

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра «Биоэкологии и природопользования»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.09 Экология**

**Направление подготовки: - 20.03.01 "Техносферная безопасность"**

**Профиль подготовки - "Безопасность жизнедеятельности в техносфере"**

**Нормативный срок обучения – 4 года**

**Форма обучения - очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Лекция 1 (Л-1) Промышленная экология - научная основа рационального природопользования. ....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Лекция 2 (Л-2) Рациональное использование атмосферного воздуха.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 Лекция 3 (Л-3) Водные системы промышленных предприятий.....</b>	<b>21</b>
<b>1.4 Лекция 4 (Л-4) Методы очистки сточных вод.....</b>	<b>28</b>
<b>Лекция 5 (Л-5) Антропогенное воздействие на литосферу.....</b>	<b>34</b>
<b>Лекция 6 (Л-6) Переработка и использование отходов производства и потребления.....</b>	<b>38</b>
<b>Лекция 7 (Л-7) Виброакустическое загрязнение окружающей среды: механизм явления, нормирование и защита.....</b>	<b>44</b>
<b>Лекция 8 (Л-8) Неионизирующее и ионизирующее загрязнение окружающей среды: механизм явления, нормирование и защита.....</b>	<b>50</b>
<b>2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.....</b>	<b>54</b>
<b>2.1 Лабораторная работа №ЛР-1 Основные понятия и термины биоэкологии.....</b>	<b>54</b>
<b>2.2 Лабораторная работа №ЛР-2 Экологические классификации.....</b>	<b>54</b>
<b>2.3 Лабораторная работа №ЛР-3 Классификация экологических факторов.....</b>	<b>54</b>
<b>2.4 Лабораторная работа №ЛР-4 Закономерности действия факторов.....</b>	<b>55</b>
<b>2.5 Лабораторная работа №ЛР-5 Экологические группы организмов.....</b>	<b>55</b>
<b>2.6 Лабораторная работа №ЛР-6 Динамика популяций.....</b>	<b>55</b>
<b>2.7 Лабораторная работа №ЛР-7 Динамика численности популяций.....</b>	<b>55</b>
<b>2.8 Лабораторная работа №ЛР-8 Популяционный гомеостаз.....</b>	<b>55</b>
<b>2.9 Лабораторная работа №ЛР-9 Энергетические потоки и биологическая продуктивность экосистем.....</b>	<b>55</b>
<b>2.10 Лабораторная работа №ЛР10 Экологические структуры и динамика экосистем....</b>	<b>55</b>
<b>2.11 Лабораторная работа №ЛР-11 Динамика экосистем.....</b>	<b>55</b>
<b>2.12 Лабораторная работа №ЛР-12 Границы современной биосферы.....</b>	<b>56</b>
<b>2.13 Лабораторная работа №ЛР-13 Последствия антропогенных изменений природных систем.....</b>	<b>56</b>
<b>2.14 Лабораторная работа №ЛР-14 Экологическое состояние гео- и экосистем и его оценка.....</b>	<b>56</b>
<b>2.15 Лабораторная работа №ЛР-15 Принципы рационального использования и охраны отдельных видов природных ресурсов и ландшафтов.....</b>	<b>56</b>
<b>3. Методические указания по проведению практических занятий.....</b>	<b>56</b>
<b>4. Методические указания по проведению семинарских занятий.....</b>	<b>56</b>

# 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## 1. 1 Лекция 1 (Л-1) Промышленная экология - научная основа рационального природопользования. (2 часа)

### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Промышленная экология: цель, задачи, объект, предмет, методы.
2. Методы наказания и стимулирования в промышленной экологии.
3. Санитарно-гигиенические показатели загрязнения.

### 1.1.2 Краткое содержание вопросов

1. Предметом промышленной экологии является то, как снизить загрязнение среды в процессе производства. Причем это не обязательно загрязнение веществами, в том числе и токсичными. Промышленность загрязняет среду теплом, шумом, электромагнитным излучением и пр., которые крайне угнетающе воздействуют как на человека, так и на природу в целом. Так например, воздействие шума является одной из главных причин стрессов и в человеческом обществе и в природе. Не достаточно изучено влияние электромагнитного излучения, особенно слабого. Тепловое загрязнение становится сейчас самым распространенным случаем хронического стресса. Особенно это заметно вблизи тепловых электростанций, высвобождающих в воздух и воду огромные количества тепла. Последствия повышения температуры в окрестных прудах и озерах различны.

Одной из наибольших опасностей считается загрязнение грунтовых вод и глубоких водоносных горизонтов. В отличие от поверхностных вод эту воду практически невозможно очистить. Поэтому она еще долго будут отравлять все живое в окрестности. Но основную нагрузку несут на себе, конечно же, атмосфера и открытые водоемы

К числу основных направлений развития промышленной экологии можно отнести следующее: 1. Очистка выбросов. Разрабатываются и внедряются все новые системы очистных сооружений, препятствующих попаданию вредных веществ в атмосферу и в водоемы. Однако проблема этим не решается - куда девать эти вещества после того, как они выделены в концентрированном виде из промышленных стоков или дыма. 2. Совершенствование технологии производства путем повторного использования отходов.

3. Совершенствование добывающих и промысловых отраслей промышленности. Здесь происходят практически неконтролируемые процессы разрушения ландшафтов, гибели пригодных для земледелия земель, загрязнения среды, непосредственное уничтожение растительного и животного мира планеты и т.п. 4. Переход на экологически более чистые источники энергии. 5. Снижение вредности транспорта. Это одна из важнейших проблем современных городов, которая напрямую связана с энергетической проблемой. Сейчас эту проблему пытаются решать с помощью соответствующих фильтров и оптимизацией конструкцией моторов, но рост численности автомобилей перекрывает все успехи в этом направлении. В природных экосистемах около 90% энергии расходуется на разложение и возвращение веществ в биогеохимический кругооборот. В социально-экономических системах около 90% материальных ресурсов переходит в отходы, а основное количество энергии используется в производстве и потреблении. Поэтому главной задачей промышленной экологии является нахождение путей для рационального использования природных ресурсов, предотвращения их истощения, деградации и загрязнения окружающей среды, а в конечном итоге - совмещение техногенного и биогеохимического кругооборотов веществ.

### 2. Методы наказания и стимулирования в промышленной экологии.

### 3.2 Методы наказания и стимулирования в промышленной экологии

В настоящее время большинство ученых и предпринимателей (развитых странах пришли к пониманию того, что дешевле и эффективнее предотвращать нерациональное использование природных ресурсов и образование отходов, чем бороться со следствием, а устранить причины образования отходов, оскудения природных ресурсов и загрязнения о. с. Существуют три причины препятствующие загрязнению природной среды:

- 1) политическая;
- 2) экономическая;
- 3) техническая.

Политическая (стимулирование) - экономика и экология взаимосвязаны, не исключают, а дополняют друг друга. И ключевым здесь является природоохранное законодательство.

ФЗ РФ «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г.

ФЗ РФ «Об экологической экспертизе», 18 декабря 2006 г.

ФЗ РФ «Об охране атмосферного воздуха», от 4 мая 1999 г.

Водный кодекс, от 3 июня 2006 г.

Лесной кодекс, от 4 декабря 2006 г.

Земельный кодекс, от 25 октября 2001г.

