перетекать из квартиры на одном этаже в квартиру на другом этаже. Многоэтажное здание можно представить как систему каналов различного размера, с различным сопротивлением воздухопроницанию. Воздух несет с собой кроме свежести также неприятные запахи, пыль, сигаретный дым. Воздушный режим зданий – это сложное явление, которое трудно рассчитать и на которое трудно повлиять.

Проживание в отдельном доме увеличивает ответственность человека, т.к. площадь ответственности значительно возрастает, что позволяет достичь высокой степени автономности, при этом здесь вырабатывается другая психология человека обязанного грамотно решать массу хозяйственных задач.

Квартиру можно представить как ячейку куда поступает масса различных сопутствующих жизни человека элементов и откуда выходит уже другая масса элементов с измененными свойствами см рисунок. При таком подходе можно говорить о необходимости изучения экологии жилища, так как при этом можно найти закономерности и найти способы решения тех или иных проблем.



Некоторые насекомые, микроорганизмы, животные, птицы, растения, живущие в жилище у человека, не живут в окружающей жилище экосистеме.

Природные ресурсы

Природные ресурсы подразделяются на следующие:

- 1) исчерпаемые возобновимые – почва, растительность, животные мир,
- 2) исчерпаемые невозобновимые – полезные ископаемые разного вида,
- 3) неисчерпаемые – энергия солнца, приливов-отливов, геотермальные воды, ветра.

Минеральные ресурсы суши и океанического дна

Руда – скопление минералов и химических элементов в горных породах, пригодных для использования человеком.

Минеральные месторождения – залежи горных пород, обогащенные одним или несколькими элементами.

Месторождения бывают рудные (металлические) и нерудные (слюда, фосфор)

Месторождения с минеральными солями – гипс, ангидрид CaSO_4 , сода, поваренная соль, калийная соль.

Железные руды – бурый железняк, образующийся в прибрежных районах морей, бухтах, океанах.

Марганцевые руды – образуются на шельфе (в прибрежной зоне морей и океанов).

Шельф – это мелководная равнина в море или океане шириной от 10 до 1300 км.

Железно-марганцевые конкреции – осадочные образования на океаническом дне на глубине 100-700м богатые марганцем.

Фосфориты – горные породы, насыщенные фосфатом кальция.

Красная глубоководная глина содержит в себе огромное количество полезных веществ - Al, Co, Ni и др.

Важнейшие минеральные руды – медные, железные, свинцовые, марганцевые, никелевые, цинковые.

Россыпь полезных ископаемых – образуется в результате разрушения горных пород и рудных жил – может иметь место в морях, реках, океанах.

За последние 100 лет резко увеличилось потребление полезных ископаемых – железо в 60 раз, молибден – в 800 раз.

Топливо энергетическое сырье

- 1) Уголь каменный (антрацит – самый старый)
Бурый уголь.
- 2) Нефть → бензин, керосин, мазут
- 3) Газ – самое чистое топливо.
- 4) Торф – местное топливо.
- 5) Сланцы – продукт сублимации органического мира под водой

Химические ресурсы мирового океана

В мировом океане содержатся практически все элементы периодической системы.

Тяжелая вода в мировом океане содержится в количестве, равном объему черного моря – используется в атомной энергетике.

Количество химических элементов в мировом океане примерно около 48×10^{15} т.

Золото в мировом океане имеется в количестве 2,5т на каждого жителя земли. Ежегодно в мире добывается 22 млн. тонн поваренной соли – 1/3 из морской воды. В океанических водах находятся морские животные и организмы способные поглощать и накапливать химические элементы.

Озера подразделяются по количеству в них микроэлементов:

1 – пресные озера до 1% солей

2 – минеральные > 47% солей

- Содовые,
- Сульфатные,
- Хлоридные,

В этих озерах содержание солей близко к насыщению.

Энергетические ресурсы океанов и суши

Энергетические ресурсы являются основой антропогенного освоения биосферы.

Основные энергетические ресурсы на земле на сегодня – нефть, газ, уголь и т.п., рост производства энергоресурсов удваивается каждые 10 лет.

