

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
им. Р.Е. Алексеева

А. Б. Елькин, Л. И. Молвина

# ЭКОЛОГИЯ

## КОМПЛЕКС УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Рекомендовано Ученым советом Нижегородского государственного технического университета в качестве учебно-методического пособия для студентов технических специальностей заочной и дистанционной форм обучения.

Нижний Новгород, 2006

**Елькин А. Б., Молвина Л. И. Экология: комплекс учебно-методических материалов/ А. Б. Елькин, Л. И. Молвина; Нижегород. гос. техн. ун-т. Нижний Новгород, 2006.-90с.**

Приводится учебный план дисциплины, краткий конспект лекций. Рассмотрены предмет и задачи экологии, структура биосферы, основные закономерности развития и принципы устойчивости экосистем. Показаны антропогенное воздействие на биосферу, источники и виды загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы, экологические принципы рационального использования природных ресурсов, экозащитная техника и технология. Изложены основы экологического права, механизмы регулирования природоохранной деятельности, международное сотрудничество в области охраны окружающей среды.

Даны рекомендации по выполнению контрольных (расчетно-графических) работ, варианты заданий, методика решения задач и примеры их выполнения.

Предложены вопросы для проверки знаний и необходимая справочная, учебно-методическая литература.

Рецензент доктор технических наук, профессор М. Г. Михаленко

Редактор Н. Н. Максимова

Подписано в печать 15.04.2006. Формат 60 x 84 1/16  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л.  
Уч.- изд.л. 5,2 Тираж 200 экз. Заказ

---

Нижегородский государственный технический университет.  
Типография НГТУ. 603600 Г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24

©Нижегородский государственный  
технический университет, 2006  
© Елькин А. Б., Молвина Л. И.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....	5
2. РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ЭКОЛОГИЯ».....	6
Тематический план дисциплины .....	6
3. ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ .....	9
3.1. Предмет и задачи экологии.....	9
3.2. Биосфера как глобальная экологическая система.....	11
3.2.1. Общая характеристика биосферы .....	11
3.2.2. Эволюция биосферы .....	15
3.3. Экологические факторы в биосфере .....	20
3.3.1. Биотические факторы .....	21
3.3.2. Абиотические факторы .....	22
3.3.3. Лимитирующие факторы .....	25
3.4. Закономерности развития экосистем .....	27
3.4.1. Энергетика биосферы .....	27
3.4.2. Трофические цепи.....	30
3.4.3. Изменение экосистем .....	33
3.4.4. Круговорот веществ в биосфере.....	35
3.5. Экология популяций.....	37
3.5.1. Популяции и динамика их развития .....	37
3.5.2. Экология человека .....	42
3.6. Антропогенное воздействие на окружающую среду .....	45
3.6.1. Классификация природных ресурсов.....	46
3.6.2. Принципы рационального использования природных ресурсов .....	48
3.7. Охрана атмосферы от химических загрязнений .....	50
3.7.1. Рассеивание химических соединений в атмосфере .....	51
3.7.2. Очистка выбросов от пыли .....	52
3.7.3. Очистка воздуха от газообразных примесей.....	57
3.8. Защита гидросферы .....	62
3.8.1. Механическая очистка.....	63
3.8.2. Физико-химическая очистка .....	65
3.8.3. Биологическая очистка сточных вод.....	73
3.9. Защита литосферы .....	75
3.9.1. Причины разрушения почвы.....	76
3.9.2. Классификация отходов .....	77
3.9.3. Способы переработки отходов .....	78
3.10. Основы экологического права .....	79
3.10.1. Принципы природоохранной политики.....	79

3.10.2. Экологический менеджмент или управление качеством окружающей среды .....	81
3.10.3. Экономика природопользования .....	83
3.10.4. Природоохранное законодательство .....	85
3.10.5. Международное сотрудничество в области экологии .....	90
3.10.6. Основные международные организации по охране окружающей среды .....	91
4. ЗАДАНИЯ И ВАРИАНТЫ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ (РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ) РАБОТ .....	94
Вопросы для контрольной работы .....	95
Задачи .....	97
5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ОБРАЗЦЫ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ (РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ) РАБОТ .....	111
Задача 1 .....	111
Задача 2 .....	113
Задача 3 .....	115
Задача 4 .....	115
6. ГЛОССАРИЙ .....	117
7. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	120

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью преподавания дисциплины «Экология» является формирование у студентов экологического мировоззрения и воспитания способности оценки своей профессиональной деятельности с точки зрения охраны биосферы.

Дисциплина «Экология» относится к блоку естественнонаучных дисциплин, для ее понимания необходимы знания в области учебных дисциплин «Концепция современного естествознания», «Теоретические основы прогрессивных технологий», основ физики и химии.

Задачами изучения дисциплины являются ознакомление с понятиями экологии, усвоение основных экологических законов, понимание механизмов антропогенного воздействия на окружающую среду, изучение путей и способов оптимизации технологических и проектных решений для поддержания экологической обстановки на необходимом уровне.

После изучения курса студенты должны:

- иметь представление о структуре экосистем и биосферы, эволюции биосферы, взаимоотношениях организмов и среды, экологии и здоровье человека, о глобальных проблемах окружающей среды, принципах рационального использования природных ресурсов;
- уметь прогнозировать последствия своей профессиональной деятельности с точки зрения биосферных процессов;
- приобрести навыки по внедрению новых достижений науки при организации и проектировании современных технологических процессов и оборудования с учетом существующих экологических проблем;
- знать основы экологического права и механизмы экономического регулирования природопользования.

Дисциплина «Экология» служит базовой для курса «Безопасность жизнедеятельности», который изучается на завершающем этапе подготовки специалистов, где наряду с вопросами обеспечения безопасности труда на производстве и защитой при чрезвычайных ситуациях, рассматриваются и

вопросы экологической безопасности при проектировании и эксплуатации технических систем и производственных процессов.

## 2. РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ЭКОЛОГИЯ»

Учебный план дисциплины «Экология» для студентов безотрывных форм обучения включает следующие темы:

1. Предмет и задачи экологии.
2. Структура и состав биосферы.
3. Экологические факторы в биосфере.
4. Закономерности развития экосистемы.
5. Экология популяций.
6. Антропогенное воздействие на окружающую среду.
7. Охрана атмосферы от химических загрязнений.
8. Защита гидросферы.
9. Защита литосферы.
10. Основы экологического права.

### Тематический план дисциплины

№ п/п	Наименование раздела. Темы	Заочная форма обучения								
		Всего часов	Ауд.	Лек-ции	Лаб. рабо-ты	Пр. заня-тия	Сам. рабо-та	Курс. проект	Курс. рабо-та	Контр. рабо-та
<b>1</b>	<b>Раздел 1</b>	<b>Основы общей экологии</b>								
2	Тема 1	1	1	1	-	-	-	-	-	-
3	Тема 2	1	1	1	-	-	-	-	-	-
4	Тема 3	1	1	1	-	-	-	-	-	-
5	Тема 4	4	4	4	-	-	-	-	-	-
6	Тема 5	1	1	1	-	-	-	-	-	-
<b>7</b>	<b>Раздел 2</b>	<b>Прикладная экология</b>								
8	Тема 6	2	2	2	-	-	-	-	-	-
9	Тема 7	2	2	2	-	-	-	-	-	-
10	Тема 8	2	2	2	-	-	-	-	-	-
11	Тема 9	2	2	2	-	-	-	-	-	-
<b>12</b>	<b>Раздел 3</b>	<b>Основы экологического права</b>								
13	Тема 10	2	2	2	-	-	-	-	-	-
	<b>Итого:</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	-	-	-	-	-	+
<b>Форма контроля знаний студента: экзамен</b>										

## **1. Предмет и задачи экологии**

Понятие экологии как науки об экосистемах и биосфере. Становление экологии. Содержание современной экологии. Предмет и задачи экологии.

## **2. Биосфера как глобальная экологическая система**

Геосферные оболочки Земли, границы биосферы и ее состав. Живое вещество биосферы, физико-химическое единство живого. Эволюция биосферы.

## **3. Экологические факторы в биосфере**

Абиотические факторы. Биотические факторы. Закономерности воздействия факторов среды на организмы. Закон минимума Либиха, закон толерантности Шелфорда. Реакция организмов на изменение уровня экологических факторов. Экологическая ниша организма. Принцип Гаузе.

## **4. Закономерности развития экосистем**

Структура экосистем. Изменения экосистем в пространстве и во времени. Гомеостаз экосистемы. Сукцессия. Превращение энергии и вещества в экосистемах. Взаимодействие организмов. Экологические пирамиды. Продуктивность экосистем. Круговорот веществ в биосфере.

## **5. Экология популяций**

Статические и динамические показатели популяций. Динамика популяций. Механизмы популяционного равновесия. Экология человека.

## **6. Антропогенное воздействие на окружающую среду**

Антропогенное воздействие на биосферу. Классификация загрязнения окружающей среды. Классификация и характеристика природных ресурсов, ресурсный цикл. Принципы рационального использования природных ресурсов.

## **7. Охрана атмосферы от химических загрязнений**

Источники и виды загрязнения атмосферы. Контроль качества атмосферного воздуха. Принципы и способы защиты атмосферы от химических загрязнений.

## **8. Защита гидросферы**

Причины загрязнения гидросферы. Контроль и управление качеством воды в водоемах. Меры по защите водного бассейна. Очистка сточных вод.

### **9. Защита литосферы**

Важнейшие свойства почвы. Причины разрушения почвы. Защита почв от эрозии. Контроль за загрязнением почвы. Защита биосферы от загрязнения промышленными отходами.

### **10. Основы экологического права**

Основные направления природоохранной политики. Законодательство по охране окружающей природной среды. Экологические требования при проектировании и эксплуатации зданий и сооружений. Экологический менеджмент. Экологические механизмы регулирования природоохранной деятельности. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды.

### 3. ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

#### 3.1. Предмет и задачи экологии

Слово экология образовано из двух греческих слов "oikos", что означает дом, жилище, и "logos" – наука, дословно переводится как наука о доме, местообитании. Впервые этот термин использовал немецкий зоолог Эрнст Геккель в 1886г., определивший экологию как область знаний, изучающую природу, общие взаимоотношения животных как с живой, так и с неживой природой, включающую все как дружественные, так и недружественные отношения, с которыми животные и растения прямо или косвенно входят в контакт. Такое понимание экологии стало общепризнанным, и сегодня классическая экология - это наука об изучении взаимоотношений живых организмов с окружающей их средой.

В зависимости от объекта исследования и угла зрения, под которым он изучается, в экологии сформировались самостоятельные научные направления. По размерности объектов изучения экологию делят на аутэкологию (организм и его среда), популяционную экологию (популяция и ее среда), синэкологию (сообщества и их среда), биогеоцитофизиологию (учение об экосистемах) и глобальную экологию (учение о биосфере Земли).

В зависимости от объекта изучения экологию подразделяют на экологию микроорганизмов, грибов, растений, животных, агроэкологию, промышленную (инженерную), экологию человека и т.п.

По средам и компонентам различают экологию суши, пресных водоемов, моря, пустынь, высокогорий и других средовых и географических пространств.

К экологии часто относят большое количество смежных отраслей знаний, главным образом из области охраны окружающей среды.

Охрана окружающей человека среды - это комплекс международных, государственных, региональных и локальных (местных, административно-хозяйственных), технологических, политических, юридических и общественных мероприятий, направленных на обеспечение социально-

экономического, культурно-исторического, физического, химического и биологического комфорта, необходимого для сохранения здоровья человека. Здоровье человека - критерий состояния окружающей среды, а организм человека - это инструмент, позволяющий оценивать это состояние.

Экологи и специалисты сегодня по-новому ставят саму задачу охраны окружающей человека среды и охраны природы. Они считают, что речь идет уже не об охране среды или природы, а о сохранении биосферы, имея в виду прежде всего сохранение в ней самого человека как биологического вида, поскольку, пока есть приток энергии Солнца, биосфера Земли будет существовать, но это может происходить и без человека.

Содержание современной экологии представлено на рис. 1.



**Рис.1. Предмет и задачи экологии**

Таким образом, предметом и задачами экологии являются закономерности и процессы взаимодействия живых организмов с окружающей природной средой.

## 3.2. Биосфера как глобальная экологическая система

### 3.2.1. Общая характеристика биосферы

Биосфера (от греч. *bios* – жизнь, *sphaira* – шар) – область системного взаимодействия живого и неживого вещества планеты. Это глобальная экосистема – совокупность всех биогеоценозов планеты.

Термин *биосфера* впервые применил в 1875г австрийский геолог Э. Зюсс. Он понимал биосферу как оболочку, где встречаются живые организмы.

Биосфера включает три составляющие: литосферу, гидросферу и атмосферу.

По данным сейсмической разведки установлено, что в центре Земли имеется твердое внутреннее ядро  $r = 1\,250$  км, состоящее из вещества плотностью  $13\text{ г/см}^3$  (скорее всего металл). Вокруг него находится жидкое внешнее ядро радиусом  $3\,050$  км, состоящее из расплавленного вещества. Далее снаружи жидкого ядра следует мантия (с глубины  $2\,900$  до  $40$  км относительно уровня моря). Температура на границе ядра и мантии  $4\,500^\circ\text{C}$ . Снаружи мантии расположена земная кора ( $20 - 40$  км).

Человек сумел освоить глубину до  $15$  км: самая глубокая скважина на Кольском полуострове и самая глубокая шахта в Южной Америке -  $3,5$  км.

Земля не идеальный шар (эллипсоид). С помощью искусственных спутников установлено, что Земля имеет грушевидную форму. Северный полюс приподнят на  $15$  км относительно правильного эллипсоида, а Южный полюс опущен на  $20$  км. Эта, присущая только Земле фигура, получила название **геоид**.

Радиус Земного шара в плоскости экватора составляет  $6\,378$  км, а от центра Земли до полюса –  $6\,357$  км. Длина экватора –  $40\,076$  км, а длина меридиана –  $40\,009$  км. Общая площадь поверхности Земли около  $510$  млн  $\text{км}^2$ , а её объём -  $1,083 \cdot 10^{12}\text{ км}^3$ , масса –  $6 \cdot 10^{12}$  млрд т.

Присутствие вблизи Земли большого спутника Луны существенно влияет на биосферу. Каждые  $12$  ч  $25$  мин уровень моря поднимается на  $\approx 0,5$  м (в океане), а через  $6$  часов возвращается обратно. Вблизи берегов (в Канаде до  $18$  м

- максимум). Луна вызывает колебания атмосферного давления и тормозит вращение Земли.

**Литосфера** (от греч. литос - камень) - каменная оболочка Земли толщиной от 6 км (под океаном) до 80 км (в горах). Это важнейший ресурс для человечества.

Она содержит полезные ископаемые: руду, нефть, уголь, газ и т.д. Верхняя часть литосферы (до 3км) заселена по трещинам и пещерам живыми организмами. Большая их часть находится в почве  $\approx 1,5$  м.

**Гидросфера** (от греч. гидора - вода) – водная оболочка Земли. Её подразделяют на поверхностную и подземную. Общий объём гидросферы 0,13% от объёма земного шара. Основная часть гидросферы (96%) – это океаны, 1,7% - подземные воды, остальное - реки и озера. Практически вся гидросфера заселена живыми организмами. Гидросфера оказывает стабилизирующее действие на условия среды. Средняя температура у поверхности Земли практически не изменяется.

**Атмосфера** (от греч. атмосферос - пар) – газовая оболочка Земли. Она сформировалась в результате геологической эволюции и непрерывной деятельности живых организмов. Она разграничивает планету и космическое пространство, ослабляет излучения и сглаживает резкие колебания температуры в биосфере. Атмосфера состоит из нескольких сфер: тропосферы, стратосферы, мезосферы и ионосферы, между которыми располагаются переходные слои - паузы.

Химический состав воздуха до высоты 100 км остается практически постоянным (азот - 78,09 %, кислород - 20,94 %, аргон - 0,93 %, диоксид углерода - 0,03 %, остальные газы - в микроколичествах). Выше сильно возрастает ионизация газов за счет фотодиссоциации, атмосфера состоит в основном из кислорода и азота в атомарном состоянии. Выше 600 км в атмосфере преобладает гелий, а выше 2 000 - 3 000 км - водород.

В тропосфере обитают насекомые, птицы и млекопитающие, и происходят глобальные вертикальные и горизонтальные перемещения

воздушных масс, которые определяют круговорот воды, теплообмен и перенос загрязнений.

Главная причина переноса воздушных масс – подъём теплого (легкого) воздуха (конвекция) и замещение его снизу холодным. Воздух вблизи экватора прогревается быстрее и устремляется вверх до высоты 17 км, далее на больших высотах воздух растекается на север и юг. Вертикальные потоки переходят в горизонтальные. Теплый воздух в верхней части тропосферы частично охлаждается, рассеивая теплоту в космос. В средних широтах он опускается и устремляется обратно к экватору. Время перемещения на расстояние земного радиуса составляет неделю. Неделя – характерное время изменения погоды. Средняя скорость воздуха у поверхности 10 м/с (36 км/ч).

На высоте 10 км плотность воздуха в 10 раз меньше, скорость ветра составляет 100 м/с и более. Из-за вращения Земли верхние ветры отклоняются и становятся западными, а нижние – восточными.

В разреженных слоях атмосферы происходит расширение воздуха, и он охлаждается; из-за конденсации паров воды образуются облака. Над тропиками на высоте 17 км температура - 75°C, воздух становится очень сухим. Опускаясь, воздух увеличивает свою плотность, нагреваясь за счет этого до +30°C.

Опускание теплого сухого воздуха происходит на широтах 25 – 30 в обоих полушариях, именно там находятся крупнейшие пустыни Земли (Сахара в Африке, Аравийская и Таир – в Азии).

Очень важной характеристикой атмосферы является наличие озонового слоя, который в 6 500 раз ослабляет ультрафиолетовые излучения (УФИ), крайне опасные для всего живого на Земле. Озон образуется в атмосфере на высоте 30-50 км, путем взаимодействия атомарного и молекулярного кислорода



где - М - «третье» тело (ещё одна молекула  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ , аэрозоли и др.).

На меньших высотах скорость образования озона увеличивается за счет увеличения концентрации газов и уменьшается из-за поглощения света, именно

поэтому максимальное содержание  $O_3$  - на высоте 25 км. Общее количество  $O_3$  в атмосфере  $3,3 \cdot 10^9$  т. Если его собрать в слой, то толщина его всего 2-3 мм. Живые организмы в атмосфере зависят от высоты (содержание кислорода, давление). Лес растет до 2 км над уровнем моря, животные обитают до 8 км. Максимальная высота ограничивается температурой, при которой могут существовать живые организмы. Выше линии снегов - лишь пауки и клещи, которые питаются спорами растений.

Таким образом, особенностью всех частей биосферы является тот факт, что они все населены живыми организмами – биотой.

*Живое вещество* – краеугольный камень в учении о биосфере В.И. Вернадского, который считал, что на земной поверхности нет химической силы более постоянной и могущественной, чем живые организмы, взятые в целом.

Под живым веществом он понимал все количество живых организмов как единое целое.

В настоящее время описано  $\approx 300$  тыс. видов растений и более 1,5 млн видов животных (92% на суше и 7% - водные). Суммарная биомасса сухопутных растений составляет 93,2% ( $2,4 \cdot 10^{12}$  т) и 0,8% - животных ( $0,2 \cdot 10^{11}$  т), т.е. на 2 порядка меньше. В океане, наоборот, растений - 6,3% ( $0,2 \cdot 10^9$  т), а животных - 93,7% ( $0,2 \cdot 10^{10}$  т).

Живое вещество имеет определенные свойства:

- стремление заполнить собой все окружающее пространство (некоторые формы организмов могли бы за несколько дней освоить весь земной шар, если бы не было ограничивающих факторов);
- возможность произвольного перемещения в пространстве (например, против течения, силы тяжести и ветра);
- наличие химических соединений (белков, ферментов), устойчивых при жизни и быстро разлагающихся после смерти;

- исключительное разнообразие форм, размеров, высокая способность адаптироваться к условиям существования (некоторые бактерии могут существовать в диапазоне от  $-273$  до  $+180^{\circ}\text{C}$ , в вакууме, уксусе, ядерных реакторах, абсолютной темноте);
- феноменально высокая скорость протекания реакций (в сотни, тысячи раз быстрее, чем в неживой природе);
- высокая скорость обновления живого вещества: для биосферы – 8 лет, для суши – 14 лет, а для океана – 33 дня (планктон).

В состав биосферы входит примерно 90 химических элементов (остальные получены искусственно с помощью ядерных реакций).

Основными элементами (99% от массы земной коры) являются: кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, натрий, калий и магний, причем 50% приходится на кислород и 25% - на кремний.

Из 90 химических элементов – 50 относятся к биогенным, т.е. жизненно необходимым. В первую очередь это имеющиеся в больших количествах в природе и необходимые для всех биологических объектов макроэлементы: Н, О, С, N, S, P, Са, Mg, К, Fe и характерные для животных Na и Cl. В меньших количествах, но столь же необходимые для жизни, встречаются следующие микроэлементы: Cu, Mn, Zn, Mo, Co, у животных также F, I, Se, у растений - В.

### ***3.2.2. Эволюция биосферы***

Существует множество разнообразных теорий происхождения Вселенной, Земли и жизни на ней, наиболее распространенными из них являются:

- стационарного существования – Вселенная существовала всегда;
- возникла в результате большого взрыва с последующим расширением;
- родилась в одной из черных дыр;
- создана Творцом

К концу XX века сформировалась научная теория происхождения Вселенной, объединившая все гипотезы, в том числе, большого взрыва,

стационарного состояния и рождения в черной дыре. Она разработана космологами – учеными, занимающимися проблемами происхождения Вселенной.

Из доклада чл.-корр. РАН И. Д. Новикова (2001 г.) следует, что в начале весь мир был сжат в точку размером  $10^{-32}$  мм, плотностью  $10^{93}$  г/см<sup>3</sup>. Масса материи составляла всего  $10^{-5}$  -  $10^{-6}$  г. Это было так называемое вакуумное состояние материи, для которого характерно огромное отрицательное давление. Материя в таком состоянии создает гравитационное отталкивание, которое послужило первотолчком. После рождения (первотолчка) материя получила ускорение, и Вселенная стала расширяться. Объем Вселенной увеличивался, а плотность не менялась. В результате масса материи увеличивалась.

Вакуумная материя неустойчива, через промежуток времени  $10^{-36}$  с она распалась квантовым образом и превратилась в горячую плазму. Через одну минуту с начала расширения температура горячей материи упала до одного млрд К, и начался синтез легких химических элементов: водорода, гелия, дейтерия, лития, бериллия. Образовалось газовое облако, состоящее из 80% водорода и 20% гелия.

Тогда еще не было ни звезд, ни галактик. Постепенно в результате гравитации частицы стали притягиваться, и через сотни миллионов лет из газовых облаков сформировались первые звезды и галактики. Установлено, что самые старые звезды имеют возраст 15 млрд лет.

Квантовый процесс рождения нашей Вселенной привел к разогреву вещества до очень высоких температур. При расширении эта температура падала, а с ней изменялось и излучение, равномерно заполнившее всю Вселенную.

Первичный свет (слабое электромагнитное излучение) существует и сегодня. Не видимое глазу, оно приходит со всех сторон и регистрируется современными телескопами. Это явление было открыто в 1965 г, и тогда же было установлено, что температура космического пространства равна 3К. За это открытие в 1978 г. была присуждена Нобелевская премия.

В результате квантовых флуктуаций «кипящий вакуум» превращается в отрицательные пузыри раздувающихся вселенных, которые подобны нашей Вселенной. Имеет место вечное кипение, вечное рождение новых Вселенных и вечное умирание.

Следовательно, наша Вселенная вечна – один из пузырьков Сверх вселенной, конца эволюции Вселенной нет.

Современная космология утверждает, что наша Вселенная не одна, Вселенных много.

У человечества есть возможность исследовать их экспериментально. Сейчас запланированы эксперименты с использованием радиотелескопа с зеркалом  $\phi=600\text{м}$ , с запуском со спутников. Тем не менее установить границы Вселенной даже в будущем невозможно, так как границы каждого «пузыря» расширяются со скоростью большей скорости света, т. е. границы нашей Вселенной удаляются быстрее любого сигнала, который человек может послать к ним.

По современным понятиям эволюция звезд протекает в два этапа. Сначала из дозвездного вещества ( $3/4$  водорода и  $1/4$  гелия) образуются звезды первого поколения. После того как в центре звезды резко снижается содержание водорода, она сжимается, давление и температура в ней резко возрастают, и начинает «гореть» гелий. Происходит взрыв звезды. После взрыва звезды первого поколения, вещество снова собирается в звезды под действием гравитации. Это и есть звезды второго поколения.

Взрыв звезды, из которого образовалась Солнечная система, произошел около пяти млрд лет назад. Солнце принадлежит к галактике «Млечный путь». Диаметр галактики составляет 100 тыс. световых лет, толщина - 1000 световых лет. В центре галактики предполагается наличие черной дыры.

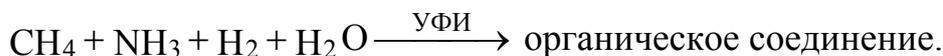
Солнце вместе со звездами вращается вокруг центра галактики со скоростью 200 км/с, совершая один оборот за 200 млн лет, т. е. за время существования оно обернулось вокруг центра «Млечного пути» не более 30 раз. Земля, как и Солнце, образовалось из газопылевого облака 4,5 - 5 млрд лет

назад. Тяжелые элементы опустились вниз и образовали ядро Земли, а легкие поднимались. В определенный момент образовалась атмосфера из аммиака, воды, метана и  $\text{CO}_2$ .

Существует несколько гипотез происхождения жизни на Земле:

- сотворение Богом;
- самопроизвольное возникновение из неживого;
- изначальное существование, т. е. жизнь была всегда;
- появление на планете извне;
- возникновение в результате биохимических процессов.

Жизнь возникла на Земле около 4,5 млрд лет назад в результате длительной эволюции. На основании последних теоретических и экспериментальных данных считается, что жизнь возникла в результате превращения неорганических соединений в органические. Предполагается, что органические соединения образовались в результате вулканических процессов под воздействием высокой температуры и УФИ из газов и воды



Американский химик С. Миллер (1953 г.) в герметичном сосуде создал условия, характерные для планеты. Через несколько дней он обнаружил в колбе присутствие аминокислот – основы белков. По гипотезе А. И. Опарина, белок - начало жизни на планете.

Однако недавние исследования ученых США (Дж. Уокер и др.) поставили под сомнение эксперимент Миллера. Они показали, что УФИ разрушают водородосодержащие молекулы газов.