ФЗ РФ «О животном мире», 1995 г.

ФЗ РФ «Об особо охраняемых территориях», от 14 марта 1995 г.

ФЗ РФ «О недрах», от 21 февраля 1992 г.

ФЗ РФ «Об отходах производства и потребления», от 24 июня 1998 г.

ФЗ РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», от 30 марта 1999 г.

Экономические (стимулирование) в РФ осуществляется стимулирование рационального природопользования и охраны о.с путем: («ФЗ РФ об охране о.с 2002г.)

1. Установление налоговых и других льгот, предоставляемых государственным и другим предприятиям, учреждениям и организациям, в

### 3. Санитарно-гигиенические показатели загрязнения.

Почва.

Огромное количество отходов, поступая в почву, обезвреживаются благодаря способности почвы к самоочищению.

Самоочищение почвы – это сложный процесс, сопровождающийся гибелью патогенных микроорганизмов, разложением органических веществ попавших в почву с отбросами, под воздействием почвенных микроорганизмов с образованием воды, оксида углерода, минеральных солей и гумуса (перегной).

Самоочищение почвы проходит в два этапа: минерализации и нитрификации.

**Минерализация** органических веществ может проходить в аэробных (при доступе O<sub>2</sub>) и анаэробных (при отсутствии или недостатке O<sub>2</sub>) условиях. В анаэробных условиях органические вещества разлагаются благодаря деятельности неспороносных, гнилостных микробов и микробов вызывающих брожение. Процесс разложения органических веществ сопровождается выделением зловонных газов, загрязняющих воздух.

Параллельно этому процессу в почве происходит процесс синтеза из органических веществ отбросов нового сложного органического вещества, гумуса (совокупность специфических и неспецифических органических веществ, синтезированных почвенными микроорганизмами). В санитарном отношении важно, что гумус не загнивает, не выделяет зловонных газов и не содержит патогенных микроорганизмов, кроме спороносных.

**Нитрификация** осуществляется в аэробных условиях, с помощью спорообразующих микробов. Заключается в дальнейшем окислении конечных продуктов минерализации и превращении их в минеральные соли, используемые растениями.

Степень очищения почвы зависит от ее аэрации. Способность почвы к самоочищению используют для удаления и обезвреживания твердых и жидких отходов.

### **Санитарно-гигиенические показатели загрязнения почвы**

**О степени загрязнения почвы судят по следующим показателям:**

**1. В качестве химического показателя** берется так называемое **санитарное число** – частное от деления количества почвенного белкового азота на количество органического азота (в почве содержится определенное количество азота, входящего в состав белковых веществ). При внесении в почву загрязнений повышается содержание органического азота и, следовательно, изменяется соотношение между ними и белковым азотом.

**2. В качестве показателя бактериального** загрязнения почвы используют титр кишечной палочки (*B.Coli*) и титр одного из анаэробов (*B. Perfringens*). Эти бактерии поступают в почву с фекалиями. Т.к. анаэроб обладает способностью спорообразования, он сохраняется в почве более продолжительное время, чем кишечная палочка. Наличие в почве анаэроба при отсутствии кишечной палочки свидетельствует о старом фекальном загрязнении.

**3. Санитарно – гельминтологическим показателем** состояния почвы является число яиц гельминтов в 1 кг почвы.

**4. Санитарно энтомологическим** – наличие личинок и куколок мух в 0,25 м<sup>2</sup> поверхности почвы.

Атмосфера.

В 1951 г. в СССР были утверждены ПДК для 10 наиболее распространенных атмосферных загрязнителей. Это были первые в мире нормативы качества воздуха, введенные в работах В.А. Рязанова, К.А. Буштуевой, М.А. Пинигина и др. В начале 1970-х гг. перечень ПДК, приведенный в «Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий» (СН 245-71), включал более 600 названий вредных веществ, а в середине 1990-х гг. — 2400. В основу нормирования была положена концепция, согласно которой допустимой может быть признана такая концентрация загрязнителя в атмосферном воздухе, которая не оказывает на человека прямого или косвенного вредного и неприятного действия, не снижает его работоспособности, не влияет на его самочувствие или настроение.

Некоторые загрязнители атмосферы обладают запахом и оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки верхних дыхательных путей. Такие их свойства следует учитывать лишь в случаях, если они вызываются концентрациями ниже пороговых по токсическому действию. Ощущение запаха или раздражающего действия, как правило, появляется в период кратковременного подъема концентраций. Кроме того, для обоснования ПДК изучаются различные рефлекторные реакции на кратковременное вдыхание загрязнителя.

Предельно допустимая концентрация атмосферных загрязнений должна использоваться только для оценки степени загрязнения воздуха селитебных территорий и не должна применяться для оценки степени загрязнения воздуха промышленной площадки и санитарно-защитных зон.

Для оценки загрязнения воздуха на территориях курортов, мест массового отдыха населения используется 0,8 ПДК атмосферных загрязнений.

Любой химический загрязнитель атмосферы имеет порог действия, поэтому очень важно уметь правильно определять пороговую и подпороговую концентрацию.

Предельно допустимая концентрация атмосферных загрязнителей устанавливается на уровне- подпороговых значений, нормирование которых ведется в расчете на группы населения, к которым относятся дети, лица старшего возраста и ослабленные болезнью. В основу нормирования положено использование экспериментального метода, позволяющего моделировать заданные условия и широко обобщать результаты с целью прогнозирования биологического действия атмосферных загрязнителей как при

изолированном, так и комбинированном их влиянии. С методологической точки зрения этот метод более эффективен, чем метод наблюдения за здоровьем населения в условиях уже наступивших загрязнений атмосферы.

Установление среднесуточной ПДКСС базируется на изучении ре-зортивного действия вредного вещества в условиях круглосуточной экспозиции на экспериментальных животных. Длительность экспозиции составляет 3...4 месяца, или 10...15% времени жизни белых крыс, на которых, как правило, проводятся такие эксперименты. Затем результаты исследований распространяются на людей. Проверка проводится в натурных исследованиях на населении и рассматривается как обязательный второй этап нормирования. Практика выбора концентраций для затравки животных показывает, что подпороговая концентрация обычно бывает в 3...10 раз ниже пороговой. Накопленные результаты второго этапа нормирования свидетельствуют о надежности установленных в РФ ПДК атмосферных загрязнений и правомерности прямого переноса результатов эксперимента в реальные условия.

Максимальные разовые предельно допустимые концентрации (ПДКм р) нормируются по рефлекторным реакциям, преимущественно по запаху. Вещества, обладающие запахом или раздражающим свойством, исследуются на добровольцах в условиях краткосрочных опытов с целью определения порога запаха раздражающего или рефлекторного действия. Эти исследования выполняются в условиях «слепого» опыта с использованием специальных установок с динамическим дозированием изучаемых веществ в цилиндры, через которые доброволец свободно дышит.

При обосновании ПДКмр учитывается влияние средних пороговых или подпороговых концентраций не для группы, а для наиболее чувствительных лиц.

## **1.2 Лекция 2 (Л-2) Рациональное использование атмосферного воздуха.( 4часа)**

### **1.2.1 Вопросы лекции:**

1. Основные виды и источники загрязнения атмосферы.
2. Экологизация технологических процессов и оптимизация расположения источников загрязнения.
3. Очистка и переработка технологических газов, дымовых отходов и вентиляционных выбросов.
4. Государственный экологический контроль за охраной атмосферного воздуха.