1. Солнечная энергия в количестве $63,8 \times 10^8$ кВт/ч ежегодно поступает на землю, что в 15000 раз больше современного энергопотребления.

Недостаток солнечной энергии:

- а) зависимость смены дня и ночи,
- б) погодные условия,
- в) низкая плотность солнечной энергии.

В Европе, Азии, Америке – облака

В Африке, Австралии - солнце

Солнечной энергии на аравийском полуострове в 2 раза больше в год, чем все нефтяные запасы в мире.

Существуют следующие устройства для преобразования солнечной энергии в энергию необходимую человеку:

- Панели из стекла и медных трубок, заполненных жидкостью, вода поступает в жилые помещения. Опреснители соленых вод.
- Фотоэлектрические элементы из кремния и сульфида кадмия преобразуют солнечную энергию в электрическую.
- Солнечные печи из множества зеркал, управляемых компьютером направляют лучи на паровые котлы.

Энергия морских приливов

Общая энергия морских приливов – 1млрд кВт, а всех рек – 800 млн. кВт, применяются приливные электростанции, имеющие преимущества над ГЭС и ТЭС.

Особенности приливных электростанций:

- Малая мощность,
- Необходимость строить в районе электростанций большие энергопотребляющие предприятия,
- Реверсивность – для приливов и отливов.

Энергия ветровых морских волн

90 000 млрд. кВт – общая мощность.

Волна высотой 3м содержат 1000кВт энергии на каждый метр или 1 млн. кВт на 1км.

Недостатки:

- непостоянство направления волны,
- постоянство волн между 40 – 60 параллелью,
- необходимы открытые берега, омываемые океаном.

Энергия морских течений

- Гольфстрим - 83 млн. м³ H₂O/сек,
- Куро-Сиво – 55 млн. м³ H₂O/сек.

Необходимо установить турбины на глубине от 30-130 м где скорость течения 3,2м/с.

Моретермальная энергия

Энергия образуется за счет разности температур в океане между различными слоями воды на поверхности и на глубине: в тропическом поясе на поверхности +30°C, на глубине 300-400м +8-10°C.

Геотермальная энергия

Запасы этой энергии очень велики и превосходят запасы тепла в угле, торфе, нефти, газе вместе взятых. Через каждые 33 м температура растет на 1°C, а около вулканов через 1-2м. Гейзеры – это периодически фонтанирующие источники. Существуют наземные и подводные гейзеры.

Подводные гейзеры окружены пылью из огромного количества минералов, здесь имеется бурная жизнь, несмотря на огромное давление воды, здесь существуют бактерии, питающиеся ядовитыми для биологических организмов соединениями серы, эти бактерии используют тепло недр земли и не используют энергию солнца.

Термальные воды сильно минерализованы. Ряд стран используют энергию геотермальных вод для отопления, ГВ, выработки электроэнергии и пр. В Исландии отопление производится за счет энергии термальных вод.

Ветровая

В 90 м от земли сосредоточено 130 млрд. кВт энергии ветра, недостаток непостоянство направления ветра.

Земельные ресурсы

Земельные ресурсы – основа развития с/х, пространство для размещения производств, жилья. Все земли делятся на:

- земли с/х использования
- специального использования (города, свалки, железные дороги, авто дороги)

С/х угодья – это пастбища, пашня, залежь, многолетние насаждения.

Часть земель ежегодно выбывает из с/х оборота из-за следующих обстоятельств:

- эрозия почв,
- оползни,
- вторичное засоление

Земля на планете 134 млн. км².

10,8% - постоянно распаивается и обрабатывается,
22,3% - пастбища.

Орошается 13% от всей пашни, орошаемая пашня дает 50% всей с/х продукции.

В городах вредные вещества от автотранспорта, отходы, мусор, строительный мусор превращают почву в почвогрунт, необходимо проводить регенерацию почвы, очистку от мусора. Иногда старые теплотрассы оставляют в грунте а на новом месте строят новые теплотрассы, что недопустимо.

Ресурсы леса:

В России сосредоточено 24% всех лесных ресурсов мира или 74млрд. м³ древесины.