В настоящее время предполагается, что основными компонентами первичной атмосферы были углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) и азот ( $\text{N}_2$ ). Доля  $\text{CO}_2$  была так велика, что работал «парниковый эффект», и вода в океане почти кипела.

Многие ученые считают, что первые живые организмы появились в гидросфере на большой глубине в геотермальных водах. Доказательство - наличие на большой глубине в океанах бактерий. Они способны жить без

кислорода (анаэробные). Источником энергии для них являются окислительно-восстановительные реакции железа и серы. Вода защищала их от метеоритов и УФ-излучения.

В процессе эволюции сначала появились многоклеточные организмы, способные к фотосинтезу, начался быстрый рост фитопланктона, в атмосфере содержание кислорода достигло 10%, когда кислорода стало достаточно, началось образование озонового слоя (палеозойская эра –  $7 \cdot 10^8$  лет до н.э.).

В мезозойской эре ( $10^8$  -  $7 \cdot 10^7$  лет до н.э.) появились млекопитающие.

В эпоху миоцена ( $10^7$  лет до н.э.) увеличилось видовое разнообразие, появились человекообразные, содержание кислорода соответствует современному.

Появление человечества произошло около 1,5 млн лет назад – этот этап эволюции биосферы называется антропоген. По Ф. Энгельсу – **труд создал человека** – появилось сознание, речь, орудия труда, и началось отрицательное воздействие на биосферу. Миллионы лет природа сохраняла устойчивость, а эра НТП XIX и XX вв. привели к экологическому кризису, т. е. всего за 200 лет (это минуты в эволюции Земли).

Современный этап эволюции биосферы называется **биогеenez**. На этом этапе происходит переход от естественной биосферы к искусственной – **биотехносфере**, где необходимо рациональное управление процессами взаимодействия человека с окружающей средой.

Академик В. И. Вернадский предполагал, что следующим этапом биосферы должен стать **ноогенеenez**, что означает разумное взаимодействие со средой обитания.

На этом этапе биотехносфера должна превратиться в ноосферу. Когда развитие жизни пойдет путем разумного и целесообразного отношения между человеком и средой обитания.

Судя по всему, этот этап еще не наступил. Задача человечества познать законы природы, научиться не препятствовать природе, самое лучшее, что может человек – не противоречить законам природы, а способствовать их

реализации. Эти законы сформулированы американским экологом Б. Коммонером:

- все связано со всем;
- все должно куда - то деваться;
- ничто не дается даром;
- природа знает лучше.

### 3.3. Экологические факторы в биосфере

Основные функциональные единицы биосферы - экологические системы разных уровней. Экосистемой называют совокупность продуцентов, консументов и редуцентов, взаимодействующих друг с другом и с окружающей их средой посредством обмена веществ, энергией и информацией таким образом, что эта единая система сохраняет устойчивость в течение продолжительного времени.

Продуценты, или производители (от лат. *produsent* - производить) - организмы (в основном зеленые растения), использующие световую энергию для синтеза органических веществ из неорганических.

Консументы, или потребители (от лат. *consumo* - потреблять) - организмы, получающие энергию и биогены за счет питания другими организмами.

Редуценты, или деструкторы (от лат. *reducens* - возвращать) - организмы, в ходе своей деятельности превращающие мертвые органические остатки в неорганические вещества.

Таким образом, для естественной экосистемы характерны три признака:

- экосистема обязательно представляет собой совокупность живых и неживых компонентов;
- в рамках экосистемы осуществляется полный цикл, начиная с создания органического вещества и заканчивая его разложением на неорганические составляющие;

- экосистема сохраняет устойчивость в течение некоторого времени, что обеспечивается определенной структурой биотических и абиотических компонентов.

Примерами природных экосистем являются озеро, лес, пустыня, тундра, суша, океан. Глобальной экосистемой, включающей в себя все живое вещество планеты и среду его обитания, является биосфера.

Следовательно, экосистема основана на единстве живого и неживого вещества, т.е. одна составляющая экосистемы - организмы и взаимоотношения между ними (биотические факторы), другая составляющая - совокупность условий неорганической среды, влияющих на организмы (абиотические факторы).

### ***3.3.1. Биотические факторы***

Это совокупность влияния одних организмов на другие. Взаимоотношения между животными, растениями и микроорганизмами чрезвычайно многообразны. Взаимоотношения, когда один или оба вида (партнеры) извлекают пользу друг от друга, называются *симбиозом* (сожительство). К взаимоотношениям такого типа относятся:

1. *Протокооперация* - вид симбиоза, когда совместное существование выгодно обоим видам, но не обязательно для них (например, сосуществование актинии и рака-отшельника).

2. *Комменсализм* - тип взаимоотношений, при котором один из двух обитающих совместно видов извлекает пользу из совместного существования, не причиняя вреда другому виду (например, гиены питаются остатками добычи львов, рыбы – прилипалы используют акул, черепахи как транспортное средство).

3. *Мутуализм* – тип взаимоотношений, при котором оба вида не только извлекают пользу из совместного существования, но и не могут жить самостоятельно (например, клубеньковые бактерии и бобовые растения).

Взаимоотношения, когда партнеры оказывают друг на друга отрицательное влияние, называются *антибиозом*. К таким отношениям относятся:

1. *Конкуренция* – отрицательное воздействие друг на друга в борьбе за пищу, местообитания и др. условия, необходимые для жизни (например, сорняки и культурные растения).

2. *Хищничество* – тип взаимоотношений, при котором представители одного вида ловят и поедают представителей другого вида (например, лиса и заяц, лев и антилопа).

3. *Паразитизм* – тип взаимоотношений, когда один из видов использует другой (хозяина) в качестве источника пищи, мест обитания, защиты от врагов и т.д. (например, блоха и собака).

4. *Нейтрализм* – форма взаимоотношений, при которой обитающие на одной территории популяции не влияют друг на друга (например, медведь и волк, лоси и белки).

Выделяют также зоогенные, фитогенные и микробогенные факторы.

*Зоогенные биотические факторы* – это воздействие животных на растения (например, зайцы и яблони).

*Фитогенные биотические факторы* – воздействие растений на другие растения (например, вьюн оплетает ветви кустов).

*Микробогенные биотические факторы* – воздействие микроорганизмов на живые организмы (например, эпидемии).

### ***3.3.2. Абиотические факторы***

*Климатические* – свет, температура, влажность, ветер и др.

Свет (солнечная энергия)– это электромагнитные волны, распространяющиеся в пространстве. Для организмов важны длина волны, интенсивность излучения и продолжительность воздействия. Солнечный свет имеет длину волны  $\lambda$  от 170 до 400 нм, в том числе

- $\lambda = 390-760$  нм - видимый свет (48%),
- $\lambda > 760$  нм - инфракрасные излучения (45%),

- $\lambda < 400$  нм – ультрафиолетовые излучения (7%).

Видимый свет влияет на фотосинтез, обеспечивая рост растений.

Инфракрасные излучения необходимы для процессов жизнедеятельности.

Ультрафиолетовые излучения в малых дозах необходимы человеку и организмам, обеспечивая образование витамина Д. Излучение с  $\lambda < 290$  нм губительно для живого, но оно поглощается озоновым слоем и не доходит до Земли.

Освещенность земной поверхности колеблется в зависимости от времени года, суток, широты, состояния атмосферы. Из-за вращения Земли периодически чередуются светлое и темное время суток. От освещения зависит цветение, прорастание семян у растений, миграция, зимняя спячка, размножение у животных. Цветы распускаются днём, хищники охотятся ночью, огурцы и редиска растут быстро в период белых ночей. Свет оказывает действие на настроение человека.

Температура и влажность сильно влияют на развитие организмов. При  $t < 0^\circ\text{C}$  клетка повреждается кристаллами льда и гибнет. Верхний предел у большинства живых организмов  $+40^\circ - +45^\circ\text{C}$ . В этом диапазоне скорость реакции удваивается на каждые  $10^\circ\text{C}$ . Одни организмы способны поддерживать температуру тела постоянной (теплокровные), другие регулируют температуру в зависимости от окружающей среды. В холодном климате растения плохо растут (тундра), в жарком - бурно (тропики). Сильное влияние на организмы оказывает влажность. От влажности воздуха зависит рост растений, плодоношение, размножение животных. У организмов сформировались способности к добыванию и расходованию воды. Животные пустыни получают воду из пищи или за счёт окисления жиров. Например, верблюд путем биологического окисления получает из 100 г жира 107 г воды. Растения добывают воду из почвы. Влажность воздуха при крайних значениях усугубляет воздействие температуры на организм. При высокой влажности и низкой температуре наступает переохлаждение, а при высокой влажности и высокой температуре - перегрев. Важный экологический фактор - ветер,

который направлен в сторону прогретого воздуха. Ветер способствует распространению на большие расстояния влаги, семян, спор, химических примесей а также рассеиванию загрязнений, усиливает испарение влаги из почвы, вызывает эрозию.

*Топографические факторы* – это высота над уровнем моря. С ростом высоты температура снижается, растёт количество осадков, скорость ветра, радиация, снижается давление. Экспозиция (освещенность) склона: в северном полушарии теплее на южных склонах, в южном – на северных. Крутизна склона влияет на дренаж. Вода стекает со склонов, смывая почву. Рельеф местности влияет на рассеивание примесей в атмосфере.

*Состав среды.* Водная среда характеризуется содержанием солей, кислотностью, содержанием  $O_2$  и  $CO_2$ . Водные организмы подразделяются на пресноводные и морские. Содержание солей в морской воде составляет  $\approx 35$  г/кг (в Красном море  $> 42$  г/кг). Главный компонент – хлорид натрия, кроме того, имеются ионы Mg, Ca, K, Br. В пресной воде содержание солей меньше 1 г/л, главным образом Ca. (карбонаты). Содержание солей  $> 25$  мг/л – жесткая вода,  $< 1$  г/л – мягкая. Кислотность воды определяется показателем pH. Одни организмы приспособились к жизни в кислой среде (pH  $< 7$ ), другие - в щелочной (pH  $> 7$ ), но большинство предпочитают нейтральную (pH = 7), в кислой среде гибнут ракообразные, рыба. В воде всегда есть растворенные газы прежде всего  $O_2$  и  $CO_2$ , которые участвуют в фотосинтезе и дыхании живых организмов. Содержание  $O_2$  зависит от температуры: в холодной воде кислорода больше, обитает рыба подвижная (форель, хариус), в теплой - малоподвижная (карась, линь).

В морской воде, кроме  $O_2$  и  $CO_2$ , присутствуют другие растворенные газы (сероводород, аргон, метан). Чёрное море, начиная с глубины 150-200 м. является сероводородным до дна. Там обитают организмы, способные обходиться без кислорода.

*Состав воздуха* в современной атмосфере находится в состоянии динамического равновесия ( $78\%N_2$ ,  $21\%O_2$ ,  $0,99Ar$ ). Азот в газообразном

состоянии для большинства живых организмов является нейтральным. Только для некоторых микроорганизмов (клубеньковых бактерий, сине-зеленых водорослей) он является фактором жизнедеятельности. Эти микроорганизмы усваивают молекулярный азот. Присутствие в воздухе иных газообразных веществ пагубно влияет на живые организмы.

Важное значение для живых организмов имеет *состав почвы*. Эдафические факторы: механический состав почвы, плотность, ионный состав, содержание  $O_2$  и гумуса.

К числу важных абиотических факторов относят пожары, которые приводят к полному выгоранию растительности. Однако почва после пожаров обогащается питательными элементами (P, Ca, K, Mg). Животные, пасущиеся на участках, где были пожары, получают более полноценное питание.

### ***3.3.3. Лимитирующие факторы***

На отдельный организм, популяцию или экосистему одновременно влияют многочисленные факторы среды. Процветание отдельного организма, популяции или сообщества зависит от комплекса условий. Любое состояние, приближающееся или превышающее границу устойчивости организма или группы организмов, может считаться фактором, ограничивающим существование. Различные экосистемы характеризуются разнообразными комбинациями факторов, которые могут внести ограничения в биологические структуры и их функции. Фактор, который может замедлять потенциальный рост как отдельного организма, так и экосистемы в целом, называется *лимитирующим*.

В 1913 году В. Шелфордом был сформулирован закон (закон толерантности), который гласит, что лимитирующим фактором процветания организма (вида или экосистемы) может быть как минимум, так и максимум экологического фактора, диапазон между которыми определяет величину выносливости организма к данному фактору. Диапазон толерантности по каждому фактору, таким образом, ограничен его минимальными и

максимальными значениями, в пределах которых только и может существовать организм.

Степень благополучия популяции (или вида) в зависимости от воздействующего на нее фактора представляют в виде так называемой кривой толерантности, имеющей обычно колоколообразную форму с максимумом, соответствующим оптимальному значению данного фактора. Оптимумом, таким образом, являются условия, при которых вид имеет наибольшую жизнеспособность, а данное сообщество получает преимущество перед другими.

Существует *зона сниженной жизнеспособности*, где организмы имеют возможность существовать и размножаться, несмотря на условия окружающей среды, которые в этой зоне не всегда благоприятны. Далее находится *зона угнетенной жизнеспособности*, где нормальное существование организма подавляется неблагоприятным действием экологического фактора. Эти зоны носят еще одно название - стрессовых (стрессом называется неспецифическая реакция организма на любое сильное воздействие, оказываемое на него).

За пределами интервала толерантности лежит зона дистресса (отрицательной реакции организма на внешнее воздействие). Существование организма в этом диапазоне действия фактора невозможно, так как приводит к его гибели (рис.2).



Рис. 2. Схема действия абиотических факторов среды на живые организмы

## 3.4. Закономерности развития экосистем

### 3.4.1. Энергетика биосферы

Все изменения в экосистемах (химические и биологические) требуют затрат энергии. Первичным источником энергии, используемой биосферой, является Солнце. От этого источника Земля получает около 99 % энергии, причем это количество составляет около  $4 \cdot 10^9$  от суммарной энергии, излучаемой Солнцем. Энергия этого излучения усваивается в процессе фотосинтеза, затем трансформируется в химическую энергию биологических молекул и, наконец, рассеивается в космическом пространстве в виде теплового излучения.

Количество солнечной энергии, поступающей в живые организмы, ничтожно мало по сравнению с общим потоком энергии, достигающей поверхности Земли. В процессе фотосинтеза, протекающего в клетках зеленых растений, связывается всего около 0,02 % энергии, получаемой от Солнца. Однако за счет этой энергии может синтезироваться несколько тысяч граммов сухого органического вещества на один кв. м земной поверхности в год. Более половины энергии, связанной при фотосинтезе, тут же расходуется в процессе дыхания самих растений. Остальная часть энергии запасается, идет на наращивание биомассы.

Таким образом, первичная продукция на Земле создается в клетках зеленых растений и некоторых бактерий под воздействием солнечной энергии. Животные не могут осуществлять реакции фотосинтеза и вынуждены использовать солнечную энергию опосредованно, через органическое вещество, созданное фотосинтетиками.

Фотосинтез в зеленых растениях определяет существование всех высших форм жизни, так как кислород в атмосфере Земли образован именно в результате фотосинтеза.

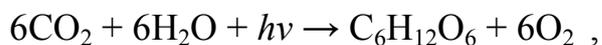
Суть фотосинтеза состоит в следующем. Клетки зеленых растений содержат особые органеллы-хлоропласты. Типичная растительная клетка содержит 50-200 хлоропластов, каждый длиной около одного мкм.

Хлоропласты состоят из бесцветной цитоплазматической основы и зеленого пигмента хлорофилла.

Вода, всасываемая корнями, поднимается по капиллярам ствола, стебля, ветвей растения к листьям, попадает в клетки к хлоропластам. Кроме того, лист хорошо приспособлен для поглощения углекислого газа. В верхнем защитном слое листа (эпидермисе) имеются особые образования - устьица, состоящие из двух клеток. Клетки могут отходить друг от друга, открывая находящуюся между ними своеобразную "щель", сквозь которую и проникает в растение углекислый газ. Днем устьица под влиянием света обычно открыты, а ночью закрыты. Устьица регулируют поступление  $\text{CO}_2$  в растение и сопутствуют испарению воды с поверхности листьев (транспирации).

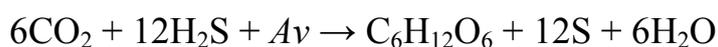
Фотосинтез представляет собой сложную окислительно-восстановительную реакцию, при которой из диоксида углерода и воды синтезируются молекулы сахаров (в частности, глюкозы) с выделением свободного кислорода. Для образования органических веществ необходима энергия, которая поступает на Землю от Солнца в виде фотонов (квантов энергии). Фотон солнечного света взаимодействует с молекулой хлорофилла, в результате чего высвобождается электрон одного из ее атомов. Этот электрон перемещается внутри хлоропласта и взаимодействует с молекулой адено-зиндифосфорной кислоты (АДФ). В результате этого молекула АДФ получает дополнительную энергию, достаточную для превращения ее в молекулу аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), вещества, являющегося энергоносителем клетки. Возбужденная молекула АТФ в живой клетке, содержащей воду и углекислый газ, способствует протеканию реакции образования глюкозы и кислорода, при этом АТФ утрачивает часть энергии и превращается обратно в АДФ. Затем процесс повторяется вновь с использованием следующего фотона света.

Реальный процесс фотосинтеза значительно сложнее, он протекает многостадийно. Суммарное же уравнение имеет следующий вид:



где  $h\nu$  — квант световой энергии; энергия фотона равна произведению постоянной Планка ( $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с) на соответствующую частоту колебания электрона.

У всех зеленых растений реакции фотосинтеза идентичны, но у некоторых бактерий в процессе эволюции выработались иные биохимические пути синтеза глюкозы. Серные бактерии, относящиеся к группе хемосинтетиков, получают необходимые компоненты для синтеза из сероводорода, а не из воды:



Синтез органического вещества бактериями может осуществляться как с использованием света, так и без него. В этом случае энергия, требуемая для протекания процесса хемосинтеза, получается за счет окисления сероводорода до серы или сульфата ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).

Особую группу хемосинтетиков образуют нитрифицирующие бактерии. Они получают энергию за счет окисления таких соединений, как аммиак, водород, без участия энергии Солнца. Ферробактерии окисляют двухвалентное железо до трехвалентного и затем используют выделяющуюся при этом энергию на восстановление  $\text{CO}_2$ .

Таким образом, в процессе фотосинтеза энергия излучения преобразуется в химическую энергию соединений углерода. Впоследствии эти высокоэнергетические соединения расщепляются вновь до образования углекислого газа и воды с выделением энергии. Эти процессы окисления органических соединений кислородом воздуха называются дыханием. Дыхание - это источник энергии, расходуемой клеткой на все ее нужды. Он свойственен как самому растению, так и тем организмам, которые это растение поедают и разлагают.

Процесс дыхания зеленых растений протекает круглые сутки (в отличие от фотосинтеза, протекающего на свету), интенсивность его значительно ниже процесса фотосинтеза. Энергия, выделяемая при дыхании, используется для роста, развития и других процессов жизнедеятельности.

В организм животного окисляемые вещества попадают с пищей в виде белков, жиров, углеводов. В 1780 г. Лавуазье показал, что дыхание и горение имеют единую природу. "Топливо", т.е. окисляемые вещества, взаимодействует с кислородом, потребляемым организмом из воздуха, и "сгорает" до образования  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ :

органические вещества (пища) +  $\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Энергия}$ .

Освобождаемая энергия преобразуется в химическую (АТФ), которая используется затем во всех физико-химических процессах, протекающих в живом организме: процессах синтеза белков, нуклеиновых кислот, процессах транспорта веществ, в непосредственном движении, т.е. работе мышц.

Таким образом, фотосинтез и дыхание - это два противоположных процесса в природной среде, составляющих основу энергетических процессов в биосфере.

### *3.4.2. Трофические цепи*

Взаимодействие живых организмов с компонентами биосферы (литосферой, атмосферой, гидросферой) происходит путем обмена, питания, дыхания, выделения продуктов метаболизма. Все организмы неодинаковы с точки зрения ассимиляции ими веществ и энергии. Растения используют солнечную энергию, осуществляя процесс фотосинтеза, а животные потребляют органические вещества, созданные растениями - фотосинтетиками.

Поэтому все живые организмы по способу питания можно разделить на два класса: автотрофные и гетеротрофные организмы.

Автотрофные (от греч. auto - сам, trophe - пища), т.е. самопитающиеся, поглощают энергию Солнца и вещества из окружающей среды, создают органические вещества из неорганических. К ним относятся зеленые растения, водоросли, некоторые бактерии.

Гетеротрофные организмы (от греч. heteros - другой), т.е. питаемые другими, - используют в качестве пищи готовые органические вещества, они питаются другими животными организмами, растениями или их плодами. К ним относятся травоядные, хищники, человек.

Выделяют иногда еще миксотрофные организмы, которые в зависимости от условий внешней среды могут сочетать автотрофный и гетеротрофный режим питания. Например, водные одноклеточные организмы при хорошей освещенности питаются автотрофно, а в темноте переходят к гетеротрофному способу.

Эти живые организмы должны быть связаны между собой процессами обмена веществом и энергией (пищевыми взаимоотношениями). В результате возникают пищевые или трофические цепи (от греч. *trophe* - пища). Пищевая цепь представляет собой это последовательный перенос вещества и энергии от их источника - зеленого растения - через ряд других организмов на более высоких трофических уровнях (путем поедания одних организмов другими).

Биотический круговорот, происходящий на уровне биогеоценоза, обеспечивается взаимодействием трех групп организмов.

Первая группа - это продуценты. К ним относятся автотрофные организмы, производящие пищу, т.е. первичные органические вещества, в процессе фото - или хемосинтеза.

Вторая группа представлена консументами- гетеротрофными организмами, главным образом животными, поедающими другие организмы. Различают первичных консументов (животных, питающихся зелеными растениями, травоядных), и вторичных консументов (хищников, плотоядных, которые поедают растительноядных). Вторичный консумент может служить источником пищи для другого хищника - консумента третьего порядка и т.д.

Третья группа - редуценты - гетеротрофные организмы, разлагающие органические остатки всех трофических уровней: остатки пищи, мертвые организмы. К ним относятся грибы, бактерии, беспозвоночные (например, черви). Минеральные вещества и диоксид углерода, образующиеся при деятельности редуцентов, опять поступают в воду, воздух и почву, а затем - в распоряжение продуцентов.

Человек в этой классификации оказывается хищником, потребляющим и растительную и животную пищу, т.е. занимает промежуточное положение

между первичными и вторичными консументами, он стоит в конце большинства пищевых цепей.

Таким образом, каждый организм в природе в том или ином виде служит источником питания для ряда других организмов. В результате последовательного перехода органического вещества с одного трофического уровня на другой происходят круговорот веществ и передача энергии. При этом органические вещества, переходя с одного трофического уровня на другой, частично исключаются из круговорота, в результате чего происходит накопление органических соединений в виде залежей полезных ископаемых: торфа, угля, нефти, газа и др.

Трофическая цепь в экосистеме есть цепь энергетическая. Первичным источником энергии всех биосистем является Солнце, оно обеспечивает жизнь. Различные элементы биосистем не генерируют энергию, все они последовательно превращают лучистую энергию в энергию химических связей. Усвоенная консументами из пищи энергия расходуется на дыхание, совершение работы и поддержание жизнедеятельности, некоторая часть идет на рост и размножение.

В силу второго закона термодинамики процесс передачи энергии неизбежно связан с рассеиванием энергии на каждом трофическом уровне, т.е. с ее потерями и возрастанием энтропии, КПД процессов преобразования энергии всегда меньше единицы. Определенная доля энергии теряется при отмирании организмов, а также не усваивается из пищи.

Однако при всем разнообразии расходов энергии максимальные затраты энергии идут на дыхание, в сумме с неусвоенной пищей они составляют до 90% от потребленной энергии. Тогда результирующий поток энергии, переходящий на следующий, более высокий трофический уровень, составляет в среднем около 10 % энергии, полученной данным уровнем. Эта закономерность называется обычно "правилом десяти процентов". В результате на верхние трофические уровни (к хищникам) переходит всего тысячная доля процента от энергии зеленых растений.

В результате этого количество энергии, доступное для потребления, падает по мере возрастания трофического уровня организма. Это приводит к тому, что цепи питания не могут быть длинными, чаще всего они состоят из 4-6 звеньев. Например, "трава— заяц—лиса" или "трава—муха—лягушка—цапля—лиса". Однако такие линейные цепи в чистом виде в природе практически не встречаются. Первое трофическое звено - растение - может служить источником питания нескольким видам консументов, причем те, также могут являться составной частью нескольких различных пищевых цепей. Например, заяц как консумент I порядка может служить пищей нескольким хищникам - лисе, волку и др. В результате в экосистеме формируются сложные пищевые или трофические цепи. Более сложные цепи характеризуются повышенной надежностью и более интенсивным круговоротом веществ.

Цепи питания не всегда могут быть полными. В них могут отсутствовать растения (продуценты). Такая цепь характерна для сообществ, формирующихся на базе разложения трупов животных или растительных остатков. Кроме того, могут отсутствовать или могут быть представлены небольшим количеством животные. Например, в лесах отмирающие растения или их части сразу используются в пищу редуцентами, которые разлагают органические вещества до исходных минеральных веществ и  $\text{CO}_2$ , завершая круговорот.

### ***3.4.3. Изменение экосистем***

В естественной экосистеме постоянно поддерживается равновесие (гомеостаз) путем естественного отбора. Уничтожение тех или иных звеньев трофической цепи не происходит.

Любая экосистема всегда сбалансирована и устойчива, причем чем сложнее экосистема, тем она устойчивее. Устойчивость экосистемы тем больше, чем больше она по размеру и чем богаче ее видовой состав.

Никакая часть экосистемы не может существовать без другой. Если по какой-либо причине исчезнет группа организмов, то по закону цепных реакций может разрушиться все сообщество.

Часто бывает так, что вместо исчезнувшего вида появляется другой со сходными функциями («дублер»). У каждого вида в экосистеме есть свой «дублер» (мыши-кроты, цапли-кулики).

Такой процесс вытеснения одних живых организмов другими называется сукцессией (от лат. *successio*- преемственность, наследование). Обычно сукцессии возникают в результате природных явлений (отступление ледников, пожары, вулканы), но иногда связаны с деятельностью человека (вырубка лесов, мелиорация, распашка степи, создание водохранилищ).

По общему характеру сукцессии делят на первичную и вторичную. Первичная сукцессия – это процесс развития и смены экосистем на незаселенных ранее местах. Например, зарождается жизнь на голых скалах, в местах отступления ледников и морей, зарастание озера лесом. Такие процессы длятся очень долго, сотни и тысячи лет.