### **1.2.2 Краткое содержание вопросов**

1 вопрос. Основные виды и источники загрязнения атмосферы.

В настоящее время к загрязнениям принято относить все те антропогенные факторы, которые оказывают нежелательное воздействие, как на самого человека, так и на ценные для него организмы и ресурсы неживой природы.

Промышленные загрязнения могут быть механическими, химическими, физическими и биологическими.

К механическим загрязнениям относятся запыление атмосферы, твердые частицы и разнообразные предметы в воде и почве.

Химическими загрязнениями являются всевозможные газообразные, жидкие и твердые химические соединения и элементы, попадающие в атмосферу и гидросферу и вступающие во взаимодействие с окружающей средой.

К физическим загрязнениям относятся все виды энергии как отходы разнообразных производств. Это – тепловая, механическая (включая вибрации, шум, ультразвук), световая энергии, электромагнитные поля, все ионизирующие излучения.

Биологические загрязнения – все виды организмов, появившиеся при участии человека и наносящие вред ему самому или живой природе.

По другой классификации все промышленные загрязнения окружающей среды подразделяются на две основные группы: материальные (вещества), включающие

механические, химические, биологические загрязнения, и энергетические (физические) загрязнения. Объединение механических и химических загрязнений в одну группу обусловлено тем, что большая часть веществ оказывает на окружающую среду оба рода воздействия. Более того, некоторые виды загрязнений, например, радиоактивные отходы, могут быть одновременно материальными и энергетическими.

В основу классификации материальных загрязнений приняты среда распространения загрязнений (атмосфера, гидросфера, литосфера), их агрегатное состояние (газообразные, жидкие, твердые), применяемые методы обезвреживания, а так же степень токсичности загрязнений.

Необходимо помнить, что абсолютно безвредных отходов не существует. Так, углекислый газ вреден уже тем, что при больших концентрациях снижает в воздухе относительное содержание кислорода.

Выбросы вредных веществ в атмосферу классифицируются по агрегатному состоянию этих веществ (газо- и парообразные, жидкие, твердые, смешанные выбросы) и по массовому выбросу, т. е. массе веществ, выбрасываемых в единицу времени (тонн в сутки).

Оказывая отрицательное влияние на окружающую среду, материальные загрязнения, в свою очередь, могут подвергаться определенному воздействию окружающей среды. Поэтому, весьма важному с экологической точки зрения признаку, загрязнения разделяют на две группы: стойкие (неразрушаемые) и разрушаемые под действием природных химико-биологических процессов.

Энергетические загрязнения окружающей среды включают промышленные тепловые выбросы, а так же все виды воздействующих на биосферу излучений и полей.

Тепловое загрязнение атмосферы, являющееся следствием конвективного и радиационного теплообмена между нагретыми выбросами или технологическими установками (источниками теплоты) и окружающей средой и проявляющееся в повышении температуры атмосферы, в большей или меньшей степени присуще всем производствам.

Шум, вибрация и ультразвук представляют собой волнообразно распространяющиеся периодические колебательные движения частиц упругой среды (газообразной, жидкой или твердой). Они различаются по частоте колебаний и характеру восприятия их человеком.

Колебания с частотой 16-20 000 Гц, передаваемые через газообразную среду, производят звуки или шумы (беспорядочные сочетания звуков различной частоты и интенсивности) и воспринимаются органами слуха. Колебания с частотой ниже 16 Гц называются инфразвуками, а выше 20 кГц - ультразвуками; органами чувств человека они не воспринимаются, однако оказывают на него влияние.

Для выполнения различных контрольных операций (радиоизотопная дефектоскопия, контроль размеров проката, поковок и т. п.) в машиностроении самое широкое применение находят ионизирующие излучения (альфа, бета, гамма, рентгеновское, нейтронное). Такие излучения при взаимодействии с веществом вызывают его ионизацию, т.е. сообщают его нейтральным атомам и молекулам электрический заряд, превращая их в ионы. Степень воздействия на вещество ионизирующего излучения зависит от его проникающей и ионизирующей способности.

Большинство энергетических загрязнений окружающей среды в отличие от материальных действуют лишь во время их производства и не аккумулируются в природе (это не распространяется на тепловые выбросы и ионизирующие излучения). Другой особенностью энергетических загрязнений является ограниченность сферы их активного воздействия на окружающую среду.

Источники загрязнения воздушного пространства промышленными выбросами могут быть классифицированы следующим образом.

По назначению:

– технологические, содержащие отходящие газы после их улавливания на установках;

– вентиляционные – местные отсосы и общеобменная вентиляция.

По месту расположения:

– незатененные (высокие) или точечные, удаляющие загрязнения на высоту, превышающую здание в 2,5 раза;

– затененные (низкие) на высоте менее 2,5 высоты здания; наземные – открыто расположенное технологическое оборудование.

По геометрической форме:

– точечные (трубы, шахты и т.п.);

– линейные (аэрационные фонари, окна, факела и т.д.).

По режиму работы: непрерывного и мгновенного действия; залповые и мгновенные.

По дальности распространения: внутриплощадные, внеплощадные.

Горно-добывающая промышленность. Загрязнение атмосферного воздуха при разработке месторождений минерального сырья (Основными источниками загрязнения являются газопылевые «выбросы» из подземных горных выработок, газопылевые выделения из породных отвалов и складов полезных ископаемых. В данном случае под выбросом понимается поступление в атмосферу из подземных горных выработок рудничного (шахтного) воздуха; масса этого воздуха может быть весьма значительной, а концентрации в нем загрязняющих веществ обычно не столь велики. Рудничный воздух представляет собой смесь атмосферного воздуха с различными газообразными примесями, выделяемыми из пород, полезных ископаемых или шахтных вод (например,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и др.), а так же образуемыми при взрывных работах и в ряде других процессов.). Нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность. К наиболее распространенным загрязняющим веществам атмосферного воздуха при добыче, подготовке, транспортировке и переработке нефти и газа, а также при их сжигании относятся углеводороды, сероводород, оксиды азота и серы, механические взвеси. К выбросам их при добыче нефти и газа приводят следующие случаи: аварийное фонтанирование, опробование и испытание скважин, испарение из мерников и резервуаров, разрывы трубопроводов, очистка технологических емкостей. Источниками оксидов углерода, азота и серы, сажи являются факельные системы, на которые подаются вредные газопарообразные вещества для сжигания из технологических установок, коммуникаций и предохранительных устройств при невозможности их использования в качестве топлива в котельных установках. Все производственные объекты газовой промышленности характеризуются наличием постоянной фоновой загазованности. При хранении потери от так называемого «дыхания».

Загрязнения атмосферы воздуха выбросами предприятиями черной металлургии с полным металлургическим циклом следует рассматривать по отдельным видам производства:

- коксохимическое,

- доменное,

- сталеплавильное.

Выбросы коксохимического производства.

Коксование - метод переработки жидких и твердых горючих ископаемых нагреванием при 900-1050°C без доступа воздуха. Выбросы от коксохимического производства содержат оксид углерода (на порядок больше других примесей), угольную и коксовую пыль, сернистый ангидрид, цианиды, ароматические углеводороды, аммиак, фенол, сероводород.