Лес – это легкие планеты. Из древесины промышленность изготавливает порядка 15000 изделий.

1га леса поглощает 5 – 10 т CO₂ и выделяет до 10 – 20 т кислорода в год.

За 1 ч. 1 га леса поглощает столько CO₂, сколько выдыхает 200 человек.

Лес особенно хвойный выделяет летучие вещества – фитонциды, которые уничтожают болезнетворные микробы.

В лесу летом температура ниже, чем на открытой местности, а зимой в лесу теплей, чем на местности без леса.

Для с/х производства лес защищает пашню от ветровой эрозии, обеспечивает поступление атмосферных осадков в почву и для грунтовых вод.

В лесу имеются два основных ресурса:

1. древесина,

2. биологическая продукция - это ягоды, грибы, орехи, травы, мед и пр.

Лес – это совокупность деревьев и других лесных растений, которые в своем развитии влияют друг на друга и на территорию и на среду.

Отдельные участки леса отличаются составом пород, возрастом, запасом древесины на 1га.

Древостой – совокупность деревьев в лесу.

Подлесок – совокупность кустарников в лесу, высота которого ниже высоты основного древостоя.

Молодое поколение древесных пород, способное заменить существующий древостой называют подростом.

Живой надпочвенный покров – это травянистые растения, полукустарники, кустарники, мох, лишайники, грибы.

Ярусность – высота растений в лесу.

Насаждения в лесу классифицируют как:

Простые или одноярусные, где высота растений колеблется в пределах 20% их средней высоты.

Сложные или многоярусные леса, где 2-3 и более ярусов.

По составу пород деревьев леса классифицируют как:

Чистые древостои – примесь других пород не более 5%.

Смешанные древостои – в наличии разные породы деревьев – главные и второстепенные породы.

Классификация леса - 6Б4С – 60% березы, 40% сосна.

Возраст древостоев:

1 класс – молодняк,

2 класс – жердняк,

3 класс - средневозрастной,

4 класс – средневозрастной,

5 класс – спелый древостой – объект вырубki,

6 класс – перестойные – разрушаются.

Бонитет – показатель продуктивности древостоя, зависящий от условий места произрастания леса. Существует 5 классов бонитета.

1 класс – лучшие условия произрастания,

5 класс – худшие условия произрастания,

1-3 – высокопроизводительный древостой,

4-5 – низкопроизводительный древостой.

1 класс – спелые сосновые леса на сухих песчаных почвах – здесь максимальная высота и качество деревьев.

5 класс – сосновые леса на болотах.

По качеству древесины сорта разделяют так:

1 место – сосна,

2 место – ель, пихта – для производства бумаги,

Лиственные: 1 место – дуб – мебель, строительство,

2 место – береза – фанера, мебель,

3 место – осина – спички, бумага, тара.

Причиной истощения лесных запасов являются лесные пожары.

Категории пожаров по Н.П. Курбатскому:

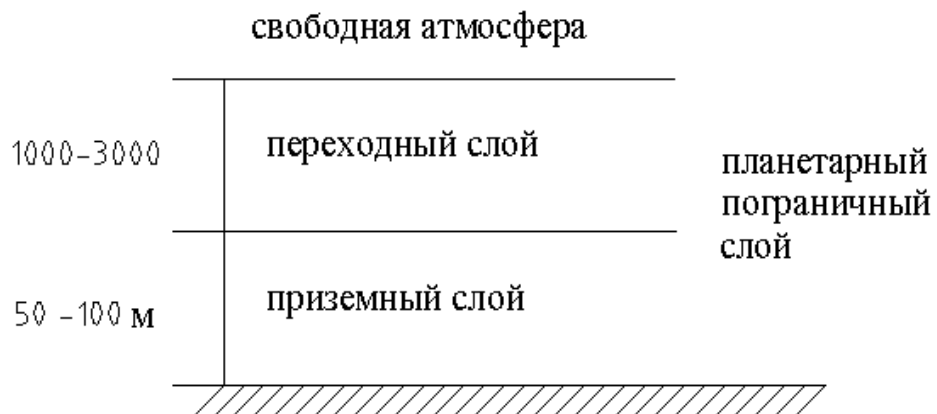
1. Низовой пожар – слабый, скорость меньше или равна 1м/мин, высота 0,5 м от земли;
2. Низовой средний – до 1,5м от земли, скорость меньше или равна 3м/мин
3. Низовой сильный – высота больше 1,5 м, скорость больше или равна 3м/мин
4. Верховой слабый пожар – скорость до 3м/мин
5. Верховой средний пожар – скорость до 100 м/мин
6. Верховой сильный – скорость больше 100 м/мин
7. Подземный слабый – глубина меньше 25 см
8. Подземный средний
9. Подземный сильный – глубина больше 50 см