В этом случае решающее значение имеет процесс формирования почвы. Появление животных значительно ускоряет этот процесс.

Вторичная сукцессия – это процесс постепенного восстановления экосистем, когда-то уже существовавших на данной территории, исчезнувших в результате пожара, наводнений, вырубки лесов. На заброшенной пашне через 5-6 лет появляются деревья.

Экосистемы неоднородны в пространстве и изменяются во времени. Наземные экосистемы многоярусны. В лесу высокий ярус занимают светолюбивые деревья, нижний – кустарники, травы, мох. Животные также занимают разные ярусы.

Вертикальная неоднородность определяется светом, горизонтальная - влажностью и температурой.

В водных системах также разные виды животных обитают на разных глубинах.

Существует также суточная и сезонная неоднородность экосистем, что обусловлено изменением абиотических факторов (свет, температура, влажность).

В течение суток не происходит изменение видового состава, меняется только активность экосистем. Сезонные изменения затрагивают видовой состав и продуктивность, но общую характеристику экосистемы не меняют, так как повторяются ежегодно.

#### ***3.4.4. Круговорот веществ в биосфере***

Солнечная энергия образует глобальные круговороты воды и воздуха. Ветер идет туда, где воздух более нагрет (меньше давление). Движение воздуха обеспечивает миграцию веществ в биосфере.

Круговорот воды – самый значительный по энергозатратам. Чтобы нагреть воду на 1°C, требуется 1000 кал. Ежегодно в круговорот вовлекается 0,04% массы гидросферы (16,5 млн м<sup>3</sup> в с), что требует > 40 млрд МВт солнечной энергии.

Цикличность круговорота воды один раз в 16 дней, что также производит миграцию веществ в биосфере.

Кроме того, под воздействием Солнца и глубинной энергии Земли происходит геологический круговорот веществ: выветривание горных пород, трансформация в магму (землетрясения), поднятие на поверхность (вулканы) и вновь выветривание. Это большой круговорот (геологический).

Малый круговорот веществ в биосфере – биохимический. Он происходит с помощью живых организмов, способных превращать неорганические вещества в органические и разлагать органические до неорганических.

Рассмотрим циклы наиболее значимых биогенных элементов.

*Цикл углерода.* Круговорот углерода (рис.3) происходит по большому и малому циклам.

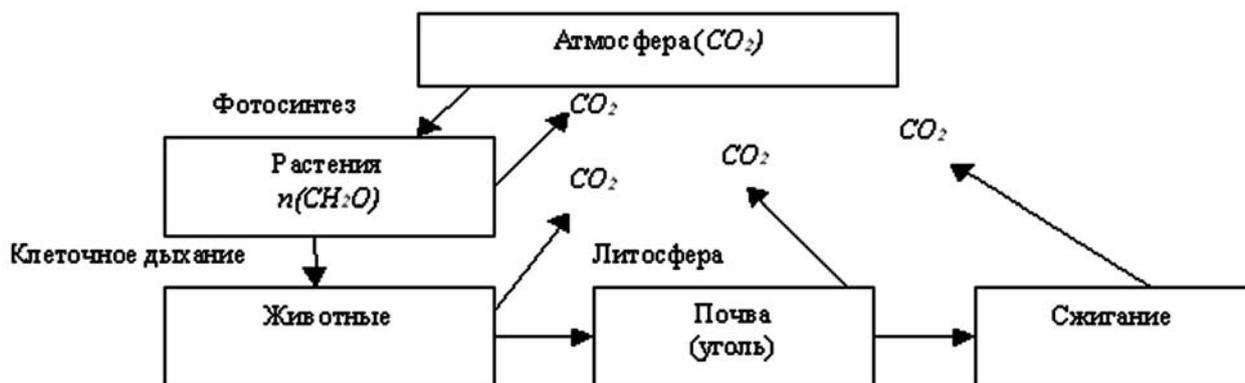


Рис.3. Круговорот углерода

Малый круговорот углерода в атмосфере длится 300 лет. Часть углерода участвует в большом круговороте (геологическом), превращаясь в топливо. Человек нарушает круговорот углерода, вырубая леса и сжигая топливо, тем самым увеличивая концентрацию углекислого газа в атмосфере.

*Круговорот азота* представлен на рис.4.

Содержание азота в воздухе составляет 78%, т.е. его запасы неисчерпаемы.

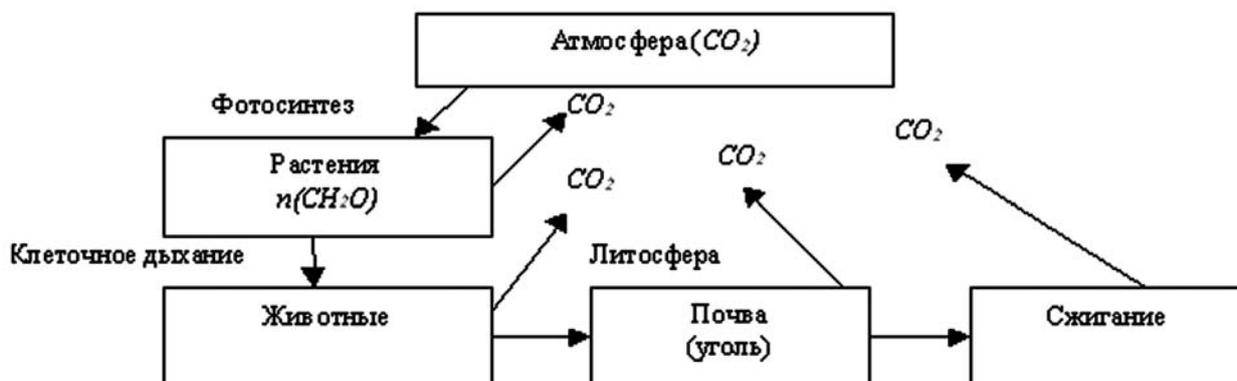


Рис. 4. Биогеохимический круговорот азота

Фиксация азота из воздуха осуществляется бактериями в количестве 1 млрд т в год, которые переводят его в связанную форму – аммоний и нитраты.

Избыток азота из почвы и воды динитрофицирующие бактерии переводят в молекулярную форму. Если уничтожить 12 видов бактерий, то жизнь прекратится. Человек нарушает круговорот за счет производства азотных удобрений (30 млн т в год). Наблюдается избыток азота в почвах, растет концентрация нитратов в с/х продукции.

Круговорот фосфора представлен на рис.5.

Фосфор – редкий элемент в биосфере, содержание его в земной коре составляет менее 1%, поэтому требуется внесение удобрений, что ведет к истощению природных запасов.

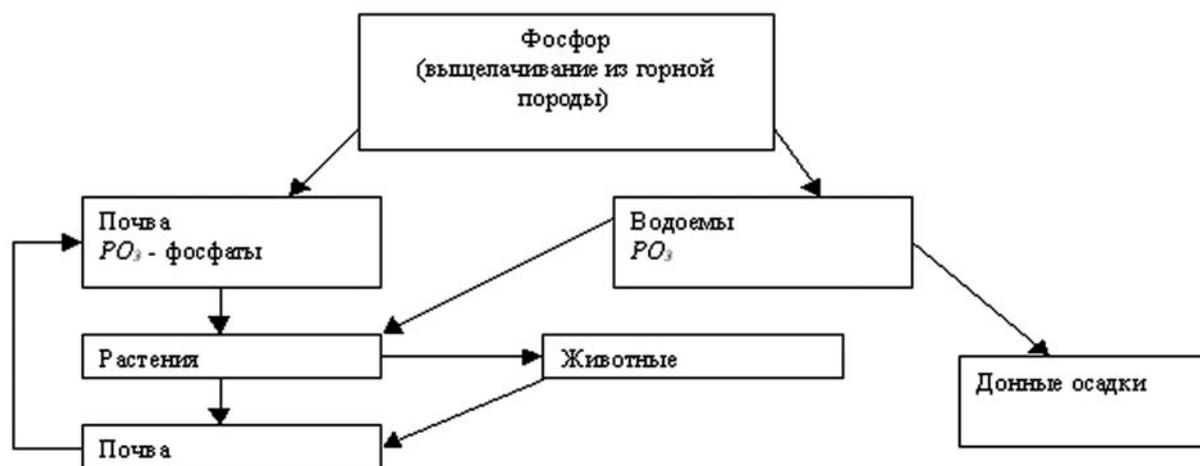


Рис. 5. Круговорот фосфора

Круговорот фосфора разомкнут. Значительная часть оседает на дне, взаимодействуя с металлами и образуя нерастворимые соединения.

### 3.5. Экология популяций

#### 3.5.1. Популяции и динамика их развития

Решающими биотическими элементами естественных экосистем являются не отдельные организмы, а популяции. Каждый биологический вид представляет собой сложную экологическую систему - систему популяций. Разные части ареала (т.е. районов обитания вида) отличаются друг от друга не только географически, но и по составу группировок внутри вида. Каждая группировка имеет свои генетические, морфологические и физиологические особенности. Такие группировки и называются популяциями.

*Популяция* - группировка особей одного вида с общим генофондом, сходной морфологией и единым жизненным циклом.

Одно из основных свойств популяции - свободное скрещивание составляющих ее особей, что определяет эволюционное единство популяции.

Популяции характеризуются статическими и динамическими показателями:

Статические показатели:

- численность - количество особей в пределах определенного пространства (район, бассейн реки и т.п.);
- плотность популяций - число особей, приходящихся на единицу площади;
- показатели структуры;
- соотношение количества самцов и самок;
- возрастной - количество особей разного возраста приблизительно равно;
- размерный - количество особей разного размера.

Чем больше размеры особи, тем больше площади занимает популяция и плотность популяции меньше;

Динамические показатели (характеризуют изменение численности за время):

- рождаемость (плодовитость) – количество особей, рождающихся за единицу времени  $P = \frac{\Delta N_n}{\Delta t}$  ;

- смертность – количество особей, умерших за единицу времени  $C = \frac{\Delta N_y}{\Delta t}$  .

Для сравнения рождаемости и смертности различных популяций применяются удельные показатели:

$b = \frac{\Delta N_n}{N\Delta t}$  - удельная рождаемость,

$d = \frac{\Delta N_y}{N\Delta t}$  - удельная смертность.

Скорость изменения численности определяется как  $r = b-d$ ,

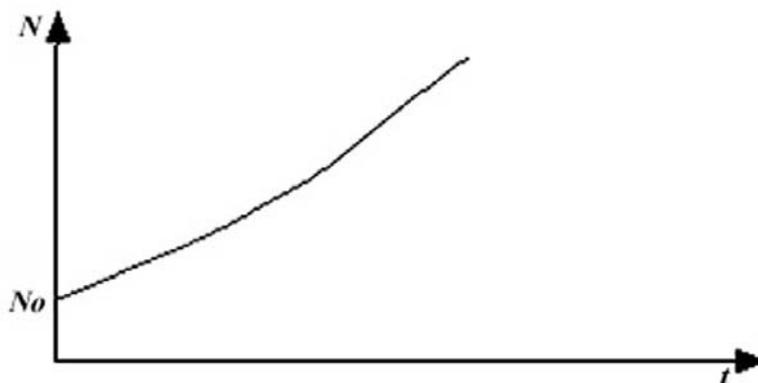
при  $b < d$  – снижение численности; при  $b > d$  – рост численности; при  $b = d$  – стабильное состояние (СКР=2).

Динамические показатели позволяют предсказать вспышки численности популяций, регулировать численность промысловых животных.

Различают три типа динамики популяций:

- экспоненциальный рост (популяционный взрыв) характеризуется следующей зависимостью (рис.6).

$$dN / dt = rN$$



**Рис. 6. Экспоненциальная кривая роста при идеальных условиях среды**

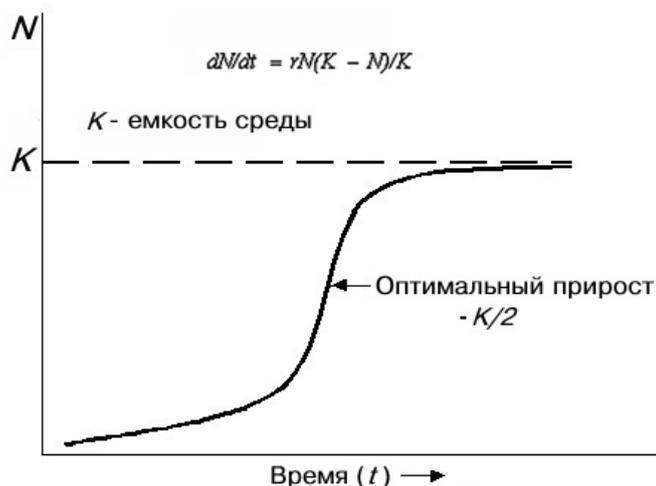
$N$  – численность особей в популяции;

$t$  – время;

$r$  – константа скорости естественного прироста.

$N_0$  – начальная численность (биотический потенциал), при котором популяция может сохраниться, а при благоприятных условиях резко увеличить численность (избыток ресурсов, пищи, мало врагов). В качестве примера можно привести Австралию, куда завезли кроликов для спортивной охоты. В 1980 году обильные дожди, бурный рост трав и, как следствие, быстрое увеличение популяции кроликов привели к тому, что они уничтожили все травы и принялись за посевы фермеров. Местные хищники собаки Динго и лисы оказались для них не опасными. Пришлось искать паразита (инфекцию), что позволило снизить поголовье кроликов.

Экспоненциальный рост наблюдается короткое время, затем ограничивающие факторы его стабилизируют, и в дальнейшем развитие идет по логистической модели и описывается S - образной кривой (рис.7).



**Рис.7. Логистическая кривая роста в естественных условиях при емкости среды, равной  $K$**

**$K$  – поддерживающая емкость среды; т.е. максимальный размер популяции, которая может существовать в данных условиях, удовлетворяя свои потребности неопределенно долго**

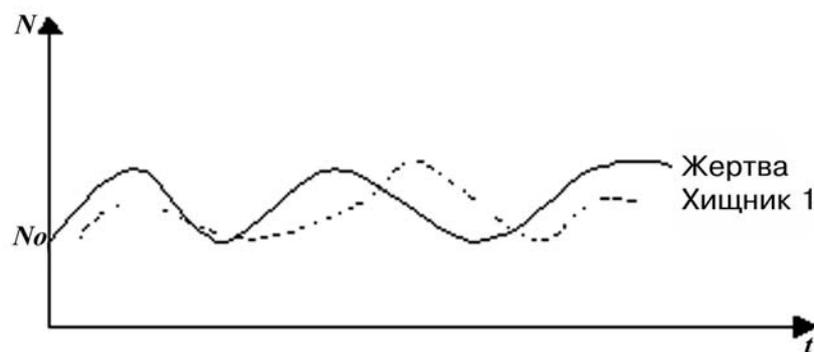
Обычно существует множество ограничивающих экологических факторов, поэтому в природе чаще встречается динамика 2-го типа – динамическое равновесие (гомеостаз) (рис.8).



**Рис. 8. Динамическое равновесие**

Амплитуда колебаний может изменяться в зависимости от сопротивления среды (климатические условия, хищники, инфекции и т.п.). Суммарное воздействие экологических факторов среды уменьшает колебания численности и способствует динамическому равновесию.

Механизм популяционного равновесия рассмотрим на примере взаимоотношений между хищником и жертвой (рис.9).

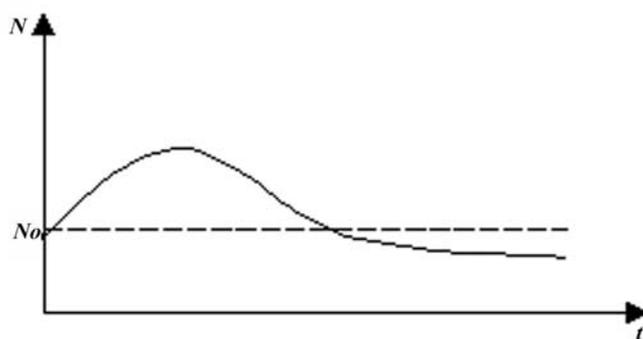


**Рис. 9. Естественные колебания хищника и жертвы**

Когда численность жертвы не высока, пищи и удобных укрытий у нее недостаточно, численность популяции начинает расти, несмотря на присутствие хищника. С ростом популяции жертвы улучшаются условия для хищника, и численность его растет. Вскоре популяция жертвы начинает испытывать сопротивление среды (недостаток пищи, множество хищников), и их численность уменьшается. Выживают только сильные особи. Шанс их поймать у хищников снижается, они испытывают недостаток пищи, и численность хищников уменьшается. Начинается рост популяции жертвы и процесс продолжается.

Обычно в природе каждый вид зависит от нескольких хищников. Это сглаживает амплитуду колебаний, так как разные хищники сокращают численность жертвы при разной плотности. Отсюда вытекает важный принцип устойчивости биосферы – видовое разнообразие обеспечивает стабильность экосистем.

В результате вмешательства человека или инфекции стабильность экосистемы может быть нарушена. Динамика характеризуется третьим видом (рис.10).



**Рис.10. Гибель популяции**

Например, из-за загрязнения окружающей среды, массового отлова животных, нарушения места обитания численность популяции  $N < N_0$ , при этом восстановление популяции невозможно.

### ***3.5.2. Экология человека***

Первобытные люди жили мелкими племенами, охотясь на диких животных и собирая растительную пищу. Поселения их были невелики и относительно недолговечны, поскольку пищевые ресурсы истощались, и люди были вынуждены откочевывать на новое место. Однако около 10 тыс. лет назад произошло одно очень существенное изменение: возникло сельское хозяйство. С его развитием люди стали создавать свою собственную, отличную от естественной экосистему человека. Это стало поворотным пунктом в истории развития человечества. Впервые у людей появилась возможность более или менее стабильно обеспечивать себя пищей, что позволило им перейти к разделению труда.

Способность человека мыслить и изготавливать орудия труда помогла ему, по крайней мере временно, преодолеть действие обычных лимитирующих факторов: нехватка пищи и воды, наличие хищников и паразитов, подходящее место обитания и конкуренцию с другими видами. Преодолеть их действие Человек смог, потому что научился:

- производить продовольствие;
- создавать водохранилища и подводить воду в населенные пункты и на поля;

- создавать средства борьбы с хищниками и болезнетворными организмами;
- строить жилища и обогревать их по собственному желанию.

Таким образом, избавление от природных лимитирующих факторов позволило человеческой экосистеме вырасти и распространиться по всей Земле. Процесс этот идет и в настоящее время, и мы продолжаем вырубать, выжигать, распахивать и пускать под бульдозер естественные экосистемы, чтобы занять все большее и большее пространство.

Популяция первобытных охотников-собирателей, как и других животных, контролировалась факторами сопротивления среды, т.е. нехваткой пищи, наличием хищников, болезнями. С началом земледелия существенно ослабилось действие важнейшего из них - нехватки пищи. Тем не менее население Земли продолжало расти очень медленно, периодически сокращаясь из-за эпидемий. С середины XIX века распространение инфекций стали сдерживаться, благодаря появлению прививок, улучшению санитарных условий жизни. После ослабления действия этого важного фактора сопротивления среды народонаселение Земли вступило в стадию взрывообразного роста, продолжающегося по сей день. Резкое увеличение численности людей - результат возросшего пополнения популяции: гораздо меньше детей стало умирать от болезней. Рождаемость, напротив, несколько снизилась в связи с распространением контрацептивов, однако еще недостаточно, чтобы сдерживать рост народонаселения.

Следовательно, человеческая популяция подчиняется тем же законам, что и любая другая. Когда сопротивление среды ослабевает, ее численность взрывообразно растет, но в отличие от других живых существ мы сами снизили сопротивление среды. Кроме того, воздействуя на уравнивающие факторы, касающиеся нас самих, мы нарушили практически все природные балансы. Как известно, естественное равновесие между видами зависит от плотности популяции. При снижении

плотности популяции сопротивление среды ослабевает. Но в случае человека такая обратная связь не работает: с помощью техники и сельского хозяйства он может эксплуатировать природные ресурсы вплоть до полного их истощения, приводя к исчезновению видов и даже целых экосистем. В этом смысле человечество подобно виду, не встречающему естественных врагов.

Вот некоторые направления деятельности человека, ведущие к исчезновению множества видов живых существ:

- полное уничтожение экосистем для удовлетворения собственных потребностей (например, вырубка лесов для выращивания сельхозпродукции и строительства жилья);
- прокладка каналов и запруживание рек, приводящих к нарушению водного баланса в природных экосистемах со всеми вытекающими последствиями;
- загрязнение воды и воздуха химическими и другими отходами;
- нерациональная вырубка лесов, чрезмерно интенсивная охота, рыболовство, сбор редких видов фауны;
- преднамеренное уничтожение хищников;
- использование пестицидов с непредсказуемым побочным воздействием.

Все это приводит к сокращению популяций и вымиранию видов. Экосистема человека крайне проста. Свыше 80% всей производимой им пищи основано на потреблении всего пяти видов растений: пшеницы, риса, кукурузы, сои и сахарного тростника, которые возделываются на обширной однородной территории. Это выгодно экономически, но видовое разнообразие обеспечивает стабильность экосистем. Надо тщательно контролировать свое воздействие на окружающую природную среду в целом. Нельзя забывать, что, во-первых, даже единственный фактор, не соответствующий зоне оптимума, уже приводит к стрессу или к угрозе для организма, а во-вторых, изменение любого (биотического или абиотичес-

кого) фактора вызывает цепную реакцию с далеко идущими последствиями. Загрязнение воздуха, изменение климата, разрушение озонового слоя, кислотные дожди, деградация многих биотических факторов - все это вполне может подорвать основы стабильного обеспечения экологической системы человека.

### **3.6. Антропогенное воздействие на окружающую среду**

Экологические проблемы всегда сопутствовали развитию человеческой цивилизации. Однако то, что было в недалеком прошлом, не может идти ни в какое сравнение с масштабами противоречий, возникающих при взаимодействии общества и Природы в современную эпоху. Сегодня на Земле практически не осталось мест с ненарушенными экосистемами, способными осуществлять естественные средообразующие функции.

Антропогенное воздействие на окружающую природу осуществляется по двум направлениям (рис. 11):

- потребление природных ресурсов;
- загрязнение окружающей среды в результате деятельности человека (объекты загрязнения – атмосфера, вода, почва, животные, растения и микроорганизмы).

Природные ресурсы - важнейшие компоненты окружающей человечество естественной среды, используемые для создания материальных и культурных потребностей общества (вода, почва, солнечная радиация и другие виды энергии, растительный и животный мир и т.д.).

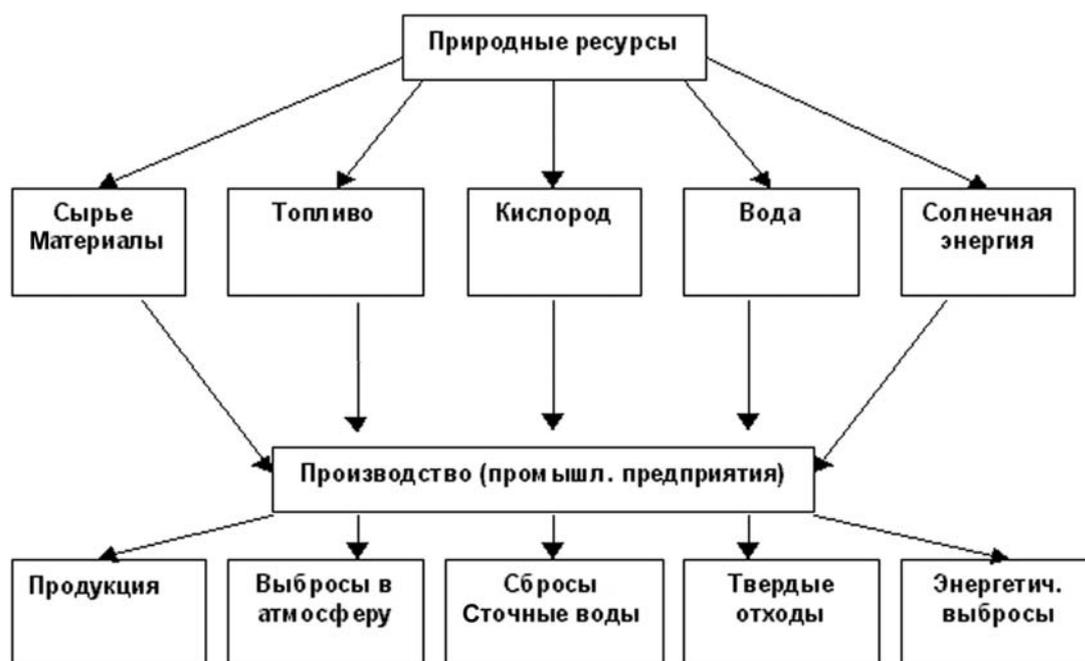


Рис. 11. Схема антропогенного воздействия на окружающую природу

### *3.6.1. Классификация природных ресурсов*

Существует 3 вида классификации: естественная, хозяйственная и экологическая.

Естественная классификация разделяет природные ресурсы на земельные, водные, растительные, атмосферные и животный мир.

Хозяйственная классификация структурирует их по отраслевой принадлежности: химические, топливно-энергетические, сельскохозяйственные.

Экологическая классификация - по исчерпаемости и возобновляемости (рис.12).

С каждым периодом своего развития человечество все более быстрыми темпами начинает осваивать новые виды доступных природных ресурсов, в том числе, и минеральных. Однако еще до недавнего времени человек жил в условиях практически неиссякаемых природных ресурсов, скорость потребления как возобновляемых, так и невозобновляемых ресурсов была относительно невелика.

Сейчас возникла качественно иная ситуация - уровень потребления возобновляемых природных ресурсов начал превышать скорость их

возобновления, стала также очевидна ограниченность многих невозобновляемых видов ресурсов, в частности ископаемого топлива.



Рис. 12. Классификация природных ресурсов

Современная эпоха характеризуется все возрастающим потреблением минерально-сырьевых ресурсов. В период с 1900 по 1970 гг. производство полезных ископаемых увеличилось в 12,5 раза, а к 1999 г. отмечено трехкратное увеличение добычи сырья по сравнению с 1970 г. На фоне роста масштабов производства на первый план выступает вопрос об ограниченности природных ресурсов, необходимых для удовлетворения запросов человеческой цивилизации и о пути их рационального использования.

Катастрофические результаты использования человечеством биологических ресурсов впервые были восприняты через список истребленных видов растений и животных. Только с 1800 г. на Земле вымерло 74 вида птиц (1,23 %) и 63 вида млекопитающих (1,43 %). Еще больше погублено подвидов птиц и животных, причем более 50 % погублено в ходе человеческой деятельности.