Процесс выплавки чугуна в доменной печи заключается в восстановлении оксидов железа углеродом, оксидом углерода и водородом. Углерод поступает в доменную печь в составе кокса, пылевидного топлива, вдуваемых газов, водород - в составе природного



газа, мазута и других добавок. Основные загрязнители: доменный газ, содержащий 60% N<sub>2</sub>, 30 % CO, 10 % CO<sub>2</sub> и много пыли; тепловое излучение; уровень шума и вибрация.

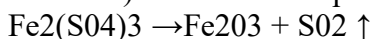
Машиностроение. Газ, содержащий оксиды углерода, серы, азота, пары масел, полидисперсную пыль; при литье под действием теплоты жидкого металла из формовочных смесей выделяются бензол, фенол, формальдегид, метанол и другие токсичные вещества.

Транспорт. Загрязнение атмосферы передвижными источниками автотранспорта происходит в большей степени отработавшими газами через выпускную систему автомобильного двигателя. Отработавшие газы автомобилей в числе наиболее токсичных компонентов содержат оксид углерода, оксиды азота и углеводороды, а газы дизелей - оксиды азота, углеводороды, сажу и сернистые соединения. Один автомобиль ежегодно поглощает из атмосферы в среднем более 4 т кислорода. Кроме того, АЗС, автодороги (пыль).

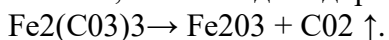
Топливная промышленность. С дымовыми газами электростанций в воздушный бассейн выбрасывается большое число твердых и газообразных загрязняющих веществ, среди которых такие вредные вещества как зола, оксиды углерода, серы и азота. Помимо этого в воздушный бассейн попадает огромное количество диоксида углерода и водяных паров. При сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива вся его масса превращается в отходы, причем количество продуктов сгорания в несколько раз превышает массу использованного топлива за счет включения азота и кислорода (количество отходов в 5 раз больше массы исходного топлива при сжигании газа, в 4 раза больше при сжигании угля).

2 вопрос. Экологизация технологических процессов и оптимизация расположения источников загрязнения.

Это направление можно считать наиболее эффективным в системе мер по охране воздушного бассейна от загрязнения вредными веществами. К нему относится, прежде всего, создание замкнутых технологических циклов, безотходных и малоотходных технологий, которые исключают или существенно снижают попадание в воздух вредных веществ. Например, производство феррита (магнитного оксида железа, широко применяемого при изготовлении магнитных носителей информации в ЭВМ, теле- и радиотехнике) основано на прокаливании сульфата железа:



и сопровождается выделением больших количеств вредного соединения — диоксида серы. Однако в случае замены сульфата на карбонат образование газообразных компонентов, опасных для здоровья человека, исключается:



При проведении предварительного обессеривания твердого (каменного угля) или жидкого (мазута) топлива перед подачей его в топку тепловых электростанций возможно существенное понижение содержания SO<sub>2</sub> в дымовых газах.

Вполне эффективны методы подавления генерации NO<sub>x</sub> в зоне горения топлива на предприятиях тепловой энергетики (двухстадийное сжигание топлива, рециркуляция дымовых газов). Так удастся почти на половину сократить выбросы оксидов азота с дымовыми газами.

Подобное направление природоохранных мероприятий предусматривает также создание непрерывных технологических процессов (по принципу «отходы одних являются сырьем для других предприятий»), замену сети мелких котельных установок на централизованное теплоснабжение, замену угля и мазута на природный газ и т. п.

В то же время, как показывает опыт, в приземном слое атмосферы вблизи крупных энергетических установок (ГРЭС, ТЭЦ, ТЭС) и других предприятий содержание вредных веществ в отходящих газах нередко превышает предельно допустимые нормы, несмотря на меры по очистке газов и экологизацию технологических процессов. В этих случаях

прибегают к рассеиванию пылегазовых выбросов с помощью высоких дымовых труб. Чем выше труба, тем больше ее рассеивающий эффект. На ряде предприятий высота дымовых труб достигает более 300 м. Так, на медно-никелевом комбинате в г. Садбери (Канада) высота трубы 407 м. Значительную высоту (не менее 100 м) имеют вентиляционные (выбросные) трубы на АЭС для рассеивания радиоактивных выбросов. Следует признать, что рассеивание газовых примесей в атмосфере — это далеко не самое лучшее решение проблемы, связанной с загрязнением воздушного бассейна. Снижая его на местном уровне, ничего не предпринимается в этом аспекте на глобальном.

Защита атмосферного воздуха от вредных выбросов — сложная, комплексная проблема, вклад в ее решение вносят и мероприятия по рациональному размещению источников загрязнений:

- вынесение промышленных предприятий из крупных городов в малонаселенные районы с непригодными и малопригодными для сельскохозяйственного использования землями;

- расположение промышленных предприятий с учетом топографии местности и розы ветров;

- установление санитарно-защитных зон (ССЗ) вокруг промышленных предприятий;
- рациональная планировка городской застройки.

Взаимное расположение предприятий и населенных пунктов определяется по средней розе ветров теплого периода года. Промышленные объекты как источники выделения вредных веществ в окружающую среду должны располагаться за чертой населенных пунктов и с подветренной стороны от жилых массивов, чтобы выбросы уносились в сторону от жилых кварталов.

Здания и сооружения промышленных предприятий обычно размещаются по ходу производственного процесса. При недостаточном расстоянии между корпусами загрязняющие вещества могут накапливаться в межкорпусном пространстве, которое оказывается в зоне аэродинамической тени. Цехи, выделяющие наибольшее количество вредных веществ, следует располагать на краю производственной территории со стороны, противоположной жилому массиву.

3 вопрос. Очистка и переработка технологических газов, дымовых отходов и вентиляционных выбросов.

Основным направлением охраны окружающей среды, в том числе и атмосферного воздуха от вредных выбросов должна быть разработка малоотходных и безотходных технологических процессов. Однако такую задачу следует полагать стратегической и рассчитанной на длительный период. А в настоящее время наиболее распространенным и технически более простым решением указанной проблемы является разработка эффективных систем очистки, улавливания и переработки газообразных, жидких и твердых примесей.

Выбор метода очистки пром. выбросов зависит от след. факторов:

- вида выбрасываемой примеси;

- дисперсного состава примесей, концентрации извлекаемого компонента в выбросах; объема и температуры выброса;

- возможности использования продуктов очистки.

Эффективность очистки:

- метод не должен удорожать себестоимость продукта;

- используемые реагенты не должны быть дефицитными;

- конечные продукты очистки должны быть использованы или должны быть удобны для переработки;

- коррозия оборудования должна быть минимальна;

- установка по очистке должна допускать автоматизацию;

другие вещества, которые содержатся в газах, не должны влиять на работу установки;

очищенные газы должны содержать минимальное кол-во загрязняющих веществ, температура должна быть достаточной для рассеивания в атмосфере.

Выбор воздухоочистительного аппарата или сооружения проводят на основании результатов расчета их эколого-экономической эффективности.

Улавливание промышленных пылей.