Наиболее пожароопасные – сосновые и пихтовые леса. Сложность тушения пожаров при температуре около 950°C. Подземные пожары опасны тем, что при тушении можно провалиться в пустоты, которые образовались при выгорании слоя торфа.

Фауна

В России около 300 видов млекопитающих, 700 видов птиц, 160 видов пресмыкающихся, 10 тыс. видов насекомых и беспозвоночных.

Атмосфера



Планетарный пограничный слой - это часть атмосферы располагающийся между поверхностью земли и свободной атмосферой, где движение не ограничено приземным трением, охлаждения и нагревания.

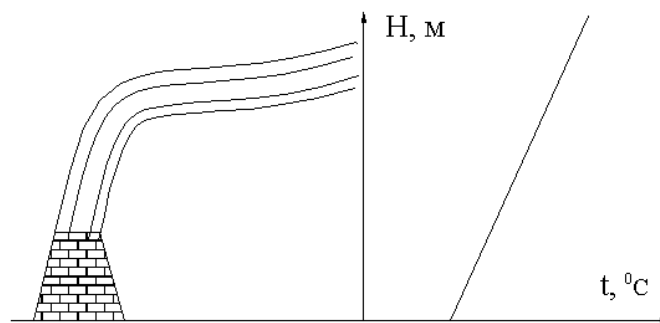
Свободная атмосфера – ветер с линиями тока параллельными градиенту давления.

Переходный слой – ветровой поток подвержен влиянию поверхностного трения, градиента плотности и вращения земли.

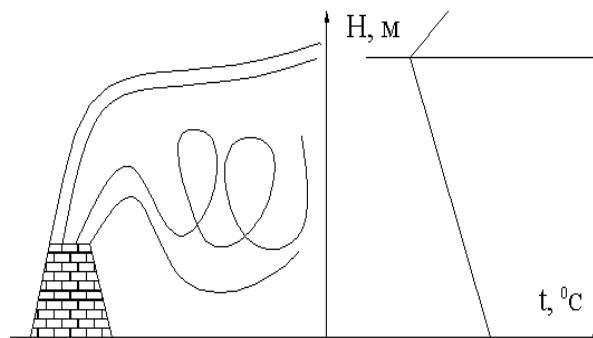
Приземный слой влияние трения ветрового потока о шероховатость поверхности и вертикального температурного градиента.

В зависимости от температуры поверхности земли образуются различные конвективные потоки, влияющие по разному на рассеивание вредных примесей в атмосфере.

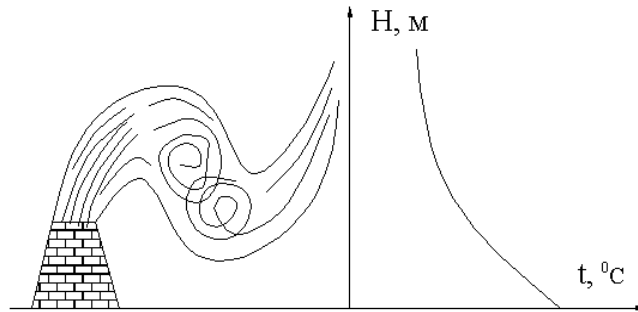
1. Устойчивые условия рассеивания вредной примеси в атмосфере.