Поскольку скорость возобновления ресурсов растительного и животного мира во многом зависит от деятельности человека, возникает задача сбалансированности масштабов потребления и возобновления природных ресурсов. В противном случае по мере роста потребления произойдет

снижение возобновительной способности природных систем за счет истощения их биопродуктивности.

Что касается невозобновляемых ресурсов, то их истощение со временем неизбежно, поэтому задача их грамотного использования заключается не столько в том, чтобы растянуть эти ресурсы на более длительный срок, сколько в том, чтобы до исчерпания того или иного природного ресурса найти ему заменитель природного или искусственного происхождения, либо изыскать возможность его регенерации за счет использования вторичного сырья.

Перспективные прогнозы о количестве возможных запасов различных природных ресурсов специалистами оцениваются весьма различно. По средним оценкам, запасов железной, марганцевой и хромовой руд, фосфатного сырья должно хватить еще на 100-300 лет, но разведанных запасов полиметаллических руд, содержащих никель, вольфрам, молибден, медь, свинец, цинк, олово остается на 30-60 лет и менее.

Из невозобновляемых природных ресурсов наиболее существенно истощение ископаемого топлива. По оценкам специалистов, его хватит еще на 50-100 лет. В предвидении этого уже сейчас необходимо искать альтернативные виды топлива и энергии.

### ***3.6.2. Принципы рационального использования природных ресурсов***

Важнейшим лимитирующим фактором выживания человека как биологического вида является ограниченность и исчерпаемость природных ресурсов, а также характер их использования (ресурсный цикл) – это совокупность превращений веществ на всех этапах использования их человеком.

Понятие «цикл» предполагает замкнутость процесса. Но ресурсный цикл фактически не замкнут (рис.13). На каждом этапе ресурсного цикла возникают потери.

На первом этапе при добыче часть сырья остается в местах залегания. Значительная часть теряется при перегрузке, транспортировке и переработке. Продукция со временем выходит из строя, частично превращается в утиль и

повторно используется. Большая часть превращается в отходы и загрязняет окружающую среду.

Пока еще человек не научился использовать природные ресурсы полностью и многократно. Усилия ученых направлены на то, чтобы сделать ресурсный цикл замкнутым.

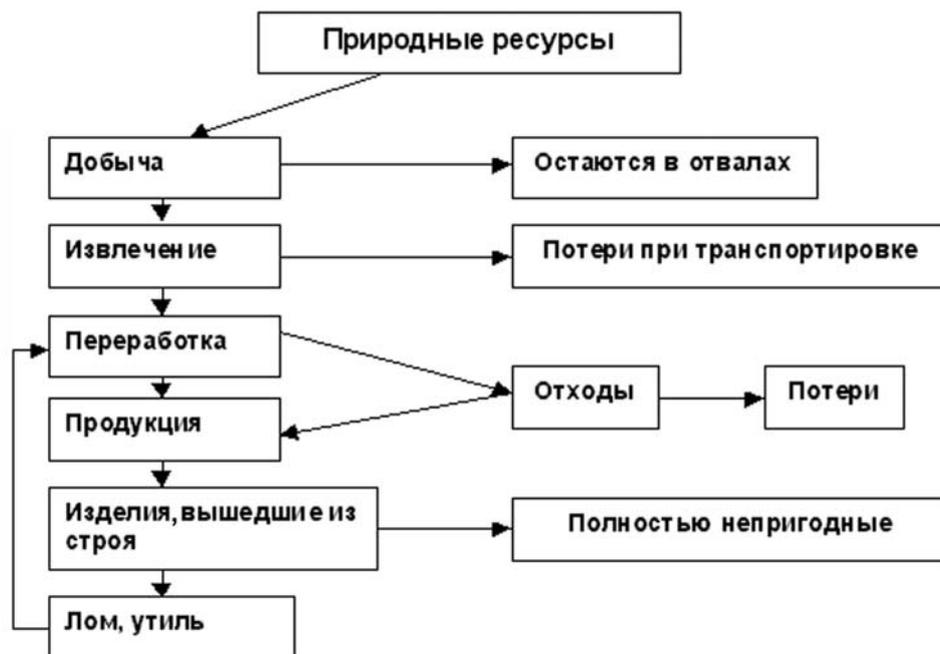


Рис. 13. Ресурсный цикл

Основными принципами рационального использования природных ресурсов являются:

- комплексное извлечение всех полезных компонентов из месторождений. Извлечение из «пустой» породы побочных ценных элементов (золота, серебра, кобальта и др.);
- безотходное использование полезных ископаемых в производстве (отходы металлургического производства использовать при изготовлении строительных материалов);
- рекуперация - использование вторичных продуктов производства;
- вторичное использование материалов после выхода из строя (металлолом, макулатура, отходы дерева, стекла, пластмасс и др.);

- использование и разработка «бедных» месторождений, что увеличивает запас природных ресурсов;
- поиск и освоение новых источников полезных ископаемых. Морское дно на 10% покрыто железно-марганцевыми соединениями. Они содержат кроме железа и марганца еще 18 элементов (Ni, Co, Cu, U и т.п.);
- использование новых материалов взамен дефицитных;
- поиск новых энергетических ресурсов, например, в биоэнергетике открыт метод разложения отходов до метана.

Таким образом, перед человечеством стоит сложная задача – научиться концентрировать рассеянное вещество и повторно его использовать. В будущем отходы будут рассматриваться как природные ресурсы.

### **3.7. Охрана атмосферы от химических загрязнений**

Антропогенное загрязнение вносит заметные изменения в атмосферу, нарушая ее материальный и энергетический баланс и, как следствие, биосферные процессы.

Наибольшее количество загрязняющих веществ поступает в атмосферу с выхлопными газами транспортных средств (автомобилей, тепловозов, самолетов, ракет), содержащих до 200 различных веществ, в том числе CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, углеводороды (этан, метан и др.), бензапирен, тетраэтилсвинец, сажу. В среднем автомобиль с бензиновым двигателем на 15 тыс. км пробега потребляет 4 350 кг кислорода и выбрасывает 3 250 кг диоксида углерода, 530 кг оксида углерода, 98 кг углеводородов, 27 кг оксидов азота.

Предприятия теплоэнергетики, металлургической, химической промышленности и промышленности строительных материалов также увеличивают загрязнения атмосферы.

Снижение загрязнений атмосферы может быть достигнуто двумя путями: рассеиванием химических веществ в воздушной среде и более полной очисткой атмосферных выбросов от токсичных компонентов.

### 3.7.1 Рассеивание химических соединений в атмосфере

Для отвода газа и пылеудаления на предприятиях используют высокие трубы. Их применение позволяет распределять загрязняющие вещества на большие площади, снижая тем самым их общую концентрацию в атмосфере. Максимальная концентрация каждого токсичного соединения  $C_m$  в приземном слое атмосферы не должна превышать максимально разовой предельно допустимой концентрации данного вещества ПДК<sub>м.р</sub> в атмосферном воздухе:

$$C_m \leq \text{ПДК}_{\text{м.р.}}$$

Величина  $C_m$  при выбросе нагретой газовой смеси из одиночного источника с круглым устьем при неблагоприятных метеорологических условиях определяется по формуле:

$$C_m = \frac{AMFmn}{H^2 \sqrt[3]{V\Delta t}}$$

где  $A$  - коэффициент, зависящий от условий вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе;

$M$  - масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, г/с;

$F$  - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания частиц загрязняющих веществ в атмосферном воздухе;

$m$ ,  $n$  - безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из источника;

$\Delta t$  - разность температур выбрасываемой газовой смеси и воздуха;

$V$  - объем выбрасываемой газовой смеси, м<sup>3</sup>/с.

Снижению концентрации вредных веществ в приземном слое воздуха способствует увеличение высоты и температура выбросов.

Рассеивание вредных веществ в атмосфере не является эффективным средством ее защиты от загрязнений, однако к нему до сих пор прибегают, чтобы снизить концентрации токсичных соединений в приземном слое воздуха.

### 3.7.2. Очистка выбросов от пыли

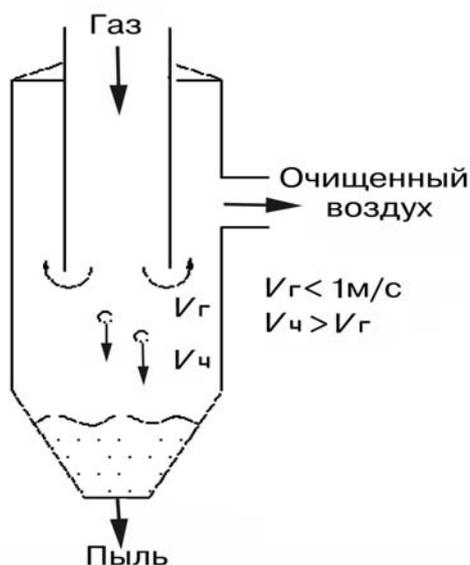
Выбор того или иного способа очистки выбросов зависит от агрегатного состояния примесей, физических параметров выбросов (температуры, влажности, дисперсного состава частиц) и от химического состава примесей. Универсального способа нет, в каждом конкретном случае выбирается наиболее подходящий в зависимости от требуемой степени и тонкости очистки.

Современные аппараты для обеспыливания отходящих газов можно подразделить на четыре группы:

- механические обеспыливающие устройства, в которых пыль отделяется под действием гравитационных, инерционных или центробежных сил;
- мокрые или гидравлические аппараты, в которых твердые частицы улавливаются жидкостью;
- пористые фильтры, удерживающие тонкую пыль;
- электрофильтры, в которых осаждение пыли осуществляется за счет ионизации газа.

*Механические обеспыливающие устройства* используются, как правило, для предварительной очистки отходящих газов, причем выбор оптимального способа определяется в первую очередь гранулометрическим составом пыли. К механическим обеспыливающим устройствам относятся циклоны, вихревые пылеуловители, пылевые камеры и жалюзийные аппараты.

Самым простым аппаратом является пылеосадительная камера, принцип действия которой основан на силах тяжести и инерции (рис.14).



**Рис.14. Пылеосадительная камера**

Газ подается в корпус аппарата через входной патрубок и меняет направление на  $180^\circ$ . Скорость ( $V_Г$ ) подъема газа в корпусе не более  $1 \text{ м/с}$ . Скорость витания частиц  $V_ч > V_Г$ . Улавливаются крупные частицы  $d > 30 \text{ мкм}$ . Эффективность очистки  $\eta = 0,65-0,85$ .

Пылеосадительные камеры имеют большие габариты  $D=5 \text{ м}$ ,  $H \approx 10 \text{ м}$ . Их используют в металлургии для предварительной очистки газов при высокой концентрации пыли.

Для предварительной очистки газов часто применяют жалюзийные пылеуловители, которые встраиваются в газоход (рис.15).



**Рис. 15. Жалюзийный пылеуловитель**

Жалюзийные аппараты делят поток на две части (20% пыль и 80% очищенный воздух). Отделение пыли происходит за счет инерционных сил, возникающих при повороте газового потока на входе в жалюзийную решетку.

Частицы пыли отражаются от решетки при соударении и направляются в газодод и далее к циклону. Эффективность очистки достигает 0,8 для частиц  $d < 20$  мкм. Они применяются для очистки дымовых газов от золы при температуре до  $450^\circ \text{C}$ .

Для улавливания пыли часто применяются циклоны, принцип действия которых основан на использовании центробежных сил (рис.16).

Циклон состоит из цилиндрического корпуса, в который по касательной подается запыленный воздух. Скорость воздуха  $\omega \leq 20$  м/с. На пыль действует центробежная сила  $F_{цб}$ , которая зависит от  $d$  – диаметра частиц,  $\omega$  – скорости газа,  $R$  – радиуса аппарата и  $\rho_ч$  - плотности частиц и газа ( $\rho_г$ ).

$$F_{цб} = \frac{\pi d^3 r}{6} \cdot \frac{\omega^2}{R} \times (\rho_ч - \rho_г)$$

Под действием центробежной силы частицы пыли отбрасываются к стенкам аппарата и опускаются в приемный бункер.

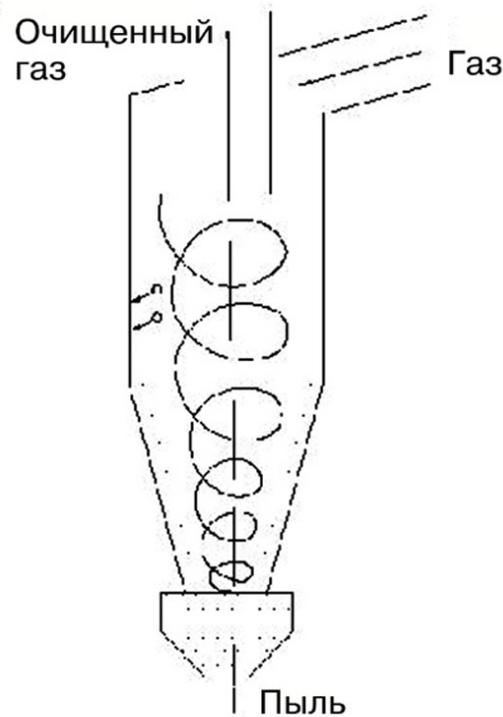
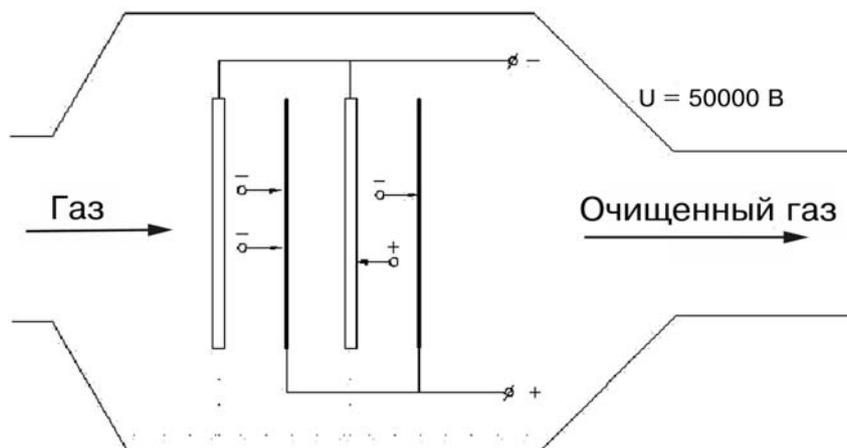


Рис. 16. Циклон

*Электрофильтры* используются для улавливания мельчайших частиц (туманы  $d_{\text{ч}} < 1$  мкм) с эффективностью 0,99. Принцип действия основан на передаче заряда частицам пыли и их осаждении на электродах (рис.17).



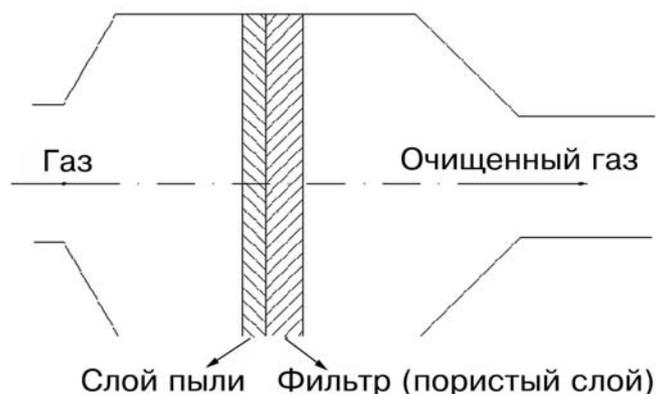
**Рис.17. Схема электрофильтра:**

(-) – коронирующий электрод, (+) – осадительный электрод

В корпусе электрофильтра устанавливаются коронирующие и осадительные электроды, к которым подводят высокое напряжение постоянного тока.

При высоком напряжении происходит ионизация газа. Частицы пыли адсорбируют на своей поверхности ионы и получают заряд (положительный или отрицательный). Большая часть получает отрицательный заряд вблизи коронирующего электрода и оседает на осадительном. Периодически электроды встряхиваются, и пыль удаляется в бункер, жидкая фаза стекает. Подвижность отрицательных ионов выше, поэтому осадительный электрод делают положительным. Электрофильтры очень чувствительны к изменению скорости газового потока, к отклонениям от технологического режима, механическим дефектам, поэтому они сложны в эксплуатации. Во избежание вторичного уноса пыли скорость воздушного потока ограничивается до 1,7 м/с, это требует создания громоздких аппаратов. Электрофильтры требуют больших энергозатрат.

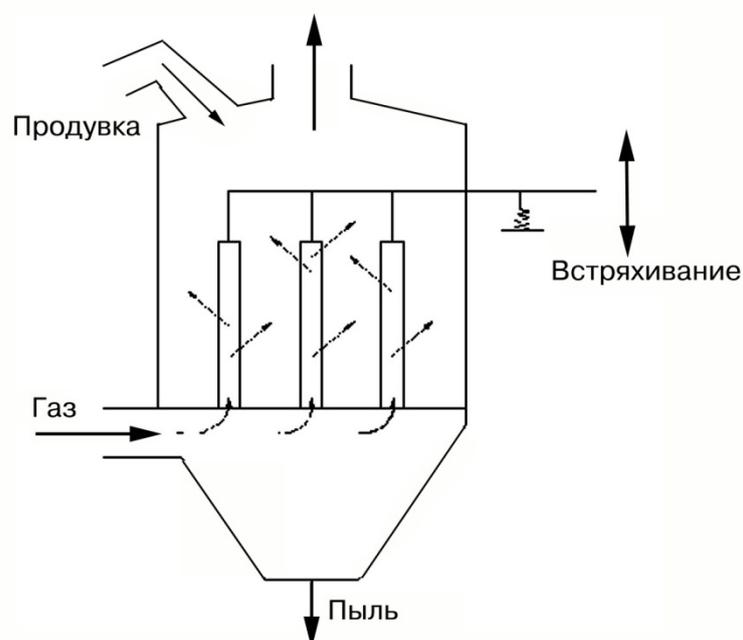
Для тонкой механической очистки воздуха от пыли применяются *фильтры* (рис.18).



**Рис. 18. Фильтр**

Принцип действия основан на задержании частиц пористыми материалами. Осаждение частиц происходит за счет эффекта касания, диффузии и инерции. Частицы пыли оседают на входе пористой перегородки и в порах, образуя слой. Это увеличивает эффективность и тонкость очистки и повышает сопротивление фильтра. В качестве фильтров применяются насыпные зернистые материалы, фильтры с гибкими пористыми перегородками (ткани, войлоки), с жесткими перегородками (керамика, сетки, металлы, порошковые сплавы). В промышленности широко применяются рукавные фильтры (рис.19).

Регенерация фильтра производится встряхиванием и продувкой воздухом.



**Рис. 19. Рукавный фильтр**

*Аппараты мокрой очистки газов* применяются для очистки горячих и взрывоопасных выбросов и для улавливания мелкодисперсной пыли. Основным недостатком мокрой очистки - это образование шлама, который необходимо перерабатывать (т.е. необходимо предусматривать очистку воды и повторное ее использование).

Аппараты мокрой очистки работают по принципу улавливания пыли частицами жидкости под действием сил инерции и броуновского движения. Наиболее распространенными аппаратами являются скрубберы Вентури, форсуночные и центробежные скрубберы, барботажно-пенные аппараты и аппараты ударно - инерционного типа.

Скруббер Вентури состоит из трубы, устройства для подачи жидкости и каплеуловителя. Основная часть скруббера – сопло Вентури, куда подается запыленный воздух и через форсунки жидкость на орошение. В конфузорной части сопла происходит разгон газа до скорости 200 м/с от начальной (20 м/с). Капли жидкости разбиваются на частички, и их размеры соизмеримы с частицами пыли. Скорости частиц пыли и жидкости выравниваются, и происходит захват пыли жидкостью.

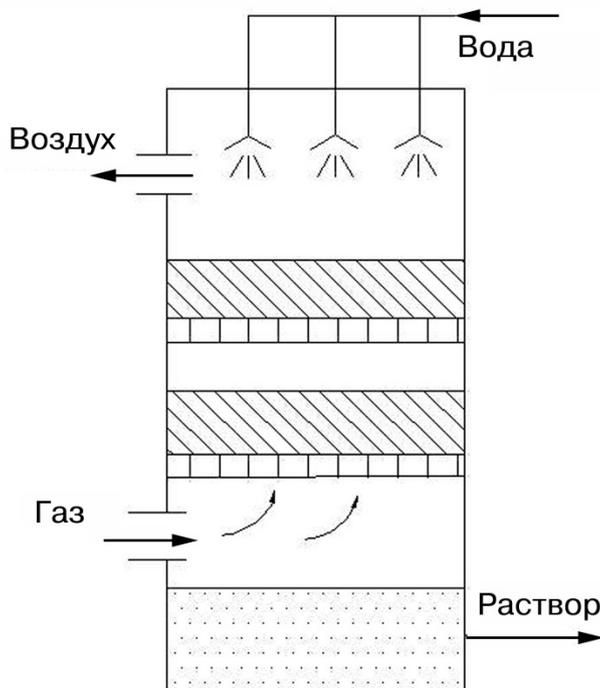
В диффузорной части сопла поток тормозится до начальной скорости и поступает в каплеуловитель (прямоточный циклон).

### ***3.7.3. Очистка воздуха от газообразных примесей***

Различают следующие основные методы очистки промышленных выбросов от газообразных примесей: абсорбция, адсорбция, термическая нейтрализация, каталитический метод.

*Метод абсорбции* заключается в разделении газовой смеси на составные части путем поглощения газовых компонентов жидким поглотителем с образованием раствора. Движущей силой процесса является градиент концентрации на границе фаз «газ – жидкость». Процесс протекает тем быстрее, чем больше поверхность раздела фаз. Необходимым условием является растворимость газа в применяемой жидкости. Для улавливания аммиака, хлористого или фтористого водорода обычно в качестве поглотителя

применяют воду, так как они хорошо растворяются в воде. Растворимость их составляет сотни грамм на один кг воды. Обычно процесс ведут путем пропускания газа через насадочные колонны (абсорберы), применяются также форсуночные скрубберы и барботажно-пенные аппараты (рис.20).



**Рис.20. Форсуночный скруббер**

В насадочных абсорберах газ пропускают через пленку жидкости, которая образуется на поверхности насадки. В качестве насадки применяются фарфоровые кольца, керамика, пластмассы и др. В тех случаях, когда газ плохо растворяется в воде, то в качестве растворителя применяют химические растворы. Например, для улавливания  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_2$  применяется раствор извести, соли Al и Fe, для улавливания сероводорода – мышьяково-щелочные растворы. Основной недостаток мокрых методов в том, что сильно снижается температура газов, что приводит к ухудшению рассеивания остаточных газов в атмосфере. Оборудование мокрой очистки громоздко, требует больших площадей, создания системы орошения. В процессе работы образуется большое количество отходов.

*Метод адсорбции* основан на способности некоторых твердых тел поглощать компоненты из газовой смеси. Молекулы газа прилипают к поверхности твердого тела под действием межмолекулярных сил (силы Ван-

дер-Ваальса). Преимущество процесса его обратимость. При уменьшении давления или при увеличении температуры поглощенный газ легко десорбируется, что позволяет рекуперировать адсорбируемый газ или адсорбент. В качестве адсорбентов применяют активированный уголь, силикагели, цеолиты, оксиды алюминия и др. Характерной чертой адсорбентов является большая площадь поверхности поглощения, так, у активированных углей она составляет  $10^5 - 10^6$  м<sup>2</sup>/кг. Активированные угли получают из торфа, бурого и каменного угля, древесных опилок путем специальной обработки для освобождения их пор от смолистых веществ.

Силикагели (аморфный кремнезем  $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) получают из силикатов щелочных растворов путем осаждения его минеральными кислотами.

Цеолиты – представляют собой алюмосиликаты, состоящие из окислов щелочных металлов. Цеолиты применяют для адсорбции аммиака, ионов радиоактивных и тяжелых металлов. Иониты широко применяются в промышленных противогасах.

Адсорбционная установка для удаления  $\text{SO}_2$  из топочных газов состоит из следующих элементов (рис. 21).

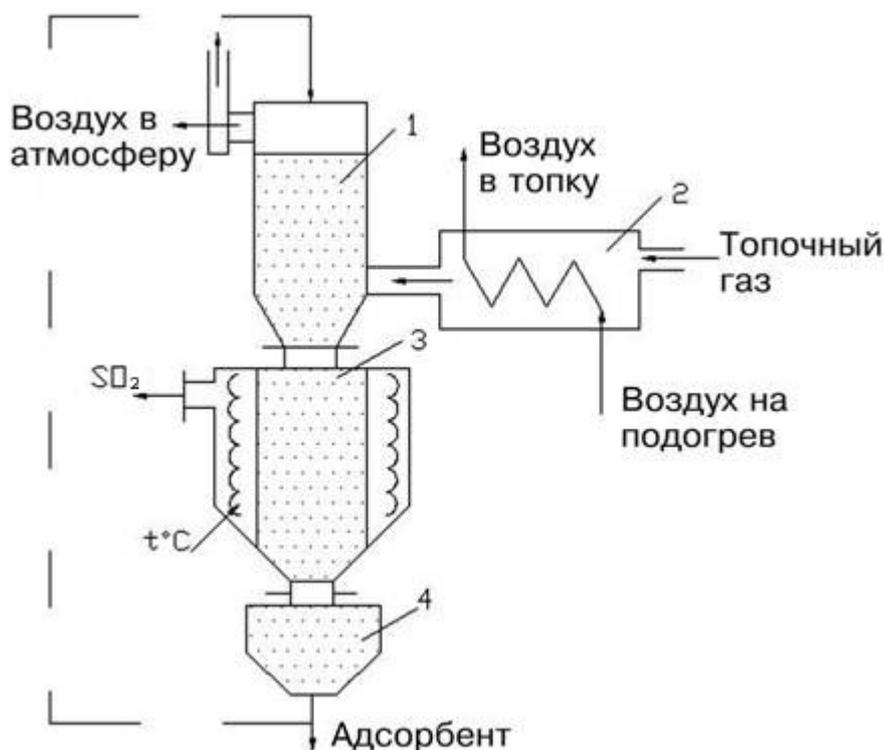


Рис. 21. Схема адсорбции

Основным элементом является адсорбер 1, который заполнен древесным активированным углем. Горячий топочный газ проходит через теплообменник 2 и подогревает воздух, поступающий в топку. Затем поступает в адсорбер, где при  $t = 150-200^{\circ}\text{C}$  происходит улавливание  $\text{SO}_2$ . Очищенный дымовой газ выбрасывается в атмосферу через дымовую трубу. Адсорбент после насыщения переводится в десорбер 3, где подогревается до  $300-600^{\circ}\text{C}$ . Происходит регенерация  $\text{SO}_2$ , и он может быть неоднократно использован. Регенерированный адсорбент поступает в бункер 4 и затем с помощью элеватора - в верхнюю часть адсорбера.