Промышленные пыли в зависимости от механизма их образования подразделяют на следующие 4 класса: механическая пыль — образуется в результате измельчения продукта в ходе технологического процесса; возгоны — образуются в результате объемной конденсации паров веществ при охлаждении газа, пропускаемого через технологический аппарат, установку или агрегат; летучая зола — содержащийся в дымовом газе во взвешенном состоянии несгораемый остаток топлива, образуется из его минеральных примесей при горении; промышленная сажа — входящий в состав промышленного выброса твердый высокодисперсный углерод, образуется при неполном сгорании или термическом разложении углеводородов.

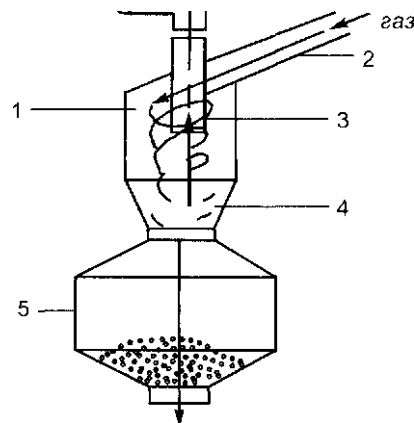
Основной параметр, характеризующий взвешенные частицы, — это их размер, который колеблется в широких пределах — от 0,1 до 850 мкм. Из этой гаммы наиболее опасны для человека частицы от 0,5 до 5 мкм.

Аппараты обеспыливания газов можно разбить на 4 группы: 1) сухие пылеуловители — механические устройства, в которых пыль отделяется под действием сил тяжести, инерции или центробежной силы; 2) мокрые, или гидравлические, аппараты, в которых твердые частицы улавливаются жидкостью; 3) пористые фильтры, на которых оседают мельчайшие частицы пыли; 4) электрофильтры, в которых частицы осаждаются за счет электрической ионизации газа и содержащихся в них пылинок.

Сухие пылеуловители. К этим устройствам относятся осадительные камеры, инерционные пылеуловители, циклоны.

Весьма простыми устройствами являются пылеосадительные камеры, в которых за счет увеличения сечения воздуховода скорость пылевого потока резко падает, вследствие чего частицы пыли выпадают под действием сил тяжести. Пылеосадительные камеры используют для очистки от крупных частиц пыли и применяют в основном для предварительной очистки воздуха. Эффективность улавливания в них зависит от времени пребывания газов в камере и расстояния, проходимого частицами под действием гравитационных сил. В свою очередь время пребывания газов зависит от объема камеры и скорости потока.

Эффективными пылеуловителями являются инерционные аппараты, в которых пылевой поток резко изменяет направление своего движения, что способствует выпадению частиц пыли. К ним относятся аппараты, в которых действие удара о препятствие используется в большей степени, чем инерция. Широко распространенными инерционными пылеуловителями являются циклоны. В них частицы пыли движутся вместе с вращающимся газовым потоком и под воздействием центробежных сил оседают на стенках. Циклоны широко применяются для улавливания частиц размерами около 10 мкм при скоростях газового потока от 5 до 20 м/с. По конструкции циклоны подразделяются на циклические, конические и прямоточные. Циклический циклон состоит из двух цилиндров: наружного 1, к которому в верхней части по касательной подсоединен патрубок 2, а в нижней части — конус и пылесборник (бункер) 5, и внутреннего 3, к которому в верхней части подсоединяется труба, отводящая очищенный воздух. Запыленный воздух поступает в циклон через патрубок 2 по касательной к внутренней поверхности корпуса,



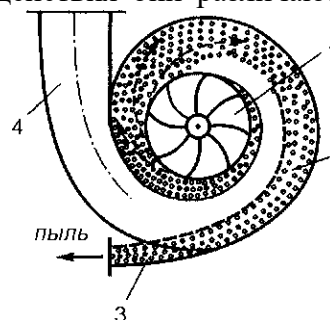
где совершается нисходящее спиралеобразное движение вдоль корпуса к бункеру. Под действием центробежной силы частицы пыли прижимаются к внутренним стенкам наружного цилиндра и скатываются в пылесборник. В бункере поток воздуха меняет направление на  $180^\circ$ , теряет скорость, вследствие чего происходит выпадение частиц пыли из потока. Освободившись от пыли, газовый поток образует вихрь, выходит из бункера и выбрасывается через выхлопную трубу.

Эффективность улавливания частиц пыли в циклоне пропорциональна линейной скорости газов в степени  $1/2$  и обратно пропорциональна диаметру аппарата в степени также  $1/2$ . Так что процесс целесообразно вести при больших линейных скоростях газового потока и небольших диаметрах циклонов. Однако увеличение скорости может привести к резкому увеличению гидравлического сопротивления. Поэтому целесообразно увеличивать эффективность циклона за счет уменьшения диаметра аппарата, а не за счет роста скорости газа.

Средняя эффективность обеспыливания газов в циклонах составляет 0,98 при размере частиц пыли 30—40 мкм, 0,8 — при 10 мкм, 0,6 — при 4—5 мкм. Производительность циклонов лежит в диапазоне от нескольких сот до десятков тысяч кубических метров в час. Преимущество циклонов — простота конструкции, небольшие размеры, отсутствие движущихся частей; недостатки — затраты энергии на вращение и большой абразивный износ частей аппарата пылью.

При больших расходах очищаемых газов применяют групповую компоновку циклонов (батарею). Это позволяет не увеличивать диаметр циклона, что положительно сказывается на эффективности очистки. Запыленный газ входит через общий коллектор, а затем распределяется между циклонными элементами.

Кроме циклонов, применяются и другие типы сухих пылеуловителей, например, ротационные, вихревые, радиальные. При общих принципах действия они различаются системами пылеулавливания и способами подачи воздуха. К наиболее эффективным следует отнести ротационный пылеуловитель. Основной частью здесь является вентиляционное колесо 1, при вращении которого частицы пыли под действием центробежных сил отбрасываются к стенке кожуха 2 и, оседая на стенках, попадают в пылеприемник 3, а чистый воздух выходит через патрубок 4. Благодаря активному действию такие системы имеют эффективность 0,95—0,97.



В основе работы пористых фильтров, предназначенных для тонкой очистки, лежит процесс фильтрации газов через пористую перегородку, в результате чего твердые частицы задерживаются, а газ полностью проходит сквозь нее. В корпусе 1 фильтра расположена воздухопроницаемая перегородка 2, на которой оседают улавливаемые частицы 3.

Перегородки, применяемые в фильтрах, могут быть различных типов:

1) в виде неподвижных зернистых слоев, например гравия. Такие фильтры дешевы, просты в эксплуатации, их эффективность 0,99. Они используются для очистки от пылей механического происхождения (мельниц, дробилок, грохота);

2) гибкие пористые (различные ткани, войлоки, губчатая резина, пенополиуретан). Указанные фильтры широко используются для тонкой очистки газов от примесей, но имеют и недостатки: относительно низкая термостойкость, малая прочность;

3) полужесткие пористые (прессованные спирали и стружка, вязанные сетки). Такие фильтры изготавливаются из различных сталей, меди, бронзы, никеля и других металлов. Они могут работать при повышенных температурах и в агрессивных средах;

4) жесткие пористые (пористая керамика, пористые металлы). Фильтры указанного типа технологичны и находят широкое применение для очистки горючих газов

и жидкостей, выбросов дыма, туманов, кислот, масел, так как материалы (керамика, металлы)

обладают высокой прочностью, коррозионной стойкостью и жаропрочностью (выдерживают 500°C).