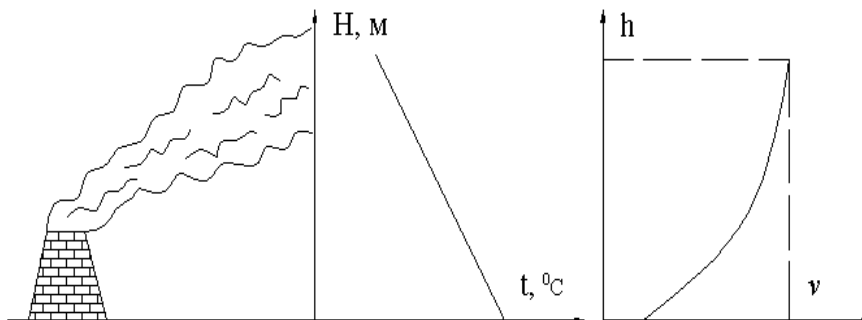
2. Нейтральные условия внизу и устойчивые наверху, при этом имеет место надымляющая струя.



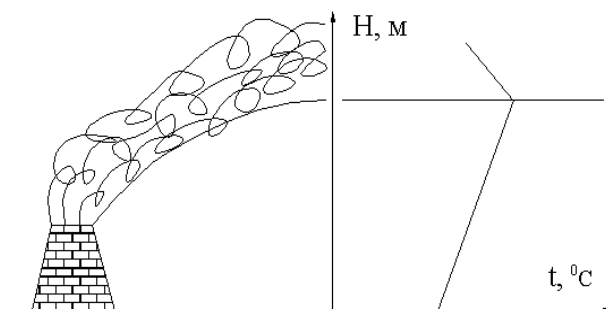
3. Неустойчивое условие. Волнообразующая струя.



4. Нейтральные условия и внизу иверху. Конусообразующая струя.

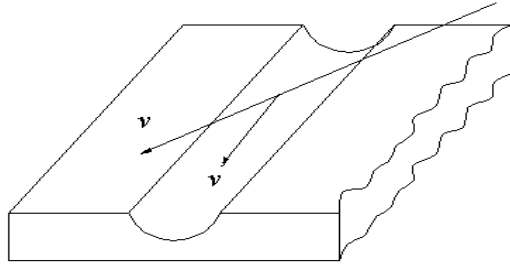


5. Устойчивые условия внизу и нейтральные наверху. Приподнятая струя.



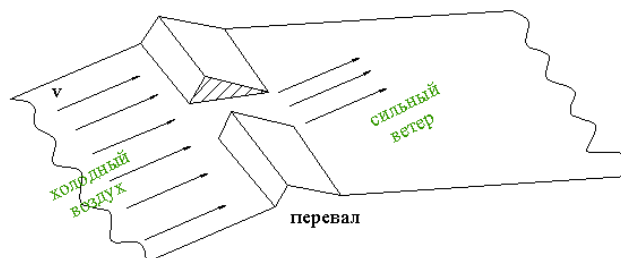
Особенности действия ветровых потоков

1. Ветер по руслу или каналированный ветер.



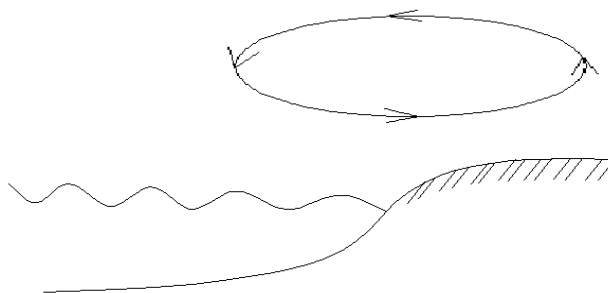
Примесь, попавшая в глубь долины, там накапливается.

2. Влияние горного перевала.



Показано как образуется сильный ветер в горной местности, способствующий переносу примесей.

3. Морской бриз в полуденное время.