Конструктивно адсорберы выполняются в виде вертикальных, горизонтальных и кольцевых емкостей, заполненных адсорбентом. Вертикальные адсорберы применяют при небольших объемах газа, горизонтальные и кольцевые имеют производительность сотни тысяч  $\text{м}^3/\text{час}$ .

Адсорбцию используют для улавливания паров растворителей (при окраске и др. производствах, для очистки выхлопных газов автомобилей, для улавливания сероводорода, диоксида серы, для улавливания радиоактивных газов при эксплуатации ядерных реакторов, в частности, радиоактивного йода).

*Термическая нейтрализация* заключается в способности горючих токсичных компонентов окисляться до менее токсичных при наличии свободного кислорода и высокой температуры. Этот метод применяется, когда объемы выбросов велики. Он имеет ряд преимуществ: небольшие габариты установок, простота обслуживания. Необходимо помнить, что некоторые продукты окисления очень токсичны, поэтому для фосфора, серы, галогенов данный метод не применим.

Различают две схемы термической нейтрализации: прямое сжигание в пламени и термическое окисление.

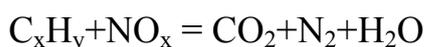
Прямое дожигание применяют в тех случаях, когда отходящие газы обеспечивают достаточный подвод энергии ( $> 50\%$  общей теплоты сгорания), необходимой для осуществления процесса. Дожигание производится

непосредственно в факеле (горячие газы – углеводороды, цианистый водород, оксид углерода), а также в специальных камерах сгорания (топках).

Термическое окисление применяют в тех случаях, когда концентрация горючего газа мала и отходящие газы имеют высокую температуру. Окисление производят на специальных установках, куда подается дополнительно воздух и в рабочей зоне сжигают природный газ, для полного сгорания горючих компонентов.



*Каталитический метод* используется для превращения токсичных компонентов в менее токсичные для окружающей среды. Процесс идет в присутствии катализаторов. При этом происходит взаимодействие присутствующих в газе компонентов друг с другом или с дополнительно вводимыми компонентами (восстановителями).



Восстановители – метан, CO, NH<sub>3</sub> и др.

Каталитическое превращение отличается кратковременностью процесса (доли секунды), что позволяет резко сократить габариты реактора. Кроме того, процесс идет при меньшей температуре (~300°C). При дожигании в факеле температура может повышаться до 1300°C, что вызывает образование оксидов азота в процессе сгорания. Катализаторы выполняются в виде шаров, колец, спиралей с нанесенными на их поверхность незначительным количеством (сотые доли процента к массе катализатора) благородных металлов (платины, палладия, и их соединений – оксидов меди, марганца).

Каталитическое превращение иногда затрудняется возможным отравлением катализатора, некоторыми примесями, входящими в состав газовых выбросов. Присутствие железа, свинца, кремния и фосфора, серы существенно сокращает срок работы катализаторов.

Для обезвреживания органических примесей и оксида углерода применяются термокatalитические реакторы, разработанные Дзержинским

филиалом НИИОГАЗ, у которых рекуператор теплоты, подогреватель и контактный узел размещены в одном корпусе (рис.22).

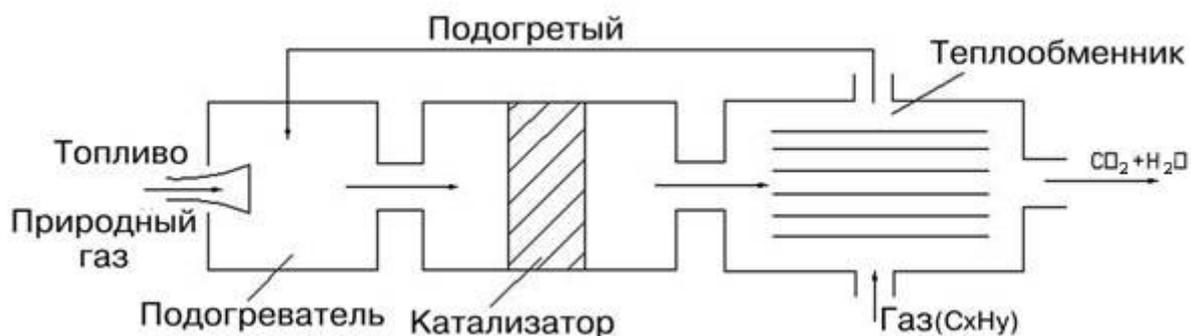
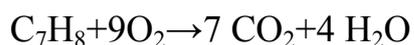


Рис. 22. Схема термокаталитического реактора

В качестве катализатора используется природная марганцовая руда в виде гранул, промативированная азотнокислым палладием. В результате окисления толуола образуется углекислый газ и вода.



Каталитический метод очистки широко применяют для нейтрализации выхлопных газов автомобилей.

### 3.8. Защита гидросферы

*Гидросфера* является водной оболочкой Земли, включающая в себя ресурсы океанов, морей, озер, прудов и подземных вод. Основным загрязнителем поверхностных вод являются сточные воды промышленных предприятий и коммунально-бытовые воды. Загрязнение гидросферы существенно опаснее, чем загрязнение атмосферы по следующим причинам:

- процессы регенерации или самоочищения происходят в водной среде существенно медленнее, чем в атмосфере;
- источники загрязнения водоемов более разнообразны;
- естественные процессы, протекающие в водной среде более чувствительны и имеют большее значение для жизни на Земле, чем процессы, протекающие в атмосфере.

При выборе способа очистки прежде всего следует выяснить качество воды определенного источника. При оценке качества воды необходимо знать:

- физические показатели (температура, запах, вкус, мутность, цветность);
- химические показатели (ХПК, по величине которого судят о количестве органики, содержание хлоридов, железа, марганца, сульфатов, жесткость, щелочность и др.);
- биологические показатели;
- бактериологические показатели.

По разнообразию присутствующих в воде примесей и загрязнений их можно разделить на четыре группы:

- 1) нерастворимые в воде примеси (грубодисперсные взвеси),
- 2) коллоидные примеси, высокомолекулярные соединения,
- 3) растворенные газы и молекулярно-растворимые органические вещества,
- 4) вещества, диссоциирующие на ионы (ионные растворы).

В практике водообработки используются различные технологические приемы и методы улучшения качества воды. Эти методы условно можно разделить на три группы:

- 1) механические,
- 2) физико-химические,
- 3) биологические.

### ***3.8.1. Механическая очистка***

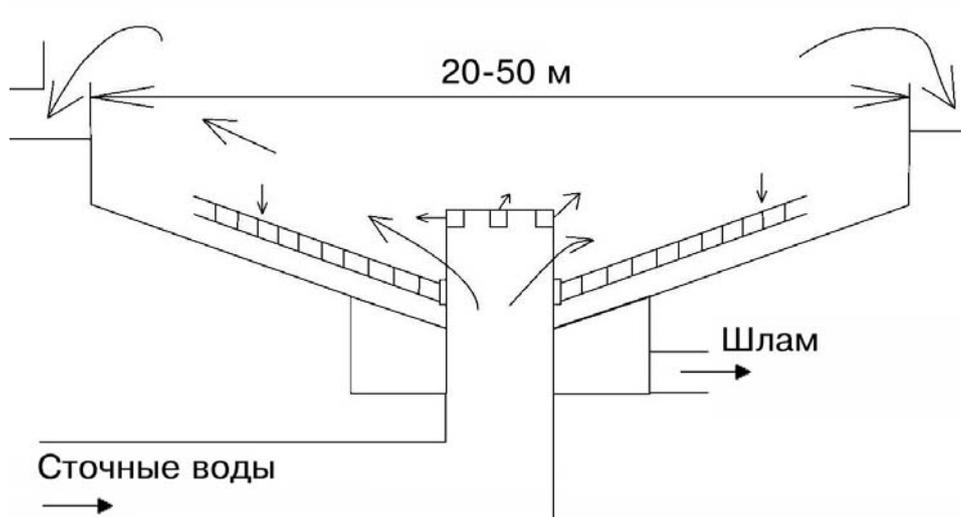
Механическая очистка применяется для удаления нерастворенных минеральных и органических примесей. Обычно она является предварительной очисткой и служит для подготовки сточных вод к физико-химической или биологической очистке. Основными операциями являются процеживание, отстаивание и фильтрация.

*Процеживание* – пропускание воды через решетки и волокнуловители, которые изготавливаются из металлических стержней с зазором 5-25 мм и устанавливаются под углом 60° в коллекторах сточных вод. Улавливаются твердые частицы до 25 мм и волокна.

*Отстаивание* производится в песколовках и отстойниках. Песколовки применяются для улавливания тяжелых примесей. Это круглые или прямоугольные резервуары, где вода движется в горизонтальном направлении. Время пребывания воды в аппарате  $< 2$  мин. Отстойники используются для удаления примесей  $< 0,25$  мм. По конструктивному исполнению бывают горизонтальные, вертикальные и радиальные отстойники (рис.23). Время пребывания воды в отстойниках составляет 1,5 – 2 часа.

Для повышения эффективности в воду добавляют коагулянты, или воду нагревают, чтобы уменьшить вязкость.

При очень больших объемах сточных вод применяются гидроциклоны, принцип действия которых основан на использовании центробежных сил.



**Рис. 23. Схема радиального отстойника**

*Фильтрация* – заключительная стадия очистки от механических примесей. Воду пропускают через насадки из пористых материалов (кварца, песка, шлака, гравия).

Нефтепродукты, масла, смолы с плотностью меньше, чем плотность воды, удаляются из сточных вод с помощью нефтеловушек (прямоугольный железобетонный резервуар, глубиной 2 м, разбит на секции шириной 3-6 м, длина определяется из расчета пребывания воды  $\sim 2$ ч (рис. 24)).

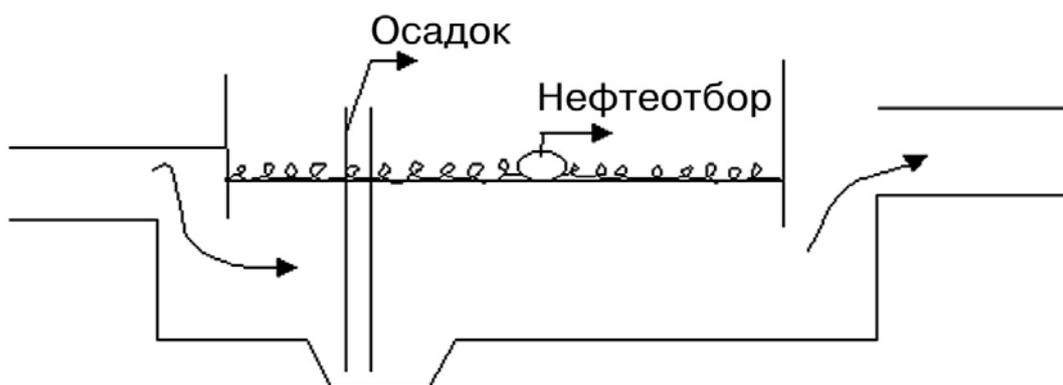


Рис. 24. Схема нефтеловушки

Эффективность 60-70%. Содержание нефтепродуктов после нефтеловушки остается 100 мг/л.

### 3.8.2. Физико-химическая очистка

К физико-химическим методам относят флотацию, адсорбцию, ионный обмен, экстракцию, обратный осмос, ультрафильтрацию, выпаривание, кристаллизацию и др.

Эти методы позволяют удалять из сточных вод мелкодисперсные примеси с размером от 1 до 100мкм, а также растворенные газы, минеральные и органические вещества.

**Флотация** - это процесс интенсификации всплытия частиц с помощью пузырьков воздуха. Флотация применяется для удаления частиц, которые плохо отстаиваются: волокнистые примеси (целлюлоза, синтетические волокна), нефтепродукты, жиры, ПАВ. Метод заключается в образовании комплексов «частицы-пузырьки», которые быстро всплывают на поверхность, образуя пену. В зависимости от способа образования пузырьков различают: пневматическую, напорную, вакуумную флотацию с подачей воздуха через пористые материалы, электрофлотацию и химическую флотацию. Наибольшее распространение получила напорная флотация (рис.25)

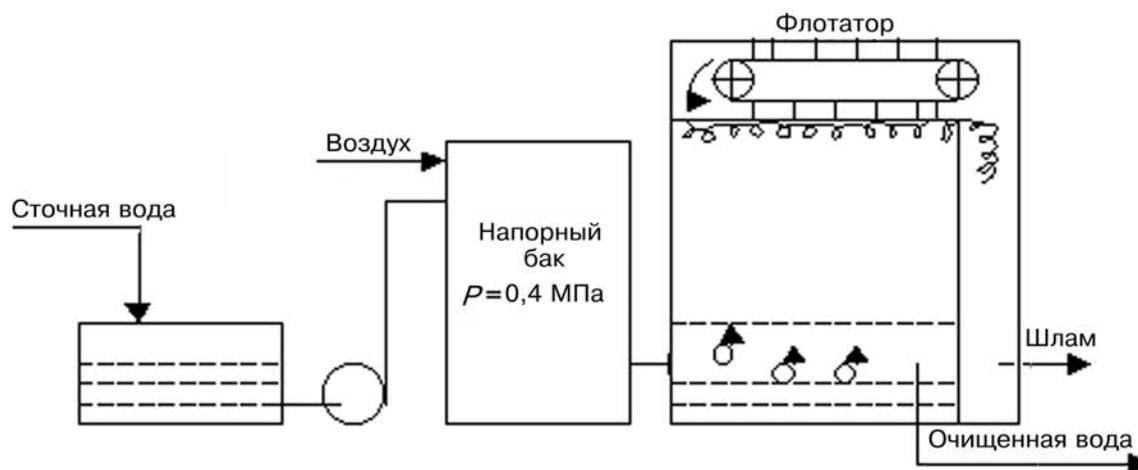


Рис. 25. Схема напорной флотации

Процесс протекает в две стадии:

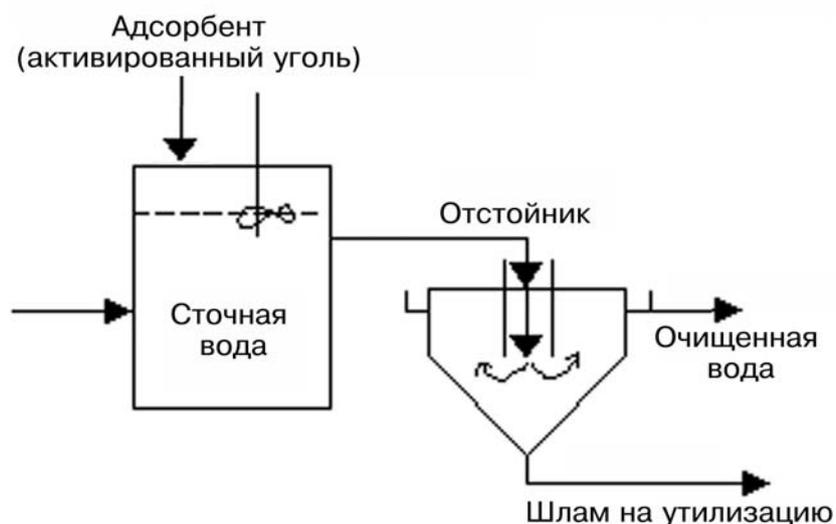
- насыщение воды воздухом (под давлением воздух растворяется в воде в напорном баке);
- поступление воды во флотатор при атмосферном давлении, где происходит образование пузырьков воздуха из воды, которые захватывают частицы и всплывают на поверхность. Скорость всплытия частиц увеличивается в 10 раз.

Достоинством флотации является непрерывность процесса, простота, небольшие затраты, высокая степень очистки (95-98%), возможность рекуперации удаляемых веществ (волокна, нефтепродукты). Флотация также способствует аэрации сточных вод (насыщение кислородом), снижает концентрацию ПАВ, легко окисляемых веществ и микроорганизмов.

**Адсорбция** - это процесс поглощения примесей твердыми активными веществами. Адсорбция применяется для удаления органических веществ (ароматические углеводороды, фенолы, красители, гербициды, пестициды и др.).

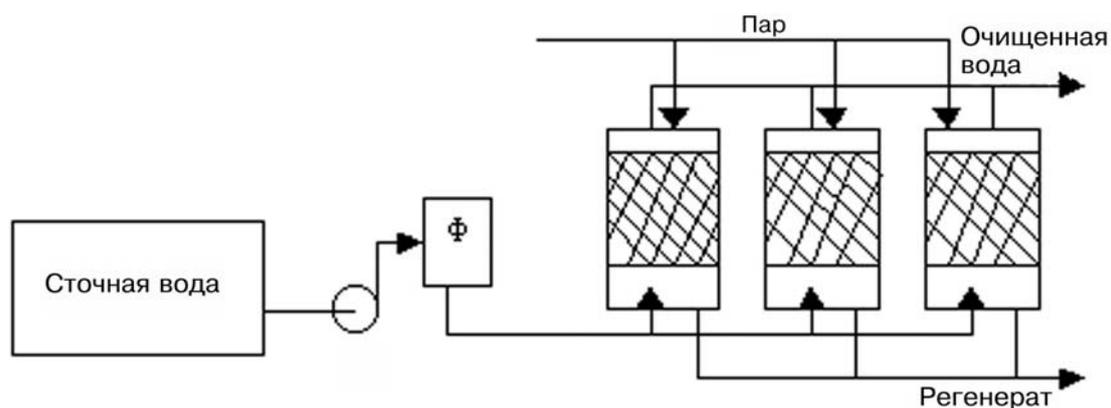
Процесс адсорбции ведут путем перемешивания адсорбента со сточной водой (рис. 26).

В качестве адсорбентов применяются активированный уголь, зола, коксовая мелочь, шлаки.



**Рис. 26. Схема адсорбции методом перемешивания**

Фильтрование через адсорбент производится по схеме, представленной на рис. 27.

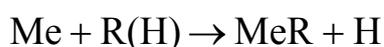


**Рис. 27. Схема адсорбции методом фильтрования**

При непрерывной работе используются две колонны, одна находится на регенерации. Для этого в колонну подают пар при  $t = 200-300^{\circ} \text{C}$ , адсорбент очищается от примесей, образующийся регенерат на регенерацию для извлечения ценных продуктов. Достоинства метода: высокая эффективность (80-95%), очистка слабо концентрированных стоков, улавливаются многие компоненты, возможность рекуперации ценных продуктов для их повторного использования.

**Ионный обмен.** Ионообменная очистка применяется для улавливания из сточных вод ионов металлов (Zn, Cu, Cr, Ni, Pb и др.), а также мышьяка, ртути,

цианистых соединений и радиоактивных веществ. Процесс основан на взаимодействии раствора с твердыми ионообменными веществами (ионитами), которые способны обменивать свои подвижные ионы на ионы, присутствующие в растворе. В качестве ионитов используются естественные (цеолиты, глины, полевые шпаты), которые содержат алюмосиликаты ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ), или искусственные (ионообменные смолы) - это синтетические высокомолекулярные соединения. Иониты выпускают в виде порошка, гранул, волокнистых материалов. В общем виде реакцию ионного обмена можно записать:



где Me – ионы металлов

R(H) – ионит (катиониты содержат положительные ионы, аниониты – отрицательные ионы)

R – матрица, H – подвижный ион.

Реакция является обратимой, т.е. можно после насыщения ионитов извлекать из них ионы металлов. Процесс ведут на установках периодического или непрерывного действия. Схема установки периодического действия представлена на рис. 28.

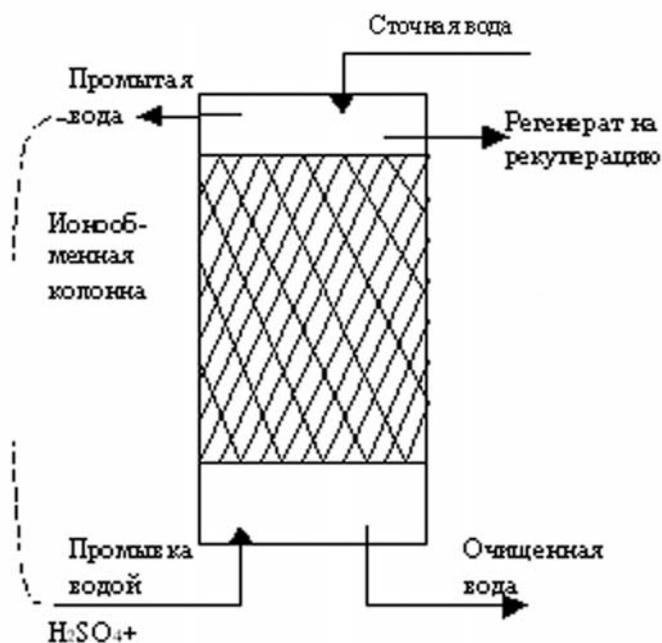
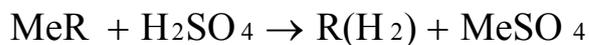
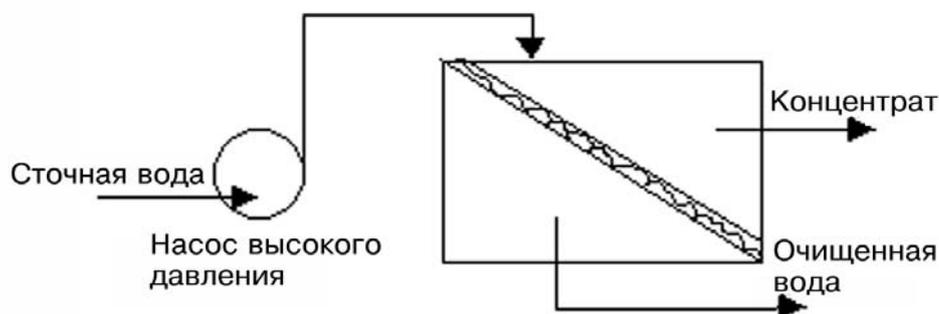


Рис. 28. Схема ионообменной очистки

Сточная вода пропускается через ионообменный фильтр до установления ионного равновесия. Затем проводится регенерация ионита и отмывка от реагента. Регенерацию осуществляют 2-8 %-ми растворами кислот или щелочей.



**Ультрафильтрация и обратный осмос** - это процесс фильтрования сточных вод через полупроницаемые мембраны. Мембраны пропускают молекулы воды (они меньше) и задерживают молекулы растворенных веществ. При ультрафильтрации задерживаются частицы  $< 0,5\text{ мкм}$ , процесс идет под давлением  $0,1 - 0,5\text{ МПа}$ . При обратном осмосе улавливаются частицы на порядок меньше, т.е.  $< 0,05\text{ мкм}$ , необходимо давление  $6 - 10\text{ МПа}$ . В качестве мембран используют полимерные пленки, металлическую фольгу, ацетатцеллюлозные мембраны. Принципиальная схема ультрафильтрации представлена на рис. 29.



**Рис. 29. Принципиальная схема ультрафильтрации**

Достоинства данного метода: высокая тонкость очистки, простота конструкции аппаратов, нет химических реагентов, процесс идет при обычной температуре, улавливаются органические и неорганические вещества, бактерии, возможность утилизации продуктов. Недостатки: высокая стоимость мембран, быстрый износ. Ультрафильтрацию и обратный осмос используют в системе водоподготовки для обессоливания воды для ТЭЦ, медицинских учреждений и др.

**Коагуляция** - это процесс укрупнения примесей путем их объединения в агрегаты, что позволяет ускорить процесс осаждения тонкодисперсных

примесей. Коагуляция может происходить самопроизвольно и с помощью химических веществ – коагулянтов, в качестве которых применяются соли железа и алюминия и их смеси. Коагулянты в воде образуют гидроксиды ( $\text{Al}(\text{OH})_3^{+3}$  и  $\text{Fe}(\text{OH})_3^{+3}$ ) металлов в виде хлопьев, которые быстро оседают. Хлопья улавливают коллоидные и взвешенные частицы, так как коллоидные частицы имеют отрицательный заряд, а гидроксиданты – положительный. Они притягиваются и образуют агрегаты частиц. Процесс коагуляции показан на рис. 30.

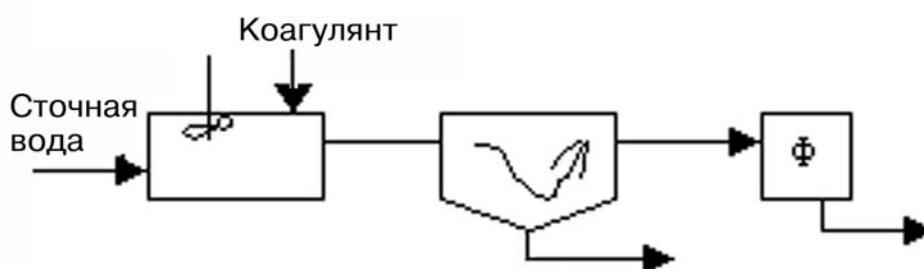


Рис.30. Схема коагуляции

Сначала сточная вода смешивается с коагулянтом в резервуаре, где образуются агрегаты частиц, а затем подается на очистные сооружения (отстойники и фильтры). Соли железа имеют преимущества: образуют более крупные хлопья, устраняют запахи и привкусы, лучше работают при низкой температуре, однако они усиливают коррозию за счет кислотных свойств. Лучше применять смеси солей Al и Fe ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  и  $\text{FeCl}_3$ ). В качестве коагулянтов можно использовать глину, шлаки и травильные растворы.

**Флокуляция** - это процесс интенсификации образования агрегатов частиц, что достигается путем добавления в воду флокулянтов – высокомолекулярных соединений (эферы, крахмал, и др.), полиакриламида. В результате образуются крупные, рыхлые, хлопьевидные скопления, которые быстро оседают на дно. Флокулянты повышают производительность очистки, уменьшают расход коагулянтов.

**Нейтрализация** применяется для очистки сточных вод от кислот и щелочей. Процесс идет путем смешивания кислых и щелочных растворов (стоков) или путем добавления реагентов ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,

Ca(OH)<sub>2</sub> – известковое молоко) и др. В последнее время для нейтрализации стали применять газы, содержащие CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> и др.

**Окисление** применяется для очистки воды от цианидов, мышьяка, сульфидов. В качестве окислителя используется хлор, гипохлорит кальция или натрия, перманганат калия. Перспективным окислителем является озон.