Из пористых фильтров наибольшее распространение получили рукавные фильтры, что обусловлено и созданием в последнее время новых температуростойких и устойчивых к воздействию агрессивных газов тканей, например, стекловолокно выдерживает температуру 250°C.

Корпус фильтра представляет собой металлический шкаф, разделенный вертикальными перегородками на секции, в каждой из которых размещена группа фильтрующих рукавов. Верхние концы рукавов заглушены и подвешены к раме, соединенной с встряхивающим механизмом. Внизу имеется бункер со шнеком для выгрузки пыли.

В типичных фильтровальных тканях размер сквозных пор между нитями составляет 100—200 мкм. Остаточная концентрация пыли после тканевых фильтров составляет 10—50 мг/м<sup>3</sup>. Эффективность таких фильтров достигает 0,99 для частиц размером более 0,5 мкм. Удельный расход энергии — 0,3—0,6 кВт ч на 1000 м<sup>3</sup> газа.

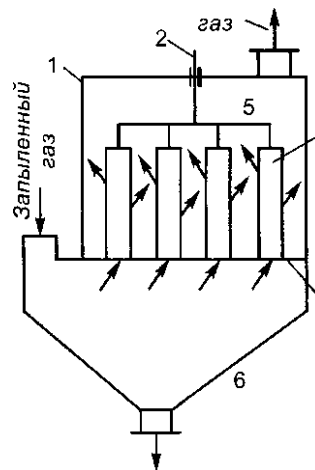
В электрофильтрах очистка газов от пыли происходит под действием электрических сил. В процессе ионизации молекул газов электрическим разрядом происходит заряд содержащихся в них частиц (коронирующий электрод). Ионы адсорбируются на поверхности пылинок, а затем под действием электрического поля пылинки перемещаются к осадительным электродам. Зарядка частиц в поле коронного разряда происходит по двум механизмам: воздействием электрического поля (частицы бомбардируются ионами, движущимися в направлении силовых линий поля) и диффузией ионов. Первый механизм преобладает при размерах частиц более 0,5 мкм, второй — менее 0,2 мкм. Для частиц диаметром 0,2—0,5 мкм эффективны оба механизма. Максимальная величина заряда частиц размером более 0,5 мкм пропорциональна квадрату диаметра частиц, а частиц размером меньше 0,2 мкм — диаметру частицы.

По способу удаления осажженной на электродах пыли электрофильтры делятся на сухие и мокрые. В сухих электрофильтрах пыль удаляется с электродов путем встряхивания. Нормальная работа сухих аппаратов обеспечивается при температуре очищаемых газов выше температуры точки росы, что необходимо для предотвращения конденсации влаги и увлажнения осажженной пыли. Появление влаги в сухих аппаратах может вызвать осложнение при удалении пыли с электродов и их коррозию.

В мокрых электрофильтрах удаление пыли производится путем смыва ее с поверхности электродов орошающей жидкостью. Температура очищаемого газа при этом должна быть выше или близкой к температуре точки росы. Мокрые электрофильтры могут также применяться для улавливания из газовых потоков жидких частиц в виде тумана или капель. В этом случае применяются аппараты без устройства для промывки электродов, так как осажженная влага самостоятельно стекает с них.

Электрофильтры способны очищать большие объемы газов от пыли с частицами размером от 0,01 до 100 мкм при температуре газов до 400—450°C. Затраты электроэнергии составляют 0,36—1,8 МДж на 1000 м<sup>3</sup> газа. Эффективность работы электрофильтров зависит от свойств пыли и газа, скорости запыленного потока в сечении аппарата и т. д. Чем выше напряженность поля и меньше скорость газа в аппарате, тем лучше улавливается пыль.

Эксплуатационные затраты на содержание и обслуживание электрофильтров, установленных на электростанциях, составляют около 3% общих расходов.



Мокрые пылеуловители. Указанные устройства имеют одну весьма важную особенность: они обладают высокой эффективностью очистки от мелкодисперсной (менее 1 мкм) пыли. Имеются и другие достоинства, среди которых: 1) относительно небольшая стоимость и высокая эффективность улавливания взвешенных частиц; 2) возможность очистки газов при относительно высокой температуре и повышенной влажности, а также при опасности возгорания и взрывов очищенных газов или уловленной пыли. В качестве существенного недостатка можно указать на то, что уловленная пыль представлена в виде шлама, а это вызывает необходимость обработки сточных вод, т. е. удорожает процесс.

Работают указанные системы по принципу осаждения частиц пыли на поверхность капель (или пленки) жидкости под действием сил инерции и броуновского движения.

Конструктивно мокрые пылеуловители разделяют на форсуночные скрубберы и скрубберы Вентури, а также аппараты ударно-инерционного, барботажного и других типов.

Большое распространение (в основном из-за простоты конструкции) получили полые форсуночные скрубберы. Они представляют собой колонну круглого сечения, в которой осуществляется контакт между запыленным газом и каплями жидкости (обычно водой). Высота скруббера составляет  $\approx 2,5$  ее диаметра. Удельный расход орошающей жидкости выбирают в пределах 0,5—8 л/м<sup>3</sup> газа.

Более эффективными мокрыми пылеуловителями являются скрубберы Вентури.

Очищенный газ через патрубок подается в устройство, называемым соплом Вентури. Последнее имеет сужение (конфузор), в который через форсунки подается вода на орошение. В этой части сопла скорость газа увеличивается, достигая максимума в самом узком сечении (с 10—20 до 100—150 м/с). Благодаря этому происходит осаждение частиц пыли на каплях воды. Напротив, в диффузорной части сопла Вентури скорость потока мокрых газов снижается до 10—20 м/с. Далее поток поступает в корпус, где под действием сил гравитации происходит осаждение загрязненных пылью капель. Очищенный газ выходит в верхнюю часть корпуса, шлам попадает в нижнюю часть.

У скрубберов Вентури эффективность очистки достигает 0,97—0,98, расход воды 0,4—0,6 л/м<sup>3</sup> газа.

Среди систем мокрой пылеочистки высокая эффективность отмечена в скрубберах ударно-инерционного действия. В этих аппаратах контакт газов с жидкостью осуществляется при ударе газового потока о поверхность жидкости с последующим пропусканием газожидкостной взвеси через отверстия различной конфигурации или непосредственным отводом газожидкостной взвеси в сепаратор жидкой фазы.

Надежной и простой конструкцией мокрого пылеуловителя является промывная башня (скруббер), заполненная кольцами Рашига, стекловолокном или другими насадками.

Запыленный газ подается снизу вверх через распыляющее устройство. Одновременно сверху вниз поступает вода. В том случае, когда пыль является плохо смачиваемым веществом, в воду добавляют поверхностноактивные вещества (ПАВ). Расход энергии составляет 2 кВт·ч/1000 м<sup>3</sup> газа.

К недостаткам процесса мокрого пылеулавливания относят: а) возможность щелочной или кислотной коррозии при очистке некоторых газов; б) ухудшение условий последующего рассеивания через заводские трубы очищенного, но увлажненного газа, тем более охлажденного (снижается подъемная сила); в) происходит загрязнение отводимой из аппарата воды вредными для водоемов ПАВ.