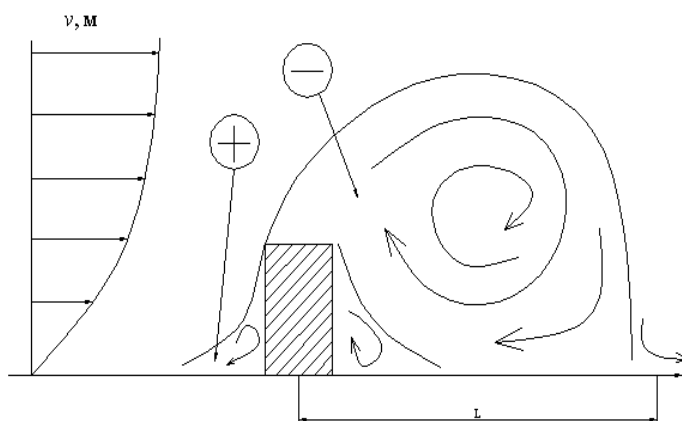


Показано как действует морской бриз, перемещая песчаную пыль на берег, при температуре воздуха над водой меньше чем над сушей.

4. Влияние городской застройки. Город – это остров тепла зимой и летом, что способствует переносу вредных примесей внутрь города. Воздух поднимается в центре и опускается на окраине.

Газовый и воздушный режимы здания

1) Внешняя задача воздушного режима



Ветер, набегающий на здание, создает аэродинамический след, состоящий из двух вихревых зон – наветренной (+) и заветренной (-). Заветренная вихревая зона может накапливать вредную примесь, которая туда может поступать от источников различного происхождения и месторасположения. Здание, оборудованное естественной системой вентиляции, находится под разрежением, забирая воздух для вентиляции из наветренной и заветренной вихревых зон аэродинамического следа.

Теория рассеивания вредных примесей.

1. Теория градиентного переноса.

Пространство представляется в виде системы координат и в каждой точке проводится расчет изменения концентрации вредной примеси.

Теория построена на основе теории тепло- и электропроводности.

$A(\text{м}^2/\text{с}^2) \sim \text{grad}(c)$.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = A \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial(A * \frac{\partial C}{\partial x})}{\partial x} \quad \frac{C}{Q} = (at^{1/2})^{-1} \exp(-bx^2/t) \quad \begin{aligned} a &= (4A\pi)^{1/2} \\ b &= (4A)^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{С учетом действия ветра: } \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial(uc)}{\partial x} + \frac{\partial(A \frac{\partial C}{\partial x})}{\partial x}$$

U – скорость ветра, м/с

A – коэффициент турбулентной диффузии, $\text{м}^2/\text{с}^2$.

Допущения теории градиентного переноса

1. Решение не зависит от времени
2. В теории $u = f(x)$ только, на самом деле $u = f(x, y, z)$

3. Существуют трудности при определении коэффициента турбулентности диффузии по оси X

2. Статистическая теория (Гаусова теория).

$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi} \exp(\exp)$$

Распределение вредной примеси зависит от мощности источника, высоты и коэффициента турбулентности диффузии.

Допущение теории:

- 1) Везде имеет место распределение концентраций вредных примесей по Гаусу.
- 2) Для расчета применяется средняя скорость ветра.
- 3) Мощность источника вредных примесей здесь $Q = \text{const}$, а на самом деле она переменная.
- 4) Нет взаимодействия струи и поверхности земли.

Коэффициент турбулентной диффузии определяется по формуле Ричардсона, в изучении и подтверждении правильности теории Ричардсона принимали участие академики Обухов и Колмагоров.

$$A \text{ (м/с)} \sim \varepsilon^{1/3} * l^{4/3}$$

ε – кинетическая энергия, l – определяющее расстояние, м.

Критерий Ричардсона:

$$Ri = \frac{g}{T} \left(\frac{\partial \Theta}{\partial Z} \right) \left(\frac{\partial U}{\partial Z} \right)^2$$

Где g – ускорение свободного падения, T – температура, $\partial \Theta / \partial Z$ – градиент потенциальной температуры, $\partial U / \partial Z$ – вертикальный градиент скорости ветра.

Критерий Ричардсона характеризует температурную устойчивость или неустойчивость атмосферы.

$$A \sim f(Ri)$$

Расчет рассеивания вредной примеси в атмосфере проводится с помощью разработанной программы «Эколог».