В результате окисления вредные вещества превращаются в менее вредные соли и карбонаты с последующим удалением их путем отстаивания и др., так как обработка окислением требует большого расхода реагентов, ее применяют в тех случаях, когда другие методы нельзя применить.

Озонирование более предпочтительный процесс: не приводит к образованию солей, нейтрализует вредные вещества с образованием кислых стоков, которые легко нейтрализовать, не загрязняет воду реагентами, имеет обширное поле применения (очищает воду от фенолов, нефтепродуктов канцерогенных веществ и др.). Это дорогой способ, так как требуется большие затраты на получение озона.

**Восстановление** применяется для удаления из воды ртути, мышьяка, хрома. При удалении Cr<sup>+6</sup> используется NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> или газообразный оксид серы SO<sub>2</sub>, что позволяет одновременно очистить газовоздушные выбросы и обезвредить сточные воды (рис.31).

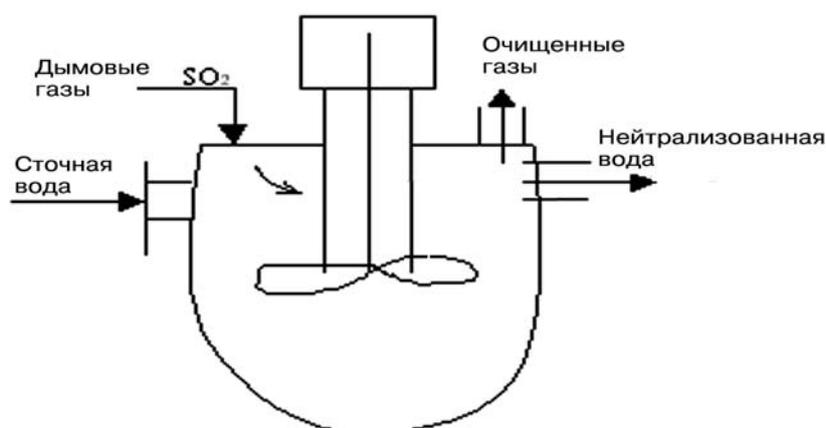
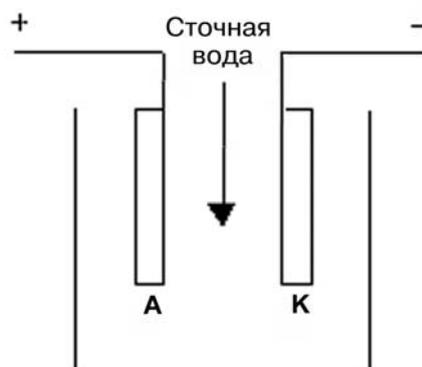


Рис.31. Схема восстановления

**Электрохимические методы очистки.** К ним относятся анодное окисление и катодное восстановление, электрокоагуляция, электродиализ, электрофлотация.

Эти процессы протекают на электродах при пропускании через сточную воду постоянного электрического тока. Они позволяют извлекать из сточных вод ценные продукты (металлы) без химических реагентов, но требуют большого расхода электроэнергии.

*Анодное окисление и катодное восстановление* ведут в электролизёре. Анод – положительный электрод (графит, магнезит, свинец). Катод – отрицательный электрод (молибден, железо, вольфрам) (рис.32).



**Рис. 32. Схема анодного окисления и катодного восстановления**

На аноде идет окисление (ионы примесей отдают электроны). На катоде – восстановление (присоединение электронов). Этот способ применяется для очистки сточных вод от цианидов, альдегидов, сульфидов и др. примесей.

*Электрокоагуляция* позволяет очищать воду от ионов металлов. Электролиз идет с использованием стальных и алюминиевых электродов. Под действием тока происходит растворение электродов, и образуются гидроксиды железа и алюминия в виде хлопьев. Хлопья притягивают ионы металлов из раствора и осаждаются.

*Электродиализ* применяется для очистки сточных вод от солей. Процесс ведут в электролизерах (ваннах), где зона электродов отделяется с помощью химических мембран (из порошка ионита и связующего каучука или полистирола) (рис.33).

Под действием электрического тока идет разделение электролита с образованием кислот и щелочей, которые затем легко нейтрализовать.

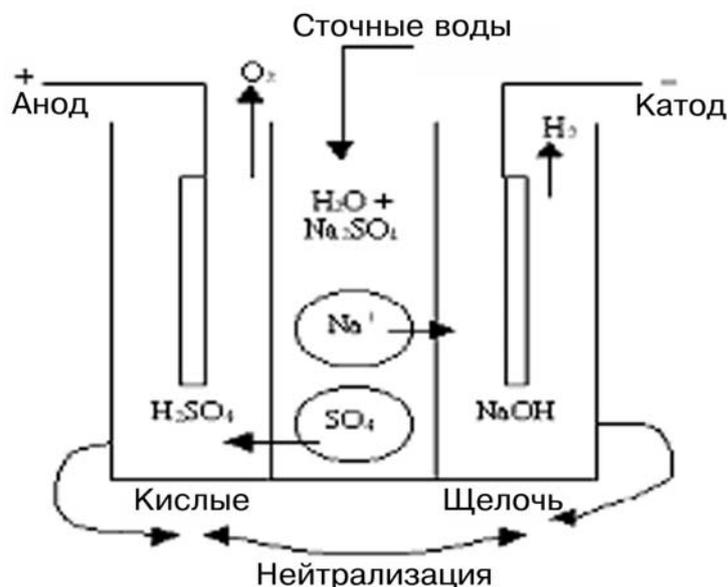


Рис. 33. Схема электролиза

### 3.8.3. Биологическая очистка сточных вод

Процесс основан на окислении органических и неорганических соединений, содержащихся в сточных водах с помощью микроорганизмов (бактерии, водоросли и т.п.)

Микроорганизмы питаются растворенными в воде веществами. Используют для своего размножения углерод, кислород, серу, азот и т.д.

На эффективность очистки влияют следующие факторы:

- содержание кислорода (не менее 2 мг/л). Насыщение воды кислородом производится с помощью аэрации;
- температурный режим (оптимальная  $t = 20-30^{\circ}\text{C}$ ). С понижением температуры с  $20^{\circ}$  до  $6^{\circ}$  С скорость процесса снижается в два раза;
- кислотность среды (оптимальной является нейтральная или слабощелочная  $\text{pH} = 6,5-7,5$ ), при  $\text{pH} < 5$  или  $\text{pH} > 9$  эффективность резко снижается.

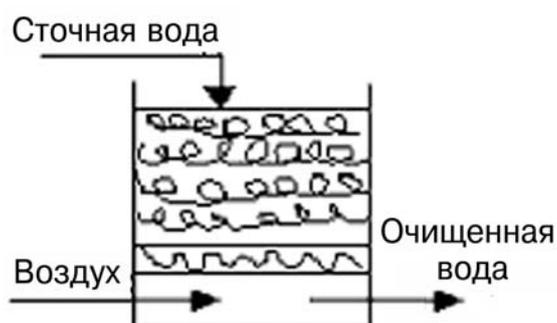
Эффективность биологической очистки зависит от количества активного ила (2 – 4 г/л). Чем больше ила, тем интенсивнее идет процесс при достаточном количестве кислорода.

Эффективность очистки может снизиться при большой концентрации загрязняющих веществ, которая убивает микроорганизмы.

Биологическая очистка может производиться в естественных условиях и на искусственных сооружениях. Естественная очистка производится на полях фильтрации и биологических прудах. На полях фильтрации сточные воды проходят через слой почвы, в котором образуется микробиологическая пленка и идет процесс окисления. В биологических прудах окисление примесей происходит за счет водорослей и растений. Пруды устраивают в несколько каскадов глубиной 1 – 1,5 м, пребывание воды составляет несколько суток. Процесс идет медленно, требует больших территорий и зависит от сезона года, поэтому чаще применяют искусственную биологическую очистку.

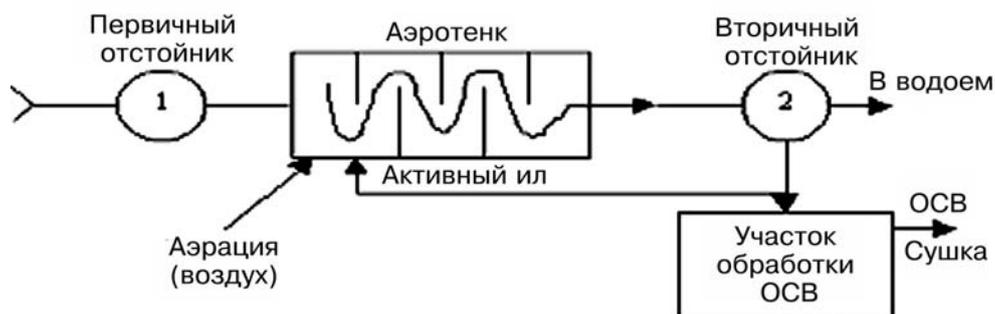
Искусственная биологическая очистка производится в специальных сооружениях: биофильтрах, аэротенках и окситенках. Биофильтры применяются при небольшом количестве сточной воды до 30 тыс. м<sup>3</sup>/сут. и представляют собой резервуар заполненный гравием, щебнем и др. (рис.34).

На поверхности материала образуется биологическая пленка, и идет окисление. Необходимо соблюдать технический регламент, не допускать избыточных концентраций вредных веществ.



**Рис. 34. Схема биофильтра**

Биологическая очистка в аэротенках производится в специальных сооружениях (рис. 35).



**Рис. 35. Схема биологической очистки в аэротенках**

Сточная вода очищается от механических примесей в первичном отстойнике и поступает в аэротенк, где смешивается с активным илом, проходит по каналам 6- 12 часов. Для поддержания активного ила во взвешенном состоянии его перемешивают с помощью аэрации и насыщают воду кислородом. Избыток ила отводится на участок обработки осадков сточных вод (ОСВ).

Для интенсификации процесса вместо воздуха подают кислород, такие устройства называются окситенками. Процесс более пожаро- и взрывоопасен.

### 3.9. Защита литосферы

Литосфера – это каменная оболочка Земли. Ее составляющие: почва, горная порода и недра. Для живых организмов очень важным фактором является состояние литосферы, так как вся биота (99,87%) находится на суше. В настоящее время только 30% поверхности суши не затронуто деятельностью человека, что достигло допустимого предела. Распахано более 1 500 млн га земель, заболочено и засолено более 20 млн га, уничтожено эрозией более двух млн га. Появились терриконы высотой более 300 м, шахты глубиной до 4 км, нефтяные скважины глубиной 6 км. Основное значение почвы – плодородие, что определяется ее свойствами.

Важнейшие свойства и плодородие зависят от механического состава почвы. Класс почвы и ее механический состав определяется размером частиц с помощью треугольника механического состава по размеру частиц (рис.36).

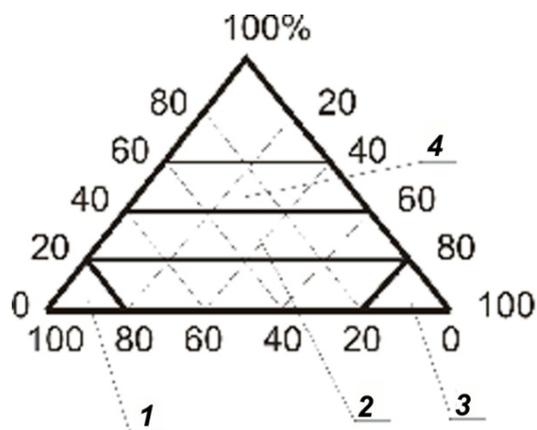


Рис. 36. Механический состав почвы

1- песок; 2- суглинок; 3- пыль; 4- глина.

Песок - 2-0,05 мм; пыль – 0,05-0,002; глина < 0,002 мм, суглинок:

40 % – песок; 40% – пыль; 20% – глина.

От механического состава зависят важнейшие свойства почвы:

- инфильтрация – способность впитывать воду (чем крупнее частицы, тем лучше проникает вода в почву);
- водоудерживающее свойство – способность сохранять влагу (суглинок);
- аэрация – насыщение почвы кислородом (чем крупнее частицы, тем лучше растения «дышат» - поглощают  $O_2$  и выделяют  $CO_2$ );
- ионообменная емкость – способность почвы связывать и удерживать
- ионы биогенов (N, P, K, Ca);
- кислотность;
- солевой состав;
- наличие гумуса – перегноя, который образуется при переработке отходов живыми организмами.

### 3.9.1. Причины разрушения почвы

*Эрозия* (разъедание) - снос верхних плодородных слоев почвы ветром или водой (соответственно ветровая и водная эрозия). Эрозии способствуют:

- интенсивный выпас скота,
- сведение лесов.

Основными мерами защиты от эрозии почвы являются:

- беспашотное земледелие;
- вспашка поперек склона;
- узкополосный посев (чередование полезных культур и травы);
- возведение лесополос;
- восстановление лесов;
- посадка многолетних культур;
- ограничение выпаса животных (разведение мелких животных, гусей, кур).

*Загрязнение.* Почва загрязняется:

- ядохимикатами,
- минеральными удобрениями,
- газодымовыми выбросами предприятий и транспорта,
- радиоактивными загрязнениями,
- нефтью (Западная Сибирь, Тюмень),
- патогенными микробами.

*Засоление,* которое возникает из-за неумеренного полива при этом вода испаряется, а соли остаются.

*Заболачивание* почв характерно для переувлажненных районов.

*Опустынивание* происходит в результате эрозии, засухи, сведения лесов, перевыпаса скота.

*Отчуждение* земель. Почвенный покров нарушается при отчуждении земель для строительства промышленных объектов, городов, поселков, дорог, трубопроводов, при добыче полезных ископаемых.

### ***3.9.2. Классификация отходов***

Загрязнение литосферы отходами является на сегодня одной из наиболее острых проблем. Масштабы образования отходов в результате деятельности человека огромны, и природа уже не в силах их перерабатывать. Отходы классифицируются по следующим признакам:

- агрегатному состоянию (твердые, жидкие, газообразные);
- токсичности;
- возможностям переработки (гальваношламы, осадки сточных вод, нефтеотходы, отходы пластмасс, резины, древесины, бумаги, отходы черных и цветных металлов, пищевые отходы, отходы легкой промышленности и др.).

### *3.9.3. Способы переработки отходов*

Существуют три основных способа ликвидации отходов:

- захоронение на свалке;
- сжигание;
- переработка (утилизация).

Наибольшую сложность представляет обезвреживание и утилизация промышленных отходов, существенно превосходящих сельскохозяйственные и бытовые как по масштабам их скапливания, так и по разнообразию состава и свойств. Практически все виды отходов содержат ценные вещества, и их рациональная утилизация в народном хозяйстве дает дополнительные сырьевые ресурсы, охраняя в то же время биосферу от загрязнений. Так, исследования и полупромышленные испытания отходов горнодобывающей промышленности показали, что они могут быть прекрасным сырьем для пористых заполнителей бетона, строительного кирпича и керамики, штукатурных и кладочных растворов, щебня и других строительных материалов. Metallургические шлаки также представляют собой ценное сырье для производства ряда строительных материалов таких, как асфальтобетонных смесей, на изготовление щебня. Отвальные шлаки полиметаллических рудников, обогатительных фабрик цветной металлургии содержат большое количество железа, меди, цинка, свинца и др., из которых порой экономически целесообразно извлечение этих ценных металлов.

Большое количество отходов наблюдается в химической промышленности, причем наибольшее количество твердых отходов дают

производства минеральных удобрений и серной кислоты. Эти отходы используются в качестве химического меллиоранта для солонцевания почв. В производстве серной кислоты основными и наиболее массовыми отходами являются пиритный огарок и различные шламы, образующиеся в циклонах, электрофильтрах, отстойниках и другой аппаратуре, входящей в схему получения серной кислоты. В настоящее время огарок используется главным образом в цементной промышленности, однако он может найти применение в производстве чугуна и для получения минеральных пигментов - железного сурика, охры.

Особо токсичные и радиоактивные отходы, по разным причинам не подлежащие переработке, должны быть изолированы от окружающей среды - захоронены. Это одна из наиболее трудноразрешимых проблем охраны окружающей среды, так как места для их абсолютного изолирования от биосферы пока не найдено.

### **3.10. Основы экологического права**

#### ***3.10.1. Принципы природоохранной политики***

Природоохранная политика охватывает широкий круг вопросов, связанных с оценкой качества окружающей природной среды и нормированием этого качества, организацией экологического мониторинга, экспертизы и аудита, определением уровня природоохранной деятельности, природоохранным законодательством.

*Нормирование качества окружающей среды* является центральной идеей закона РФ об охране окружающей природы от 10.01.2002 №7 ФЗ. Оценка качества окружающей среды осуществляется дифференцированно по следующим направлениям:

- качество воздушного бассейна,
- водного бассейна,
- почвенного слоя,
- продуктов питания и др.

Нормативы качества окружающей среды подразделяются на:

- санитарно-гигиенические,
- производственно-хозяйственные,
- комплексные.

Санитарно-гигиенические нормативы - определяют предельно-допустимые нормы содержания загрязняющих веществ с целью сохранения здоровья людей, т.е. с целью сохранения экосистемы человека. К этой группе нормативов качества относятся нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ, предельно допустимых уровней (ПДУ) воздействия радиации, шума, вибрации, электромагнитных полей, нормативы предельно допустимых остаточных количеств (ПДОК) вредных веществ в продуктах питания.

К производственно-хозяйственным нормативам качества окружающей природной среды относятся нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ) и предельно допустимых сбросов (ПДС). Эти нормативы относятся непосредственно к источнику вредного воздействия и регулируют его поведение.

Наряду с нормативами ПДВ и ПДС предусматривается и введение в действие второго вида нормативов: временно согласованных выбросов (ВСВ) и временно согласованных сбросов (ВСС).

Эти нормативы загрязняющих веществ устанавливаются для тех предприятий, которые не в состоянии обеспечить нормативы предельно допустимых выбросов или сбросов. Предприятия, получившие разрешения работать по ВСВ и ВСС обязаны разработать и внедрить технические мероприятия по снижению выбросов, сбросов по этапам до достижения норм ПДВ и ПДС.

Комплексные нормативы качества окружающей природной среды включают предельно допустимые нормы нагрузки (ПДНН) на окружающую природную среду и нормы санитарных и защитных зон.

Предельно допустимые нормы нагрузки на природную среду - это размеры антропогенного воздействия на природные ресурсы и комплексы, которые не приводят к нарушению экологических функций природной среды. Устанавливаются ПДНН на окружающую природную среду при формировании территориально-производственных комплексов, развитии промышленности, сельского хозяйства, строительстве и реконструкции городов и других населенных пунктов. Эти нормы нагрузки разработаны с учетом потенциальных возможностей природной среды, необходимости рационального использования территориальных и природных ресурсов с целью обеспечения наиболее благоприятных условий жизни населению, недопущения разрушения естественных экологических систем и необратимых изменений в окружающей природной среде.

Нормативы санитарных и защитных зон устанавливаются для охраны водоемов и иных источников водоснабжения, курортных, лечебно-оздоровительных зон, населенных пунктов и других территорий от загрязнения и вредных воздействий. Санитарно-защитные зоны выполняют две взаимосвязанные функции: охранительные и оздоровительные.

### ***3.10.2. Экологический менеджмент или управление качеством окружающей среды***

Система управления природопользованием включает:

- контроль за состоянием окружающей среды,
- законодательную базу,
- планирование, организацию и координацию природоохранной деятельности,
- управляющие факторы (организация, мотивация, стимулирование),
- экономические инструменты (рычаги).

Эта система уже отработана, действует в развитых странах и положена в основу международной системы управления качеством окружающей среды.

В 1991г. Международная организация стандартизации сформировала группу стратегии по окружающей среде. В 1992 году сформирован комитет по

экологическому менеджменту ISO/TC 207, возглавляемый Маргарет Керр, который разрабатывает стандарты серии ISO 14000 по экологическому менеджменту.

Основной задачей экологического менеджмента является управление природоохранной деятельностью, обеспечивающее оптимальное соотношение между экологическими и экономическими показателями (максимум результата при минимальном ущербе окружающей среде), исключение негативного воздействия на природу. Это достигается за счет экономии сырья и энергии, прогнозировании путем оценки экологического риска.

Систему управления (менеджмента) по охране окружающей среды можно представить моделью (рис. 37).



**Рис. 37. Модель управления качеством окружающей среды**

*Экологический аудит* – анализ, оценка и разработка рекомендаций по природоохранной деятельности. Предприятие приглашает специалистов - аудиторов для такой оценки. Проверяется соответствие экологическим требованиям, эффективность системы управления окружающей средой, оценка риска для окружающей среды. Экологический аудит производится по инициативе самого предприятия, т.е. он проводится не для наказания, а для того, чтобы выявить и устранить причины негативного воздействия на окружающую среду и уменьшить потери прибыли предприятия.

Заключение по экологическому аудиту содержит сведения об аудиторской организации, результаты анализа природоохранной деятельности предприятия, соответствие экологическим нормам и меры по снижению негативного воздействия.

Составляется программа экологического аудита, которая включает создание правовых и нормативных актов, сведения об объекте и его воздействии на окружающую среду, а также меры по предупреждению загрязнения окружающей среды.

### *3.10.3. Экономика природопользования*

Систему экономического регулирования природопользования можно представить в виде группы мер:

- плата за пользование природными ресурсами, в т.ч. налог (например, земельный) и арендная плата;
- экологические издержки производства, в т.ч. плата за загрязнение;
- плата за выдачу лицензии, участие в аукционах, конкурсах и т.д.;
- штрафы за нерациональное и сверхлимитное использование ресурсов.

В основе взимания платы за пользование природными ресурсами лежат отношения возмездного природопользования гражданско-правового порядка (на основе договоров) или административного порядка (лицензии, разрешения).

Механизм установления платы базируется на нормировании и социально-экономической оценке природных ресурсов. Средства, накопленные от платежей за пользование природными ресурсами, должны быть направлены на цели воспроизводства и охраны потребляемых природных ресурсов. При этом внесение платы за использование ресурса не освобождает природопользователя от иных обязательств по отношению к природным богатствам и окружающей среде, в том числе от ответственности за экологические правонарушения.

Экологические издержки производства состоят из следующих платежей и затрат:

- за загрязнение окружающей среды;
- на ликвидацию последствий аварийных выбросов и сбросов загрязняющих веществ, т.е. возмещение ущерба;
- на предотвращение загрязнения.

Важным элементом системы экономического механизма природопользования являются платежи за загрязнения природной среды. В настоящее время применяются три вида платежей:

- за загрязнение атмосферы;
- за сброс загрязняющих веществ в водные объекты;
- за размещение отходов.

Разработан достаточно простой (что очень важно для предприятий) метод определения платежей за загрязнение. Суммарный платеж подсчитывается по формуле:

$$P_a = \lambda \sum P_i W_i^m + 5P_i(W_i - W_i^m) + 25P_i(W_i - W_i^l)$$

где  $\lambda$  - коэффициент экологической ситуации (табличные данные);

$P_i$  - ставка платежа за выбросы отдельного вещества в пределах установленного норматива (руб./т, табличные данные);

$W_i$  - фактические выбросы вещества (рассчитываются предприятиями);

$W_i^m$  - нормативные (в пределах ПДВ, ПДС) выбросы отдельного вещества (в тоннах, утверждены для предприятий соответствующими органами);

$W_i^l$  - выбросы отдельного вещества в пределах утвержденных лимитов (т);

Таким образом, вводятся три платежеобразующих показателя:

- плата за загрязнения в размерах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы выбросов (сбросов, объемов размещаемых отходов);
- плата за загрязнение в пределах установленных лимитов;
- плата за сверхлимитное загрязнение.

В случае отсутствия у предприятий установленных разрешений на выбросы, весь их объем должен учитываться как сверхлимитный.

#### ***3.10.4. Природоохранное законодательство***

Современное общество выработало ряд специальных мер, направленных на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. К ним относятся наблюдение за состоянием окружающей среды, ведение государственных кадастров и реестров природных объектов, создание охраняемых природных территорий, оценка воздействия на окружающую среду, экологическое нормирование, экологическая экспертиза, паспортизация, сертификация, аудит и другие.

*Экологическое право* - совокупность эколого-правовых норм (правил поведения), регулирующих общественные (экологические) отношения в сфере взаимодействия общества и природы с целью охраны окружающей природной среды, предупреждения вредных экологических последствий, оздоровления и улучшения качества окружающей человека природной среды. Соблюдение правил (норм), в том числе экологических, обеспечивается государством в принудительном порядке.

*Источниками экологического права*, образующими экологическое законодательство Российской Федерации, являются следующие правовые документы:

1. Конституция РФ;
2. Законы и иные нормативные акты РФ и субъектов РФ в области природопользования и охраны окружающей среды;
3. Указы и распоряжения Президента РФ и постановления Правительства РФ;
4. Нормативные акты министерств и ведомств;
5. Нормативные решения органов местного самоуправления.

**1. Конституция Российской Федерации (1993 г.)** провозглашает права граждан на землю и другие природные ресурсы, на благоприятную окружающую среду (экологическую безопасность), на возмещение ущерба,

причиненного здоровью, на участие в экологических организациях и общественных движениях, на получение информации о состоянии окружающей природной среды и мерах по ее охране. Одновременно Конституция РФ устанавливает обязанности граждан соблюдать требования природоохранного законодательства, принимать участие в охране окружающей природной среды, повышать уровень знаний о природе и экологическую культуру. Конституция РФ также определяет организационные и контрольные функции высших и местных органов власти по рациональному использованию и охране природных ресурсов.

**2. Законы и иные нормативные акты РФ и субъектов РФ** в области природопользования и охраны окружающей природной среды. *Федеральный закон «Об охране окружающей среды»* (2002 г.) лежит в основе природоохранного законодательства РФ. Настоящий закон охватывает все аспекты природопользования и охраны окружающей среды, и нормы других законов в области охраны окружающей среды не должны противоречить Конституции РФ и Федеральному закону РФ «Об охране окружающей среды».

*Федеральный закон «Об экологической экспертизе»* (1995 г.) регулирует отношения в области экологической экспертизы, направлен на реализацию конституционного права граждан Российской Федерации на благоприятную окружающую среду посредством предупреждения негативных воздействий хозяйственной и иной деятельности на окружающую природную среду и предусматривает в этой части реализацию конституционного права субъектов Российской Федерации на совместное с Российской Федерацией ведение вопросов охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

*Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях»* (1995г.) регулирует отношения в области организации, охраны и использования особо охраняемых природных территорий в целях сохранения уникальных и типичных природных комплексов и объектов.

*Закон РФ «Об охране атмосферного воздуха»* (1999 г.) устанавливает правовые основы охраны атмосферного воздуха. Важнейшими общими мероприятиями охраны воздушного бассейна названы установление нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) и предельно допустимых выбросов (ПДВ), а также платы за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ.