Весьма эффективны комбинированные методы очистки от пыли. Так, хорошие результаты дает очистка агломерационных газов в батарейных циклонах с последующей доочисткой в скрубберах Вентури, а также в электрофильтрах.

Улавливание туманов

С целью очистки воздуха и технологических газов, в т. ч. отходящих в атмосферу, от туманов, кислот, щелочей, масел и других жидкостей применяются волокнистые фильтры.

Принцип их действия основан на осаждении капель на поверхности пор, после чего образовавшаяся жидкость стекает под действием гравитации.

В качестве материала фильтрующего элемента используется войлок, лавсан, полипропилен и другие материалы толщиной 5—15 см. Эффективность туманоуловителей для размеров частиц менее 3 мкм может достигать 0,99.

Для улавливания кислотных туманов применяются также сухие электрофилтры.

Очистка выбросов от токсичных газо- и парообразных примесей.

С этой целью разработаны три основные группы методов очистки:

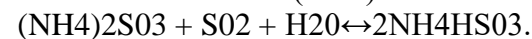
1) промывка выбросов растворителями содержащейся в них примеси (абсорбционный метод);

2) поглощение газообразных примесей твердыми телами с ультрамикроскопической структурой (адсорбционный метод);

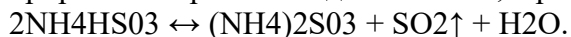
3) обезвреживание примесей путем каталитического превращения в менее опасные вещества.

Метод абсорбции состоит в том, что газовоздушная смесь разделяется на составные части путем поглощения одной или нескольких примесей поглотителем (абсорбентом) с образованием раствора. Так, с целью удаления из выбросов таких газообразных веществ, как  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$  и др. можно применять в качестве поглотительной жидкости воду.

Абсорбция может быть физической или химической, когда абсорбент и поглощаемый компонент не взаимодействуют или, напротив, взаимодействуют с образованием нового вещества. В последнем случае процесс называется хемосорбцией. Большинство реакций, сопровождающих хемосорбцию, являются экзотермическими (идут с выделением тепла) и обратимыми. Поэтому при последующем повышении температуры раствора образовавшееся химическое соединение разлагается с выделением исходных компонентов. Так, для очистки выбросов от диоксида серы применяется аммиачно-циклический метод. Он основан на способности  $\text{NH}_3$  и  $\text{SO}_2$  в водных растворах образовывать нормальную и кислую соли:



По мере накопления в растворе гидросульфита аммония он может быть регенерирован нагреванием до 90—95°C, в результате чего выделяется диоксид серы:



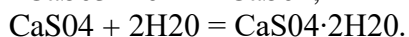
Раствор сульфита аммония затем вновь направляется на поглощение  $\text{SO}_2$ .

Упругость паров диоксида серы над растворами сульфит-гидросульфита аммония падает с понижением температуры. Вследствие этого необходимая степень извлечения достигается только после охлаждения их до 30—35°C. Метод позволяет получать 95%  $\text{SO}_2$ , являющейся сырьем для производства серной кислоты.

Технологически более простыми являются методы без регенерации сорбентов. Например, диоксид серы можно поглощать суспензией известняка  $\text{CaCO}_3$ . При этом протекают следующие реакции:



Образующийся сульфит кальция способен окисляться кислородом до сульфата кальция — гипса  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , являющегося ценным строительным материалом:



В промышленных абсорберах жидкость дробится на мелкие капли для обеспечения более высокого контакта с газовой средой. В орошаемом скруббер-абсорбере насадка размещается в плоскости вертикальной колонны. В качестве насадки используют кольца с перфорированными стенками, изготавливаемые из металла, керамики, пластмассы и других материалов с максимальной коррозионной устойчивостью. Орошение колонн абсорбентом осуществляется при помощи разбрызгивателей. Загрязненный газ движется

снизу вверх, подвергаясь непрерывной очистке. Чем выше давление и ниже температура, тем выше скорость абсорбции.

Все аппараты жидкостной абсорбции делятся на три типа: колонные, тарельчатые и насадочные абсорберы. На практике чаще всего используют насадочные и пустотелые абсорберы с форсунками.

Если очищаемые газы содержат пыль, то ее предварительно улавливают, а затем газовый поток направляется в абсорбционную установку. Абсорбционные методы применяются для очистки газов от сероводорода, сероуглерода, меркаптанов, оксидов серы, азота и углерода, галогенов и их соединений.

Адсорбционный метод позволяет извлекать вредные компоненты из промышленных выбросов с помощью адсорбентов — твердых тел с ультрамикроскопической структурой, обеспечивающей им очень высокое значение удельной поверхности (десятки и сотни  $\text{м}^2/\text{г}$ ). К таким адсорбентам относятся, например, активный уголь и глинозем, силикагель, цеолиты и другие вещества.

Адсорбционные методы применяют для очистки газов с невысоким содержанием газообразных примесей. В отличие от абсорбционных методов они позволяют проводить очистку при повышенных температурах.

Различают физическую и химическую адсорбцию (хемосорбцию). При физической адсорбции поглощаемые молекулы газов и паров удерживаются силами Ван-дер-Ваальса, при хемосорбции — химическими силами.

Адсорберы конструктивно выполняются в виде вертикальных или горизонтальных емкостей, заполненных адсорбентом, через который проходит очищаемый газ.

Активные угли характеризуются гидрофобностью (плохой сорбируемостью полярных веществ, к которым принадлежит и вода). Это свойство определяет широкое использование их в практике очистки отходящих газов разнообразной влажности.

Активные угли сильно адсорбируют органические вещества — многоатомные углеводороды и их производные, слабее — низшие спирты. Получают термической обработкой угля-сырца или древесной массы без доступа воздуха.

Силикагели по своей химической природе представляют собой аморфные кремнеземы  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Служат для поглощения полярных веществ, в том числе паров воды и ряда органических соединений. Высокое сродство к парам воды обуславливает широкое использование силикагелей для осушки разнообразных газовых сред.

Алюмогель (активный оксид алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , где  $0 < n < 0,6$ ) получают прокаливанием различных гидроксидов алюминия. Используют, как и силикагели, для улавливания полярных органических соединений и осушки газов.

Цеолиты представляют собой алюмосиликаты, содержащие в своем составе оксиды щелочных и щелочноземельных металлов и характеризующиеся регулярной структурой пор, размеры которых соизмеримы с размерами улавливаемых молекул, что определило и другое их название — «молекулярные сита». Поглощение веществ происходит в адсорбционных полостях цеолитов, соединяющихся друг с другом входными окнами строго определенных размеров. Проникать через окна могут лишь те молекулы, диаметр которых меньше диаметра входного окна.

Цеолиты различных марок получают синтетическим путем или добывают при разработке природных месторождений. Одни цеолиты могут адсорбировать сероводород, сероуглерод, аммиак, низшие диеновые и ацетиленовые углеводороды, этан, этилен, пропилен, другие органические сернистые, азотистые и кислородные соединения, третьи — спирты нормального строения.

Процесс очистки выбросных газов — циклический при пониженных температурах, с периодической регенерацией насыщенных адсорбентов при нагревании до  $100\text{—}400^\circ\text{C}$ .

Адсорбционные методы широко применяются при производстве, хранении и использовании летучих растворителей, потери которых с выбросными газами достигают  $800\text{—}900$  тыс. т/год. Улавливание паров растворителей возможно любыми адсорбентами.