Экологический паспорт предприятия

Включает в себя следующие разделы:

- 1) Титульный лист,
- 2) Общие сведения о предприятии,
- 3) Краткая природно-климатическая характеристика района расположения предприятия,
- 4) Краткое описание технологии производства, основных видов продукции,
- 5) Сведения об использовании земельных ресурсов,
- 6) Используемое сырье, материальные и энергетические ресурсы,
- 7) Схема очистки загрязненного воздуха от пыли, газов и т.д.

- 8) Схема очистки сточных вод
- 9) Данные о твердых и других отходах,
- 10) Сведения о рекультивации нарушенных земель,
- 11) Сведения о транспорте предприятия,
- 12) Сведения об эколого-экономической деятельности предприятия.

Практическое занятие №1 по дисциплине «Урбоэкология»

Определение ущерба от вредных выбросов веществ, отрицательно воздействующих на природу.

Ущерб определяется для оценки эффективности природоохранной деятельности.

Ущерб определяется по формуле: $Y = Y_m + Y_{пф} + Y_c$, где

Y_m – материальный ущерб, состоящий из потерь ценных компонентов сырья, материалов, топлива с отходящими газами;

$Y_{пф}$ – потери производства в результате воздействия агрессивной среды на производственные фонды;

Y_c – социально-экономический ущерб, включающий потери от неудовлетворительных условий труда.

Воздействия агрессивной среды на производственные фонды определяется по формуле:

$Y_{пф} = Y_{и} + Y_{р} + Y_{в} + Y_{а} + Y_{о} + Y_{т} + Y_{з} + Y_{к}$, где

$Y_{и}$ – затраты по замене преждевременно износившегося оборудования, машин, узлов и деталей в результате влияния вредных выбросов;

$Y_{р}$ – дополнительные расходы на ремонты и обслуживание оборудования;

$Y_{в}$ – потери от недополученной продукции;

$Y_{а}$ – стоимость части зданий, конструкций, оборудования, приборов вышедших из строя в результате их разрушения или коррозии под влиянием воздействия вредных выбросов;

$Y_{о}$ – затраты на очистку и ремонт кровель;

$Y_{т}$ – расходы на уборку территории и помещений;

$Y_{з}$ – дополнительные затраты на побелку и окраску зданий и других объектов;

$Y_{к}$ – расходы по защите оборудования, машин, металлоконструкций, приборов, транспортных сооружений от коррозии.

Социально-экономический ущерб определяется по формуле:

$Y_c = Y_{тр} + Y_{заб} + Y_{тек} + Y_{сн.пр.}$, где

$Y_{тр}$ – ущерб от травматизма;

$Y_{заб}$ – потери в результате учащения заболеваний у работников;

$Y_{тек}$ – расходы в результате текучести кадров;

$Y_{сн.пр.}$ – потери от снижения производительности труда работающих в результате неудовлетворительных условий труда.

Снижение годового экономического ущерба от внедрения мероприятий по охране воздушного бассейна.

Определяется по формуле: $\Delta y = Y_{п}^1 - Y_{п}^2$, где $Y_{п}^1$ и $Y_{п}^2$ ущерб соответственно до и после проведения мероприятий по защите воздушного бассейна.

Пример. Определение снижения годового экономического ущерба от внедрения мероприятий по защите воздушного бассейна.

Исходные данные:

До внедрения мероприятий, материальный ущерб – 100-120 млн. руб. в год;

Ущерб производственным фондам – 200 млн. руб. в год;

Социальный ущерб – 230-260 млн. руб. в год.

Суммарно: $Y_{п}^1 = 100 + 200 + 245 = 545$ млн. руб. в год.

После внедрения мероприятий, материальный ущерб – 90 млн. руб. в год;

Ущерб производственным фондам – 160 млн. руб. в год;

Социальный ущерб – 215 млн. руб. в год.

Суммарно: $У^2_{\text{п}} = 90 + 160 + 215 = 465$ млн. руб. в год.

Экономический эффект от внедрения мероприятий по защите воздушного бассейна: $Э_y = 555 - 465 = 90$ млн. руб. в год.