*Закон РФ «О радиационной безопасности населения»* (1995 г.) определяет правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья. Он провозглашает принцип приоритета здоровья человека и окружающей природной среды при практическом использовании и эксплуатации объектов ионизирующих излучений, в случае радиационной аварии гарантирует возмещение ущерба здоровью и имуществу граждан.

*Закон РФ «Об отходах производства и потребления»* (1998г.) регламентирует правовые основы обращения с отходами производства и потребления в целях предотвращения их вредного воздействия на здоровье человека и окружающую природную среду, а также вовлечения таких отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья.

*Закон РФ «О недрах»* (1992 г.) регулирует правовые отношения при изучении, использовании и охране недр. Закон направлен в первую очередь на рациональное использование недр и снижение их загрязнения.

*Земельный кодекс РФ* (2001 г.) регламентирует охрану земель и защиту окружающей природной среды от возможного вредного воздействия при использовании земли. Основными правовыми функциями охраны земель являются сохранение и повышение плодородия почв, сохранение фонда сельскохозяйственных земель. Экологическими нарушениями считаются порча, загрязнение, засорение и истощение земель. Кодекс регламентирует куплю-продажу земель и совершение других земельных сделок.

*Водный кодекс РФ* (1995 г.) регулирует правовые отношения в области использования и охраны водных объектов. Закон направлен на охрану вод от загрязнения, засорения и истощения.

*Лесной кодекс РФ* (1997 г.) устанавливает правовые основы рационального использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, повышения их экологического и ресурсного потенциала.

*Закон РФ «О животном мире»* (1995 г.) регулирует отношения в области охраны и использования животного мира, а также в сфере сохранения и восстановления среды его обитания в целях обеспечения биологического разнообразия, устойчивого использования всех его компонентов, создания условий для существования животного мира, сохранения генетического фонда диких животных и иной защиты животного мира как неотъемлемого элемента природной среды.

**3. Указы и распоряжения Президента РФ и постановления Правительства РФ** затрагивают широкий круг экологических вопросов. Например, Указ о федеральных природных ресурсах (1993г.) или Указ о концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию(1996 г).

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

**5. Нормативные решения органов местного самоуправления** (мэрий, сельских и поселковых органов) дополняют и конкретизируют действующие нормативно-правовые акты в области охраны окружающей природной среды.

#### ***Закон РФ об охране окружающей среды***

Основным законодательным актом прямого действия является Федеральный закон «Об охране окружающей среды» (январь 2002 г.).

Этот закон является общим, определяющим эколого-правовые отношения в России. Он регулирует природоохранные отношения в сфере всей природной

среды, не выделяя ее отдельные объекты. Основными задачами, которые ставит закон, являются:

1. Охрана природной среды (а через нее и здоровья человека);
2. Предупреждение вредного воздействия хозяйственной или иной деятельности;
3. Оздоровление окружающей среды, улучшение ее качества.

Решение этих задач возможно при выполнении трех групп требований:

1. Нормирование качества природной среды (глава V, ст. 19-28).

Нормативы качества природной среды должны быть научно-обоснованной мерой сочетания экологии и экономики. Такими нормативами являются:

- предельно допустимые концентрации вредных веществ;
- предельно допустимые выбросы;
- сбросы вредных веществ;
- допустимые уровни шума;
- радиационного воздействия и др.

2. Экологические требования к хозяйственной или иной деятельности при проектировании, строительстве и эксплуатации предприятий и иных объектов (глава VII, ст. 34-57).

3. Механизм исполнения этих требований, который включает экономические рычаги, государственную экологическую экспертизу, экологический контроль, экологическое воспитание (глава IV, глава X и глава XI, ст. 63-65).

Комментируя закон, необходимо отметить раздел III - право граждан на здоровую и благоприятную окружающую среду, а также каждый гражданин имеет право на охрану здоровья от неблагоприятного воздействия окружающей среды (ст. 11).

Кроме того, граждане имеют право (ст. 11):

- создавать общественные объединения по охране окружающей среды, фонды, иные общественные организации;
- вступать в эти организации и вносить свои трудовые сбережения;

- принимать участие в собраниях, митингах, шествиях и демонстрациях по охране окружающей среды и требовать их рассмотрения;
- требовать от соответствующих органов своевременной и достоверной информации о состоянии окружающей среды и мерах по ее охране;
- требовать отмены решений о размещении, строительстве и эксплуатации экологических вредных объектов;
- ставить вопрос о привлечении к уголовной ответственности виновных юридических лиц и граждан, причинивших вред здоровью или имуществу граждан своими экологическими правонарушениями.

Вместе с тем установлены и обязанности. Граждане РФ обязаны (ст. 11):

- сохранять природу и окружающую среду;
- бережно относиться к природе и природным богатствам.

Предприятия, учреждения, граждане, причинившие вред здоровью или имуществу граждан или окружающей среде обязаны возместить его в полном объеме добровольно или по решению суда (ст. 79). Каждый гражданин имеет право (ст. 11) предъявить иск в суд о прекращении экологически вредной деятельности, причинившей вред здоровью, имуществу или окружающей среде.

### ***3.10.5. Международное сотрудничество в области экологии***

Природа земли едина, ее законы всеобщие. Она не знает ни государственных, ни административных границ, потому национальные усилия в природоохранной деятельности приносят результаты только тогда, когда согласуются с международными мерами в этой области. Одно из важнейших направлений международного сотрудничества - международно-правовая охрана окружающей среды, которая должна опереться на общепризнанные нормы международного права. Основные правовые принципы были выработаны совместными усилиями членов международного сообщества (государств, международных организаций и конференций). В обобщенном и кратком виде эти принципы можно сформулировать следующим образом:

- приоритетность экологических прав человека;

- суверенитет государств на природные ресурсы своей территории;
- недопустимость экологического благополучия одной страны за счет нанесения экологического вреда другой;
- экологический контроль на всех уровнях;
- свободный международный обмен экологической информацией;
- взаимопомощь государств в чрезвычайных обстоятельствах;
- разрешение эколого-правовых споров мирными средствами.

Объекты международного сотрудничества - это такие объекты, по поводу которых разные страны вступают в экологические отношения. Среди них выделяют две категории объектов: не входящие и входящие в юрисдикцию государств. Первые - это воздушный бассейн, космос, мировой океан, Антарктида, мигрирующие виды животных. Данные объекты охраняются и используются в соответствии с нормами международного экологического права. Вторые - это объекты, входящие в юрисдикцию государств: международные реки, моря, озера; объекты мирового природного наследия, занесенные в Международную Красную книгу исчезающих и редких животных и растений.

### ***3.10.6. Основные международные организации по охране окружающей среды***

Основные организации по охране окружающей среды представлены на рис. 38.



**Рис. 38. Структура международных организаций по охране окружающей среды**

К первоочередным направлениям деятельности ЮНЕП относятся:

- здоровье человека;
- охрана земель и пресных вод;
- защита мирового океана;
- охрана животных и генетических ресурсов;
- энергетические ресурсы;
- образование;
- торговля, экономика, технология.

В рамках ЮНЕП работают и другие международные организации:

1. Организация объединенных наций по культуре, науке, образованию (ЮНЕСКО) создана в 1948 году.

Основные направления деятельности:

- руководство экономическими программами, в которых занято свыше 100 государств;
- учет и организация охраны объектов, отнесенных к всемирному наследию;
- оказание помощи развивающимся странам по подготовке специалистов-экологов.

2. Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) также учрежден в 1948 году. По инициативе МСОП ведется Красная книга.

Основные задачи МСОП:

- сохранение естественных экосистем, растительного и животного мира;
- сохранение редких и исчезающих видов;
- организация заповедников, резерватов, национальных парков.

3. Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) образована в 1946 году, занимается вопросами охраны здоровья человека в аспекте его взаимодействия с окружающей средой, консолидируется с ЮНЕП, МАГАТЭ и др.

4. Международное агентство по атомной энергетике (МАГАТЭ) образовано в 1957 году для обеспечения ядерной безопасности и охраны окружающей среды от радиоактивного загрязнения.

5. Всемирная метеорологическая организация ООН (ВМО) создана в 1947 году. Основная задача ВМО - изучение и обобщение воздействий человека на климат планеты. Она работает, главным образом, в рамках глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС).

6. Международная морская организация (ММО) создана в 1948 году, действует в области морского судоходства и охраны моря от загрязнения.

7. Сельскохозяйственная и продовольственная организация ООН (ФАО) организована в 1945 году. Сфера ее деятельности - сельское хозяйство и мировые продовольственные ресурсы. ФАО подготовила почвенную картину мира, участвует во многих экологических программах, активно сотрудничает с ЮНЕП, ЮНЕСКО, МСОП.

Международные формальные и неформальные движения за сохранение жизни на Земле - объективная необходимость поэтому сотрудничество России в области охраны природы не исчерпываются деятельностью организаций, о которых сказано ранее. Оно охватывает различные неформальные общественные движения, партию "зеленых" и многие другие.

#### 4. ЗАДАНИЯ И ВАРИАНТЫ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ (РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ) РАБОТ

В процессе изучения курса “Экология” студенты выполняют контрольную работу, которая включает 4 вопроса и 3 задачи.

Варианты контрольных работ выбираются в соответствии с последней цифрой учебного шифра (табл.1).

Контрольная работа выполняется четким и разборчивым почерком в ученической тетради. На каждой странице тетради оставляются поля для замечаний преподавателя-рецензента. Ответы на вопросы и решения задач должны сопровождаться эскизами, схемами или графиками. В конце контрольной работы необходимо приводить перечень используемой литературы, а также ставить дату выполнения и подпись.

Выполненную работу студент отправляет в университет. Зачтенная работа предъявляется преподавателю при сдаче экзамена.

*Таблица 1*

Специальности	Вариант	Номера вопросов				Номера задач
Электротехнические	1	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>28</b>	<b>42</b>	1,11,22
	2	<b>12</b>	<b>17</b>	<b>29</b>	<b>43</b>	2,12,22
	3	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>30</b>	<b>34</b>	3,13,22
	4	<b>14</b>	<b>19</b>	<b>32</b>	<b>44</b>	4,14,22
	5	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>33</b>	<b>45</b>	5,15,22
	6	<b>1</b>	<b>21</b>	<b>31</b>	<b>35</b>	6,16,22
	7	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>36</b>	<b>46</b>	7,17,22
	8	<b>3</b>	<b>23</b>	<b>26</b>	<b>37</b>	8,18,22
	9	<b>4</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>38</b>	9,19,22
	0	<b>5</b>	<b>25</b>	<b>28</b>	<b>39</b>	10,20,22
Автомобильные Механические	1	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>26</b>	<b>32</b>	3,15,24
	2	<b>2</b>	<b>17</b>	<b>27</b>	<b>36</b>	5,18,24
	3	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>28</b>	<b>35</b>	4,16,24
	4	<b>4</b>	<b>19</b>	<b>29</b>	<b>33</b>	1,13,24
	5	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>36</b>	2,14,24
	6	<b>6</b>	<b>21</b>	<b>31</b>	<b>37</b>	6,17,24
	7	<b>7</b>	<b>22</b>	<b>38</b>	<b>44</b>	7,12,24
	8	<b>8</b>	<b>23</b>	<b>39</b>	<b>45</b>	9,20,24
	9	<b>9</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>40</b>	10,19,24
	0	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>27</b>	<b>41</b>	8,11,24

Специальности	Вариант	Номера вопросов				Номера задач
Экономические	1	11	16	28	42	5,16,23
	2	12	17	29	43	7,18,23
	3	13	18	30	34	9,20,23
	4	14	19	32	44	3,12,23
	5	15	20	33	45	1,14,23
	6	1	21	31	35	4,15,23
	7	2	22	36	46	6,17,23
	8	3	23	26	37	8,19,23
	9	4	24	27	38	2,11,23
	0	5	25	28	39	10,13,23
Радиотехнические	1	6	16	29	40	7,15,21
	2	7	17	30	41	8,16,21
	3	8	18	42	44	9,17,21
	4	9	19	43	45	10,18,21
	5	10	20	32	46	1,19,21
	6	11	21	27	35	2,20,21
	7	12	22	38	44	3,11,21
	8	13	23	28	37	4,12,21
	9	14	24	31	36	5,13,21
	0	15	25	29	37	6,14,21
Металлургические	1	1	25	30	32	4,11,25
	2	2	24	33	44	5,12,25
	3	3	23	35	45	6,13,25
	4	4	22	36	46	7,14,25
	5	5	21	26	38	8,15,25
	6	6	20	31	37	9,16,25
	7	7	19	27	38	10,17,25
	8	8	18	28	41	3,18,25
	9	9	17	29	37	4,19,25
	0	10	16	30	35	5,20,25

### *Вопросы для контрольной работы*

1. Этапы исторического развития экологии как науки. Роль отечественных ученых в ее становлении и развитии.
2. Предмет экологии. Объекты исследования. Задачи экологии.
3. Экосистема. Признаки экосистемы.
4. Структура экосистемы. Краткая характеристика биотической и абиотической составляющих.

5. Экологические факторы, ограничивающие развитие организма. Законы минимума Ю. Либиха и толерантности В.Шелфорда.
6. Формирование экологической системы.
7. Принципы функционирования экосистем.
8. Изменение экосистем.
9. Понятие о популяции. Показатели, характеризующие популяцию, структура (возрастная, половая), пространственное размещение особей.
10. Экологическая ниша. Принцип Гаузе.
11. Экологические пирамиды. Продуктивность экосистем.
12. Биогеохимические циклы углерода и азота.
13. Биогеохимические циклы фосфора и серы.
14. Популяционная характеристика человека.
15. Природные ресурсы и их классификация.
16. Загрязнение окружающей среды: виды, объекты, масштабы.
17. Загрязнение атмосферного воздуха, основные источники загрязнения атмосферы.
18. Экологические последствия глобального загрязнения атмосферы.
19. Антропогенное воздействие на гидросферу.
20. Состав и структура почв. Экологические факторы почв.
21. Антропогенные воздействия на почву.
22. Загрязнение среды отходами производства и потребления.
23. Антропогенные энергетические загрязнения.
24. Источники антропогенного шума. Шумовое воздействие.
25. Антропогенное воздействие на биологические ресурсы.
26. Нормативы качества окружающей среды.
27. Система мониторинга окружающей природной среды и уровни ее составляющие.
28. Природоохранное законодательство.
29. Система стандартов в области контроля регулирования и управления качеством окружающей природной среды.

30. Экологический контроль, экологическая экспертиза, экологическое аудирование.
31. Рассеивание химических соединений в атмосфере. Определение максимальной приземной концентрации вредного вещества, предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу.
32. Классификация конструкций пылеулавливающих аппаратов. Основные принципы их действия.
33. Классификация и краткая характеристика методов очистки промышленных газовых выбросов от газообразных примесей.
34. Источники загрязнения гидросферы.
35. Основные приемы и методы очистки сточных вод, их классификация.
36. Механические способы очистки воды.
37. Физико-химические методы очистки воды.
38. Биологический метод очистки воды.
39. Защита почв (земель).
40. Охрана и рациональное использование недр.
41. Основные способы обращения с отходами.
42. Защита от шумового воздействия.
43. Защита от электромагнитных полей и излучений.
44. Экологический кризис. Факторы, вызывающие развитие современного экологического кризиса.
45. Плата за использование природных ресурсов. Плата за негативное воздействие на окружающую среду.
46. Международное сотрудничество в области экологии.

### *Задачи*

1. Рекордно кислый дождь выпал в Уилинге, штат Виргиния, США в 1979 году с величиной  $pH=1,6$ . Во сколько раз концентрация ионов водорода  $H^+$  (моль/л) кислотного дождя больше нейтрального  $pH=7$  ?
2. В водоем длиной 100 м, шириной 80 м, глубиной 2 м попал кислотный дождь с  $pH=4$ . Как изменится величина  $pH$  в водоеме, если

первоначальная величина pH составляла 7? Количество выпавших осадков – 100 мм.

3. Выплавку меди производят из медной руды  $\text{Cu}_2\text{S}$ , при этом образуется  $\text{SO}_2$ . В США ежегодно выплавляют 1,6 млн т меди. Сколько тонн  $\text{SO}_2$  выделится при этом ?

4. Сколько карбоната кальция потребуется для удаления  $\text{SO}_2$ , образовавшегося при сгорании 1 т нефти, если в ней содержится серы 1,7%. Вся сера, содержащаяся в нефти, окислилась до  $\text{SO}_2$ . Эффективность способа удаления  $\text{SO}_2$  составляет 22%.

5. Огородник полил грядку с укропом тремя литрами калийной селитры с концентрацией 1 моль/л. Степень диссоциации – 75%. За сколько дней можно съесть этот укроп и не отравиться, если известно, что допустимое суточное потребление нитрат-ионов составляет 5 мг на 1 кг веса человека? Огородник весит 70 кг.

6. В аквариум вместимостью 20 л просыпалось 100 г натриевой селитры. Степень диссоциации – 80%. Сколько времени остается в запасе, чтобы сменить воду в аквариуме, если известно, что при концентрации нитрат-ионов 10 г/л рыбки погибнут через 6 часов, при концентрации 6 мг/л – через 37 часов, при 4 г/л – 80 часов. Нетоксичная концентрация нитрат-ионов менее 3 мг/л.

7. Человек съел 150 г моркови. Одна морковь весом 50 г накапливает 0,5 г нитратов. Будет ли отравление, если токсичная доза составляет 8 г?

8. Химкомбинат по производству азотных удобрений сбросил в ближайший водоем 30 т нитрата аммония. Выживут ли ушастые окуни, живущие в этом озере? Размер озера 200x50x5 м. Токсичная концентрация нитрата аммония для ушастых окуней составляет 800 мг/л.

9. Превышает ли ПДК азотной кислоты в цехе по производству азотной кислоты, если испаряется 8% кислоты ? Производство кислоты составляет 0,3 т за день. Объем цеха – 30 тыс.  $\text{м}^3$ , ПДК=2 мг/ $\text{м}^3$ .

10. На первой стадии производства азотной кислоты окислили аммиак

массой 741,4 г. В результате выделился ядовитый газ в комнату объемом 35 м<sup>3</sup>. Утечка ядовитого газа составила 7%. Определить, во сколько раз концентрация газа превысит ПДК.

11. При дыхании человек потребляет примерно 15 л кислорода в час, используя лишь 1/5 часть его содержания в воздухе. На какой срок хватит 10 м<sup>3</sup> воздуха при условии поглощения образующегося СО<sub>2</sub>?

12. Определить какая масса свинца будет выброшена в атмосферу города за месяц автомашинами таксопарка, имеющего 150 автомобилей Волга. Известно, что за сутки один автомобиль проходит 400 км и расходует 15 л бензина на 100 км пробега. Содержание свинца в топливе составляет 0,41 г/кг. Плотность бензина – 0,73 г/см<sup>3</sup>.

13. Что опаснее сажа или SO<sub>2</sub> и почему?

14. Разделить по происхождению на абиотические и биотические из перечня: железная руда, известняк, кислород в атмосфере, нефть, озоновый слой, почва, морская соль, уголь.

15. Что было бы с Землей, если бы существовали только растения ?

16. Каковы различия человека и животных с точки зрения лимитирующих факторов. Каким образом человечеству удалось преодолеть действие лимитирующих факторов ?

17. Указать химический элемент, который

- способствует развитию костной ткани,
- обеспечивает организм энергией;
- содержание в недостаточном количестве приводит к нарушению деятельности щитовидной железы;
- основной компонент воздуха;
- важнейший строительный компонент живой природы;
- важнейший строительный компонент неживой природы;
- самый распространенный элемент на Земле;
- его недостаток приводит к малокровию;
- входит в состав хлорофилла;

- способствует нормальной работе сердечной мышцы.

*Примечание:* химический элемент указывается только один раз.

18. Почему при сбросе неочищенных сточных вод уменьшается концентрация кислорода?

19. Перечислите пути использования бытовых отходов.

20. Владелец аптеки переехал из города *A* в город *B*. Количество людей в городах одинаково. Изменится ли перечень и количество лекарств, которые должен заказать аптекарь на следующий год? Что должен учесть при этом аптекарь?

21. Согласно своему варианту (табл.2) рассчитать электрическую напряженность *E*, создаваемую телевизионными передающими антеннами, на расстоянии 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 м. Построить график  $E = f(x)$ . Определить, на каком расстоянии электрическая напряженность уменьшается до ПДУ. Определить размер санитарно-защитной зоны.

Таблица 2

Номер варианта	Высота антенны <i>h</i>	Частота <i>f</i> , МГц	Мощность передатчика <i>P</i> , Вт
1	300	30	1500
2	290	50	2000
3	280	80	2500
4	270	100	3000
5	260	130	4000
6	250	160	5000
7	240	200	6000
8	230	250	7000
9	220	280	8000
0	210	300	9000

Электрическая напряженность электромагнитного поля в расчетной точке определяется по формуле:

$$E = \sqrt{\frac{30 \cdot P \cdot \theta}{h^2 + x^2}},$$

где *P* - мощность источника, Вт;  $\theta$  - коэффициент направленности антенны, рад

$$\theta = \arctg\left(\frac{x}{h}\right),$$

где  $h$  - высота антенны, м;  $x$  - расстояние от основания антенны до расчетной точки, м.

Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 «Электромагнит-ные излучения радиочастотного диапазона» устанавливают предельно-допустимые уровни (ПДУ) воздействия на людей электромагнитных излучений (ЭМИ) в диапазоне частот 30 кГц - 300 ГГц.( табл.3)

Таблица 3

Частота, МГц	ПДУ, В/м
30-60	5
60-120	4
120-240	3
240-300	2,5

Для передающих радиотелевизионных объектов (РТВО) установлены санитарно-защитные зоны, размеры которых указаны в табл. 4

Таблица 4

Суммарная мощность передатчика, кВт	Размеры санитарной зоны, м
до 10	в пределах территории
10-75	200-300
75-160	400-500
Более 160	500-1000

22. Рассчитать для заданного варианта (табл.5) напряжённость электрического поля  $E$ , создаваемого линией электропередач, на расстоянии  $X = 0; 10; 20; 30; 40; 50$  м. Построить график  $E=f(x)$ . Сравнить полученные значения с допустимыми величинами и определить размер охранной зоны.

Таблица 5

Вариант № п/п	Напряжение, $U$ , кВ	Сечение провода, $S$ , мм <sup>2</sup>	Расстояние между фазами до, м	Высота подвеса провода, $H$ , м
1	220	240	7	17,5
2	220	300	8	20,5
3	220	330	9	22,5
4	330	400	10	22,5
5	330	500	11	25,5
6	330	600	12	20,5
7	500	300	13	27

Вариант № п/п	Напряжение, $U$ , кВ	Сечение провода, $S$ , мм <sup>2</sup>	Расстояние между фазами до, м	Высота подвеса провода, $H$ , м
8	500	400	14	28
9	750	500	18	30
0	750	600	19	35

Напряжённость электрического поля, создаваемого линиями электропередач на поверхности земли, определяется по формуле

$$E = \frac{CU}{2\sqrt{3}\pi\epsilon_0} \left[ \frac{2H}{(X-D_0)^2 + H^2} - \frac{H}{X^2 + H^2} - \frac{H}{(X+D_0)^2 + H^2} \right]$$

где  $E$  – напряженность электрического поля, кВ/м;

$C$  – емкость единицы длины линии, Ф/м;

$U$  – номинальное напряжение, кВ,

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Кл · Н/м, диэлектрическая постоянная;

$H$  – высота подвеса провода, м;

$D_0$  - расстояние между проводами, м;

$X$  – расстояние до расчётной точки, м.

Емкость единицы длины определяется по формуле  $C = \frac{24 \cdot 10^{-12}}{\lg\left(\frac{2D_0}{d}\right)}$ ,

где  $d$  – диаметр провода, м.

Допустимая напряженность электрического поля, создаваемая линиями электропередач, приведена в табл. 6.

Таблица 6

Вид местности	Допустимая напряженность, кВ/м
Ненаселённая местность	15
Населённая местность	5
Жилая застройка	1,5

Размеры охранной зоны для линий электропередач выбираются согласно ГОСТ 12.1.051-90 «Расстояния безопасности в охранной зоне линий электропередачи напряжением свыше 1000 В» по табл. 7.

Таблица 7

Напряжение ЛЭП, кВ	Расстояние, м
110	20
220	25
330	30
500	30
750	40

23. Для заданного варианта (табл. 8 и табл. 9) рассчитать уровни звукового давления  $L$  в расчетной точке для восьми октавных полос частот. Построить спектры уровней звукового давления в расчетной точке и допустимых уровней звукового давления. Сравнить полученные значения с допустимыми.

Таблица 8

Вариант № п/п	Уровни звуковой мощности источника шума $L_p$ , дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами $f$ , Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	82	87	87	89	94	93	91	85
2	88	96	100	96	97	94	96	96
3	88	92	97	98	97	96	96	92
4	81	82	93	84	83	81	80	77
5	88	87	84	89	89	86	83	74
6	84	82	84	91	94	94	91	91
7	77	82	85	87	88	84	83	77
8	93	88	90	89	84	87	85	84
9	89	86	94	98	87	81	72	62
0	98	96	94	94	94	96	82	76

Таблица 9

Вариант	$r$ , м	$r_{\text{зел}}$ , м	$t$ , °С
1	40	10	0
2	50	15	10
3	60	20	20
4	70	10	30
5	80	15	0
6	90	20	10
7	100	10	20
8	110	15	30
9	120	20	0
0	90	10	20

Уровни звукового давления в октавных полосах частот для расчетной точки, расположенной на территории определяются по формуле

$$L = L_p + 10 \lg \Phi - 10 \lg(2\pi r^2) - \beta_a r - \beta_{\text{зел}},$$

где  $L$  – уровень звукового давления в расчетной точке, дБ;  $L_p$  – уровень звуковой мощности источника шума, дБ;  $\Phi$  – фактор направленности ( $\Phi=1$ );  $r$  – расстояние от источника шума до расчетной точки, м;  $\beta_a$  – коэффициент поглощения звука в воздухе, дБ/м (табл.11);  $\beta_{\text{зел}}$  – снижение шума полосой лесонасаждения, дБ – вычисляется следующим образом:

$$\beta_{\text{зел}} = \beta_{\text{азел}} r_{\text{зел}} \frac{\sqrt[3]{f}}{8};$$

где  $\beta_{\text{азел}}$  – снижение уровня звука на 1 м ширины лесополосы ( $\beta_{\text{азел}}=0,08$  дБ/м);

$r_{\text{зел}}$  – ширины лесополосы, м;  $f$  – среднегеометрическая частота, Гц.

Допустимые уровни звукового давления на территории, непосредственно прилегающей к жилым домам, приведены в табл. 10.

Таблица 10

Октавные полосы со среднегеометрическими частотами $f$ , Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Допустимые уровни звукового давления, $L_{\text{доп}}$ , дБ	67	57	49	44	40	37	35	33

Таблица 11

$t$ , °С	Коэффициент поглощения звука в воздухе ( $\beta_a$ , дБ/м), в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами $f$ , Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
30	0	0,0002	0,0009	0,003	0,0075	0,014	0,025	0,064
20	0	0,0003	0,0011	0,0028	0,0052	0,0096	0,025	0,083
10	0	0,0004	0,001	0,002	0,0039	0,01	0,035	0,125
0	0	0,0004	0,0008	0,0017	0,0049	0,017	0,058	0,156

24. Согласно заданному варианту (табл.12), определить концентрации вредных веществ  $C$  на различных расстояниях от источника выброса вредных веществ. Расчет сделать для 7 точек:  $X = 0; 50; 100; 150; 200; 250; 300$  м.

Построить график зависимости  $C + C_{\text{ф}} = f(X)$ . Сравнить расчетные концентрации с ПДК<sub>сс</sub>. Определить на каком расстоянии приземная концентрация достигает ПДК<sub>сс</sub>.

Таблица 12

Вариант № п/п	Вид источника	Габариты здания			Высота трубы $H$ , м	Характеристика выброса		
		$L$ , м	$B$ , м	$H_{\text{зд}}$ , м		Вредное вещество	$M$ мг/с	$C_{\text{ф}}$ мг/м <sup>3</sup>
1	Точечный	40	24	10	15	NO <sub>2</sub>	160	0.02
2	Точечный	42	20	12	18	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	180	0
3	Точечный	44	18	14	22	NH <sub>3</sub>	80	0,06
4	Точечный	46	28	10	17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	20	0
5	Точечный	48	32	12	18	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0.1	0
6	Линейный	40	20	12	18	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	280	0,01
7	Линейный	42	26	14	18	SiO <sub>2</sub>	100	0,01
8	Линейный	44	24	16	20	CuO	19	0
9	Линейный	50	26	10	15	NiO	1.8	0
0	Линейный	48	32	12	16	C	150	0,01

$L$  - длина здания, м;  $B$  - ширина здания, м;  $H_{\text{зд}}$  - высота здания, м;

$M$  - масса вредного вещества, выбрасываемого в единицу времени, мг/с;

$C_{\text{ф}}$  - фоновая концентрация вредного вещества, мг/м.

Расчет концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе при проектировании промышленных предприятий проводится с учетом размеров зданий. При расчете загрязнения атмосферного воздуха учитывается фоновое загрязнение.

При расчете степени загрязнения необходимо учитывать возникновение вблизи зданий при обтекании их воздушным потоком циркуляционных зон. С этой точки зрения промышленные здания делятся на два типа: узкие и широкие. Здание считается узким, если его ширина не превышает 2,5 высоты здания ( $B < 2,5 H_{\text{зд}}$ ). При обтекании воздушным потоком узкого здания над ним и за ним возникает единая циркуляционная зона, распространяемая от заветренной стороны здания на расстояние шесть его высот ( $6 H_{\text{зд}}$ ).

Здание считается широким, если его ширина превышает 2,5 высоты здания ( $B > 2,5 H_{\text{зд}}$ ). При обтекании воздушным потоком широкого здания над ним возникает наветренная циркуляционная зона, длиной  $2,5 H_{\text{зд}}$ , а за ним - заветренная циркуляционная зона длиной  $4 H_{\text{зд}}$ .

Расчет концентрации вредных веществ ведут с учетом вида здания - узкое или широкое, вида источника вредных выбросов – точечный или линейный по формулам, приведенным в табл.13 для узкого здания, в табл.14 – для широкого здания.

Таблица 13

Тип источника	Расчетная зона	Расчетные формулы
Точечный	Циркуляционная зона $0 \leq X \leq 6H_{\text{зд}}$	$C = \frac{1,3MK}{V} \left( \frac{0,6}{H_{\text{зд}}L} + \frac{42S_1}{(1,4L + B + X)^2} \right)$
	Вне циркуляционной зоны $X > 6H_{\text{зд}}$	$C = \frac{55MKS_1}{V(1,4L + B + X)^2}$
Линейный	Циркуляционная зона $0 \leq X \leq 6H_{\text{зд}}$	$C = \frac{2MK}{VLH_{\text{зд}}}$
	Вне циркуляционной зоны $X > 6H_{\text{зд}}$	$C = \frac{7,2MK}{VL(B + X)}$

Условные обозначения:

$C$  - концентрация вредных веществ, мг/м;  $M$  - масса вредных веществ, выбрасываемых источником в атмосферу в единицу времени, мг/с;

$K$  - безразмерный коэффициент, учитывающий возвышение устья источника на уровень загрязнения (при выбросе в наветренную или единую циркуляционную зону  $K = 1$ );  $V$  - расчетная сила ветра,  $V = 1$  м/с;  $H_{зд}$  - высота здания, м;

$L$  - длина здания, м;  $B$  - ширина здания, м;  $X$  - расстояние от заветренной стороны здания до расчетной точки, м;  $S_1$  - понижающий коэффициент, позволяющий определить концентрацию вредных веществ на расстоянии  $y$  от оси  $x$  при  $y = 0$   $S_1 = 1$ .  $m$  - безразмерный коэффициент, показывающий, какое количество выделяемых источником примесей участвуют в загрязнении атмосферы ( $m = 1$ ).

Таблица 14

Тип источника	Расчетная зона	Расчетные формулы
Точечный	Циркуляционная зона $0 \leq X \leq 4H_{зд}$	$C = \frac{5,6MmKq}{VLH_{зд}}$
	Вне циркуляционной зоны $X > 4H_{зд}$	$C = \frac{15MKK}{VL(B+X)}$
Линейный	Циркуляционная зона $0 \leq X \leq 4H_{зд}$	$C = \frac{2,8MmK}{VLH_{зд}}$
	Вне циркуляционной зоны $X > 4H_{зд}$	$C = \frac{7,2MK}{VL(B+X)}$

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов приведены в таб. 15.

Таблица 15

Вредное вещество	Химическая формула	ПДКсс, мг/м <sup>3</sup>
Азота диоксид	NO <sub>2</sub>	0,085
Алюминия оксид	Al <sub>2</sub> O	0,02
Аммиак	NH <sub>3</sub>	0,2
Ацетон	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	0,35
3,4 бензпирен	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	10 <sup>-6</sup>
Железа оксид	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04
Кремнеземсодержащая пыль	SiO <sub>2</sub>	0,05

Вредное вещество	Химическая формула	ПДКсс, мг/м <sup>3</sup>
Меди оксид	CuO	0,002
Никеля оксид	NiO	0,001
Сажа	C	0,05

25. Рассчитать предельно допустимый выброс вредного вещества ПДВ согласно своему варианту (табл. 16 и табл.17) для заданного источника выброса вредных веществ. Сравнить полученное значение с количеством вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени,  $M$  (г/с). В случае превышения ПДВ предложить мероприятия по снижению выбросов.

Таблица 16

Вариант № п/п	Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	$C_{\phi}$ , мг/м <sup>3</sup>	$t_o$ , °C	$t_r$ , °C
1	Диоксид азота	0,085	0,005	26	102
2	Бензол	105	0,02	23	23
3	Оксид меди	0,002	0,0004	25	67
4	Ацетон	0,35	0,01	26	26
5	Кислота серная	0,1	0,006	25	25
6	Дихлорэтан	1	0,01	24	72
7	Фреон	10	0,6	25	25
8	Спирт этиловый	5	1,6	26	26
9	Цемент	0,1	0,0002	26	49
0	Сероводород	0,008	0,0001	23	84

Таблица 17

Вариант № п/п	Город	$M$ , г/с	$H$ , м	$W_o$ , м/с	$D$ , м
1	Москва	10	12	2,3	0,4
2	Якутск	2,4	16	1,7	1,5
3	Н. Новгород	0,08	13	4	2
4	Чита	12	26	6,2	0,8
5	Курск	0,6	18	1,8	0,9
6	Новороссийск	0,7	19	2,1	0,9
7	Тула	9,6	12	1,9	2,1
8	Иваново	13	13	3,5	2,4
9	Свердловск	2,3	15	4,6	1
0	Красноярск	0,8	19	2	1,1

Расчет ПДВ (г/с) проводится по формулам

- для нагретых источников ( $\Delta T > 0$ )

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_{\phi})H^2}{AFm\eta} \sqrt[3]{V_1 \Delta T};$$

- для холодных источников ( $\Delta T \approx 0$ )

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi}) H^{4/3}}{AFm\eta} \frac{8V_1}{D},$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы; ПДВ – максимальная масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, которая с учетом рассеивания создает приземную концентрацию, не превышающую ПДК, (г/с);

$F$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе ( $F = 1$ );

$m$  и  $n$  – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

$H$  – высота источника выброса над уровнем земли (м);

$\eta$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50-ти м на 1 км,  $\eta = 1$ ;

$\Delta T$  – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси  $T_r$  и температурой окружающего атмосферного воздуха  $T_v$ , °С;

$V_1$  – расход газовой смеси, определяемый по формуле

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0 \quad \text{м}^3/\text{с}$$

где  $D$  – диаметр устья источника выброса, м;

$\omega_0$  – средняя скорость выхода газовой смеси из устья выброса, м/с.

Значение коэффициента  $A$ , соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, равно:

а) 250 – для районов Средней Азии южнее 40° с.ш., Бурятской АССР и Читинской области;

б) 200 – для европейской территории РСФСР: для районов РСФСР южнее 50° с.ш., для остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа, Молдавии; для

Азиатской территории: для Казахстана, Дальнего Востока и остальной территории Сибири и Средней Азии;

в) 180 – для Европейской территории РСФСР и Урала от 50° до 52° с.ш. за исключением попадающих в эту зону перечисленных ранее районов и Украины;

г) 160 – для Европейской территории РСФСР и Урала севернее 52° с.ш. (за исключением Центра ЕТС), а также Украины (для расположенных на Украине источников высотой менее 200 м в зоне от 50° до 52° с.ш. – 180, а южнее 50° с.ш. - 200);

д) 140 – для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской, Ивановской областей.

Значения коэффициентов  $m$  и  $n$  определяются в зависимости от параметров  $f$ ,  $v_m$

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T}$$

для нагретых  $V_m = 0,65 \sqrt{\frac{V_1 \Delta T}{H}}$

для холодных  $V_m = 1,3 \cdot \frac{\omega_0 D}{H}$

Коэффициент  $m$  определяется формуле

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,31\sqrt[3]{f}}$$

Коэффициент  $n$  определяется в зависимости от  $v_m$  по формулам

$$n=1 \text{ при } v_m \geq 2$$

$$n = 0,532v_m^2 - 2,31v_m + 3,13 \text{ при } 0,5 \leq v_m \leq 2$$

$$n=4.4v_m \text{ при } v_m < 0,5$$

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ОБРАЗЦЫ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ (РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ) РАБОТ

### *Задача 1*

Расчет загрязнения атмосферного воздуха технологическими выбросами

*Цель работы:* расчет возможного загрязнения атмосферного воздуха технологическими выбросами. Ознакомление с величинами предельно допустимых концентраций для воздуха населенных пунктов.

*Задание к работе:*

1. Согласно заданному варианту определить изменения концентрации вредных веществ в зависимости от расстояния до источника выброса вредных веществ. Расчет сделать для 7 точек:  $x = 0$ ;  $x = 50$ ;  $x = 100$ ;  $x = 150$ ;  $x = 200$ ;  $x = 250$ ;  $x = 300$  м. Построить график зависимости  $C+C_{\Phi}=f(X)$ . На графике также провести линию - ПДК<sub>сс</sub>. Сравнить расчетные концентрации с ПДК<sub>сс</sub>. Определить по графику, на каком расстоянии концентрации уменьшаются до ПДК<sub>сс</sub>.

2. Определить возможность расположения жилых домов на границе санитарной защитной зоны размером 1 000 м.

3. Определить, на каком расстоянии от источника выброса можно строить жилые дома. Необходимо условие

$$C+C_{\Phi}=\text{ПДК}_{\text{сс}}$$

*Условные обозначения:*

$C$  - концентрация вредных веществ в выбросах, мг/м<sup>3</sup>;

$M$  - масса вредных веществ, выбрасываемых источником в атмосферу в единицу времени, мг/с;

$K$ -безразмерный коэффициент, учитывающий возвышение устья источника на уровень загрязнения (при выбросе в наветренную или единую циркуляционную зону  $K = 1$ );

$V$  - расчетная сила ветра,  $V = 1$  м/с;  $H_{\text{зд}}$  - высота здания, м;  $L$  - длина здания, м;

$B$  - ширина здания, м;  $X$  - расстояние от заветренной стороны здания до расчетной точки, м;  $S_l$  - понижающий коэффициент, позволяющий определить концентрацию вредных веществ на расстоянии  $y$  от оси  $x$ . При  $y = 0$   $S_l = 1$ .

*Пример расчета:*

Источник - точечный

Вредное вещество – аммиак, ПДК<sub>сс</sub> - 0,2 мг/м<sup>3</sup>,  $C_{\phi}$  - 0,01 мг/м<sup>3</sup>,  
 $M$  - 150 мг/с,

$L$  - 48 м,  $B$  - 24 м

*Расчет 1:* так как  $B/H_{зд} = 2$ , т.е. меньше 2,5, следовательно, здание относится к узким. Расчеты ведем по следующим формулам:

при  $0 \leq X \leq 72$  м

$$C = \frac{1.3M \cdot K}{V} \left[ \frac{0.6}{H_{зд} \cdot L} + \frac{42S_l}{(1.4L + B + X)^2} \right]$$

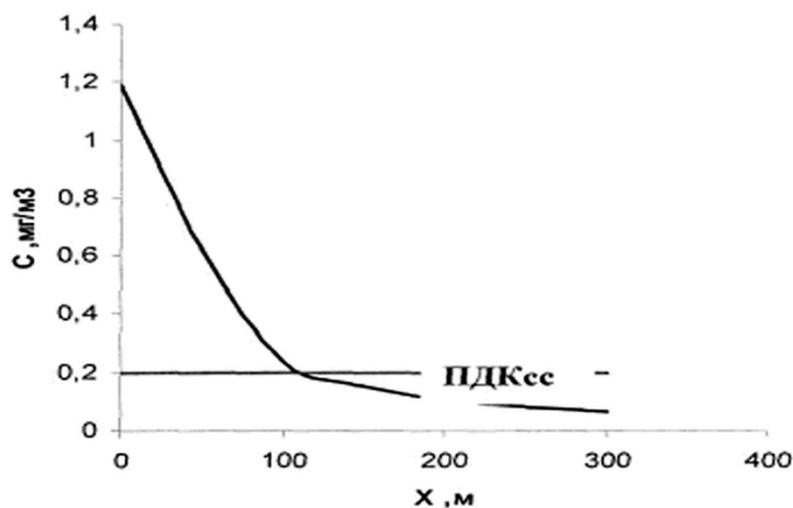
при  $X > 72$  м

$$C = \frac{55M \cdot K \cdot S_l}{V(1.4L + B + X)^2}$$

Результаты расчета приведены в табл. 18 и на рис. 39.

Таблица 18

<b>X, м</b>	<b>C + C<sub>ф</sub>, мг/м<sup>3</sup></b>
0	1,19
50	0,624
100	0,236
150	0,152
200	0,107
250	0,0809
300	0,0639
ПДК <sub>сс</sub>	0,2



**Рис. 39. Изменение концентрации вредных веществ в воздухе в зависимости от расстояния до источника**

*Вывод:* концентрация аммиака превышает ПДКсс до расстояния 120 м.

*Расчет 2:*

$X = 1000$  м, расчет ведем по формуле

$$C = \frac{55 \cdot K \cdot S_1}{V \cdot (1,4L + B + X)^2} = \frac{55 \cdot 150 \cdot 1 \cdot 1}{1 \cdot (1,4 \cdot 48 + 28 + 1000)^2} = 0,00693 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3},$$

$$C + C_{\text{ф}} = 0,00693 + 0,01 = 0,011693 < \text{ПДКсс}$$

*Расчет 3:*

$$C + C_{\text{ф}} = \text{ПДКсс},$$

$$\frac{55 \cdot 150 \cdot 1 \cdot 1}{1(1,4 \cdot 48 + 24 + X)^2} + 0,01 = 0,2,$$

$$X = 117,17 \text{ м.}$$

*Вывод:* жилые дома можно строить на расстоянии 117,17 м.

### Задача 2

Рассчитайте, какое количество двуокиси серы в сутки поступает в атмосферу при работе ГРЭС мощностью 3 млн кВт., если сжигается ежедневно 17 800 т каменного угля или 19 000 т бурого угля и 2 500 т мазута ежедневно. Содержание окисляемой серы в различных видах топлива представлено в табл.19.

Вид топлива	Содержание серы, % масс
Бурый уголь	2,8
Каменный уголь	1,8
Нефтепродукты	2,2

Дано:  $m_1 = 17800$  т,  $\omega_1 = 1,8\%$ ,  $m_2 = 19000$  т,  $\omega_2 = 2,8\%$ ,  $m_3 = 2500$  т,  $\omega_3 = 2,2\%$ ,

$M_{(S)} = 32 \cdot 10^{-3}$  кг/моль- молярная масса серы,

$V_{(m)} = 22,4$  м<sup>3</sup>/кмоль – молярный объем газа при нормальных условиях.

Найти:  $V_{SO_2}$

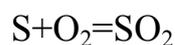
Решение: массовая доля серы в любом виде топлива определяется по формуле

$$\omega_{(S)} = \frac{m_{(S)}}{m_{(топлива)}}.$$

Таким образом, можно вычислить общую массу окисляемой серы:

$$m_{(S)} = \frac{1,8}{100} \cdot 17800 + \frac{2,8}{100} \cdot 19000 + \frac{2,2}{100} \cdot 2500 = 907,4 \text{ т}$$

В атмосфере сера находится в виде двуокиси серы



По уравнению реакции можно составить следующее соотношение для количеств веществ серы и двуокиси серы:

$$\nu(S) : \nu(SO_2) = 1 : 1.$$

Количество вещества серы находим из соотношения

$$\nu_{(S)} = \frac{m_{(S)}}{M_{(S)}}.$$

Объем двуокиси серы находим из соотношения:

$$\nu_{(SO_2)} = \nu_{(S)} = \frac{V_{(SO_2)}}{V_{(m)}},$$

$$V_{(SO_2)} = \frac{m_{(S)} \cdot V_{(m)}}{M_{(S)}} = \frac{907,4 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 22,4 \text{ м}^3 / \text{кмоль}}{32 \text{ кг} / \text{кмоль}} = 635,2 \text{ м}^3.$$

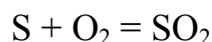
### Задача 3

С осадками на территорию поступает в год до 12 кг серы на гектар, а на территории, примыкающей к промышленным предприятиям - до 42 кг. Какой массе серной кислоты это соответствует?

Дано:  $m_1 = 12$  кг,  $m_2 = 42$  кг,  $M_S = 32 \cdot 10^{-3}$  кг/моль,  $M_{H_2SO_4} = 98 \cdot 10^{-3}$  кг/моль.

Найти:  $m_{H_2SO_4} = ?$

Решение: процесс образования серной кислоты в атмосфере можно описать следующими химическими уравнениями:



По уравнениям реакции можно составить следующее соотношение для количеств серы и серной кислоты:

$$\nu(S) : \nu(H_2SO_4) = 1:1.$$

Количество вещества находим из соотношения

$$\nu(S) = \frac{m(S)}{M(S)}.$$

Поскольку  $\nu(S) : \nu(H_2SO_4)$ , находим массу образовавшейся  $H_2SO_4$  по формуле

$$m_{H_2SO_4} = \frac{m(S)M_{(H_2SO_4)}}{M(S)} = \frac{54 \text{ кг} \cdot 98 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}} = 165,4 \text{ кг}$$

### Задача 4

Фитотоксичность марганца проявляется по отношению к картофелю при содержании в ботве картофеля  $Mn^{+2}$  до 700 мг/кг. Какой массе сульфата марганца это соответствует?

Дано:  $C_{Mn^{2+}} = 700$  мг/кг,  $M_{(Mn)} = 55$  г/моль,  $M_{(MnSO_4)} = 151$  г/моль.

Найти:  $M_{(MnSO_4)}$

*Решение:* расчет массы сульфата марганца, в котором содержится 700 мг

Mn можно произвести по пропорции

в 151 г  $\text{MnSO}_4$  содержится 55 г Mn,

в  $m_{\text{MnSO}_4}$  содержится 0,7 г

$$m_{\text{MnSO}_4} = \frac{151 \cdot 0,7}{55} = 1,92 \text{ г.}$$

## 6. ГЛОССАРИЙ

<p><b>Автотрофы</b> - организмы, синтезирующие органические вещества из неорганических с использованием энергии Солнца или энергии, освобождающейся при химических реакциях.</p>
<p><b>Биогены</b> - вещества, в том числе химические элементы, необходимые для существования живых организмов, а также вещества, синтезируемые организмами в ходе их жизнедеятельности.</p>
<p><b>Биосфера</b> - нижняя часть атмосферы, вся гидросфера и верхняя часть литосферы, населенные живыми организмами, область существования живого вещества.</p>
<p><b>Биота</b> - совокупность видов организмов (флоры и фауны), обитающих на какой-либо крупной территории.</p>
<p><b>Гетеротрофы</b> - организмы, использующие для питания органические вещества, произведенные другими живыми организмами, и не способные синтезировать органические вещества из неорганических.</p>
<p><b>Консументы</b> - организмы, питающиеся готовым органическим веществом.</p>
<p><b>Ноосфера</b> (сфера разума) - гипотетическая стадия развития биосферы, когда разумная деятельность людей станет главным определяющим фактором ее устойчивого развития.</p>
<p><b>Окружающая среда</b> - среда обитания и производственной деятельности человека, включающая абиотические, биотические и социально-экономические факторы. Складывается из природной среды и социосферы.</p>
<p><b>Популяция</b> - способная к самопроизведению совокупность особей одного вида, находящихся во взаимодействии между собой и особями других видов, совместно населяющих общую территорию.</p>
<p><b>Предельно допустимые выбросы (ПДВ)</b> - максимальный объем веществ в единицу времени, который не ведет к превышению их предельно допустимых концентраций (ПДК).</p>
<p><b>Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ (ПДК)</b> -</p>

<p>максимальная концентрация загрязняющих веществ, не влияющих негативно на здоровье людей настоящего и последующих поколений при воздействии на организм человека в течение всей его жизни.</p>
<p><b>Продуценты</b> - автотрофы и хемотрофы, производящие органические вещества из неорганических.</p>
<p><b>Редуценты</b> - организмы, превращающие органические остатки в неорганические вещества.</p>
<p><b>Сукцессия</b> - последовательная смена биоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории в результате действия природных факторов или человеческой деятельности.</p>
<p><b>Техносфера</b> - часть биосферы, коренным образом преобразованная человеком в инженерно-технические сооружения: города, заводы, дороги, плотины и т.п.</p>
<p><b>Толерантность</b> - способность организмов выдерживать отклонения экологических факторов от оптимальных значений.</p>
<p><b>Фактор абиотический</b> - условие неорганического мира, фактор неживой природы.</p>
<p><b>Фактор биотический</b> - совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других, а также на окружающую среду.</p>
<p><b>Фактор лимитирующий</b> - экологический фактор, который ограничивает течение какого-либо процесса, явления или существование организма.</p>
<p><b>Фотосинтез</b> - окислительно-восстановительная реакция синтеза органических веществ с помощью световой энергии.</p>
<p><b>Хемосинтез</b> - процесс синтеза органических веществ из диоксида углерода за счет окисления аммиака, сероводорода и других веществ, осуществляемый микроорганизмами.</p>
<p><b>Цепь трофическая</b> (пищевая) - ряд видов, каждое предыдущее звено в котором служит пищей для следующего.</p>
<p><b>Экология</b> - наука о взаимоотношениях организмов и образуемых ими сообществ с абиотическими и биотическими экологическими факторами.</p>

**Экология человека** - наука, рассматривающая биосферу как экологическую нишу человечества, изучающая природные, социальные и экономические условия как факторы среды обитания человека, обеспечивающие его нормальное развитие и воспроизводство.

**Экосистема** - комплекс, в котором между биотическими и абиотическими компонентами происходит обмен веществом, энергией, информацией.

## 7. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров, Г.Н. Установки сверхвысокого напряжения и охрана окружающей среды/ Г.Н.Александров, - Л.: Энергоатомиздат,1989.- 360 с.
2. Инженерная экология и экологический менеджмент: учебник для высших учебных заведений / М. В. Буторина, П. В. Воробьев, А. П. Дмитриева и др.- М.: Логос, 2003. - 528с.
3. Коробкин,В.И., Прередельский Л. В.Экология / В.И.Коробкин,
4. Л. В. Прередельский – Ростов на Дону: Феникс, 2000. - 576с.
5. Ксенофонов,Б.С. Водопользование и очистка промстоков// Безопасность жизнедеятельности. 2003. № 9. с. 1- 16.
6. Кубатов, П.А. Численный расчет электромагнитных полей/ П. А. Кубатов – М.: Высшая школа, 1984. - 182 с.
7. Лозановская,И.Н., Орлов, Д.С., СадовниковЛ.К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: учеб. пособие для вузов / И.Н.Лозановская, Д.С.Орлов,Л. К Садовников-М.:Высш. шк.,1998.- 287 с.
8. Николайкин,Н.И., Николайкина, Н.Е., Мелехова, О.П. Экология: учеб. для вузов/ Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелехова. - М.: Дрофа, 2004.- 624с.
9. Стадницкий, Г.В., Родионов, А.И. Экология: учеб. пособие для химико-технологических вузов/ Г. В. Стадницкий, А. И. Родионов,– М.: Высшая школа, 1998. - 272 с.
- 10.Торочешников,Н.С., Родионов,А.И. Техника защиты окружающей среды/ Н. С. Торочешников, А. И. Родионов - М.: Химия, 1981. - 257с.
- 11.Экология: учебник для вузов/под ред. Г.В.Тягунова, Ю.Г.Ярошенко. – М.: Интермент Инжиниринг, 2000.- 330 с.
- 12.Цветкова, Л.И., Алексеев М. И. Экология/ Л.И.Цветкова, М.И.Алексеев - Спб.: Диан, 2001. - 552 с.