Однако активные угли, являющиеся гидрофобными сорбентами, наиболее предпочтительны для решения этой задачи: при относительной влажности очищаемых газов до 50% влага практически не влияет на сорбируемость паров органических растворителей.

Хемосорбционная очистка отходящих газов может быть организована на основе различных твердых веществ, способных вступать в химическое взаимодействие с удаляемыми компонентами. Например, для улавливания диоксида серы из дымовых газов теплоэнергетических агрегатов в их топки вдувают тонкоразмолотые известняк  $\text{CaCO}_3$  или доломит  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ . Карбонаты вначале разлагаются:

$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{SO}_2 \uparrow$ , затем образуется сульфит кальция:

$\text{CaO} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3$ , который частично или полностью переходит в сульфат:

$\text{CaSO}_3 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4$ .

Пылевидные частицы сульфата вместе с летучей золой улавливаются в соответствующих аппаратах и направляются на золоотвалы. Подобный метод очистки не предусматривает ни рекуперации улавливаемого компонента ( $\text{SO}_2$ ), ни регенерации адсорбента ( $\text{CaCO}_3$ ). Его достоинство — в простоте технологической схемы.

Суть каталитической газоочистки заключается в конверсии (превращении) токсичных примесей в другие продукты (мало- или нетоксичные) в присутствии катализаторов. При этом различают гомогенный и гетерогенный катализ. В случае гомогенного катализа катализатор и реагирующие вещества образуют одну фазу (газ или раствор). В случае гетерогенного катализа катализатор находится в системе в виде самостоятельной фазы. На практике в ходе эксплуатации катализаторы подвергаются постепенной дезактивации или деструкции. Последние вызываются химическими (отравление каталитическими ядами) или физическими (механическое истирание, спекание) факторами и обуславливают необходимость периодической замены катализаторов.

В этой связи к промышленным катализаторам предъявляют требования в отношении высокой стойкости к каталитическим ядам, механическим и термическим нагрузкам.

Каталитическая очистка промышленных выбросов применяется для обезвреживания широкого спектра токсичных ингредиентов: оксидов азота, монооксида углерода, паров органических веществ, включая сероорганические соединения (сероуглерод, тиофены, меркаптаны, дисульфиды). В качестве катализаторов используются металлы платиновой группы (палладий, рутений, платина, родий) или более дешевые, но менее эффективные составы, включающие никель, хром, цинк, кобальт, марганец, церий и другие элементы. С целью увеличения поверхности контакта их наносят на пористые или непористые материалы: металлические ленты или сетки, керамические соты или решетки, оксид алюминия, силикагель, изготавливают в виде гранул, зерен, таблеток различной формы.

Установка каталитической очистки газов (гетерогенный катализ).

Все шире применяются гетерогенные катализаторы для очистки выхлопных газов автомобилей от оксида углерода, оксида азота и углеводородов.

Характерной особенностью катализаторов является их высокая селективность, т. е. избирательность действия относительно какой-либо химической реакции. Это означает, что катализатор окисления  $\text{CO}$ , скорее всего, не может ускорять разложение  $\text{NO}$ . Однако известны случаи проявления катализаторами более широких функциональных возможностей. Например, в производстве углеродистых электродов отходящие газы цехов обжига содержат монооксид углерода  $\text{CO}$ , оксид азота  $\text{NO}$  и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ)  $\text{C}_x\text{H}_y$ . Для детоксикации каждого ингредиента известен свой специфический катализатор, работающий в определенном температурном интервале.

Позже удалось найти новый катализатор, способный одновременно ускорять эти 3 реакции. Им оказался муллитокремнезем  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ .

Одним из перспективных подходов к решению проблемы очистки газовых выбросов является применение фотокаталитических методов. Они используют принципы гетерогенного катализа, основанного на окислении широкого спектра органических веществ, а также СО и аммиака. Метод применим при тщательной предварительной очистке газов от пыли и при сравнительно невысокой концентрации экотоксикантов в очищаемых газоздушных выбросах.

Термическое обезвреживание или высокотемпературное дожигание применяют для легкоокисляемых токсичных, а также дурнопахнущих примесей. Его преимуществами являются относительная простота аппаратного оформления и универсальность использования, так как на работу термических нейтрализаторов мало влияет состав обрабатываемых газов. Подобные способы широко используют в лакокрасочных производствах, процессах получения многих видов химической, электротехнической и электронной продукции, в пищевой индустрии, при обезвреживании и окраске деталей и изделий. Они применимы для обезвреживания практически любых паров и газов, продукты сжигания которых менее токсичны, чем исходные вещества. В случае органических веществ продуктами сжигания являются водяные пары и диоксид углерода.

Прямое сжигание используют в тех случаях, когда концентрация горючих веществ входит в пределы воспламенения. Процесс проводят в обычных или усовершенствованных топочных устройствах, в промышленных печах и топках капельных агрегатов, а также в открытых факелах.

Конструкция нейтрализатора должна обеспечивать необходимое время пребывания обрабатываемых газов в аппарате при температуре, гарантирующей возможность достижения заданной степени их обезвреживания (нейтрализации). Время пребывания обычно составляет 0,1 — 0,5 с, рабочая температура в большинстве случаев ориентирована на температуру самовоспламенения обезвреживаемых газов и превосходит ее на 100—150°C.

Однако обычно содержание горючих примесей в отходящих газах значительно меньше нижнего предела воспламенения, что вызывает необходимость существенных затрат дополнительного топлива и утилизации тепла процесса сжигания с целью сокращения этих затрат.

Столь простые технологические схемы составляют большинство, хотя существуют исключения. Они касаются, в частности, обезвреживания так называемых стойких органических загрязнителей, к которым относятся и полихлорбифенилы (ПХБ). Все они попадают под юрисдикцию Стокгольмской Конвенции по стойким органическим загрязнителям биосферы (май, 2004 г.) и должны быть обезврежены. Высокая химическая и термическая стойкость ПХБ, обуславливающая ценные потребительские свойства их при изготовлении и эксплуатации электротехнического оборудования, становится затем препятствующим фактором при организации термической детоксикации. В процессе горения хлорорганических соединений возможно образование хлороводорода HCl, хлора Cl<sub>2</sub>, фосгена СОСl<sub>2</sub> и диоксина — веществ весьма токсичных. Поэтому процедура обезвреживания ПХБ — сложная, многоступенчатая и дорогостоящая.

Биологические (биохимические) методы очистки основаны на способности микроорганизмов разрушать практически любые соединения как природного, так и искусственного происхождения. При фильтрации загрязненных дымовых газов через носитель биомассы, предварительно пропитанный на воздухе питательным раствором для развития микроорганизмов, улавливаются газообразные органические вещества. Последние далее разлагаются под воздействием ферментов (катализаторов природного происхождения), вырабатываемых микроорганизмами. Частично эти вещества расходуются на прирост биомассы, а частично окисляются до CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O; выделяющаяся при этом энергия обеспечивает жизнедеятельность микроорганизмов.

Важнейшими элементами питания и последующего развития микроорганизмов служат кислород, водород, углерод, азот, сера, фосфор, кальций, магний, калий и железо.

В процессе газоочистки часть этих элементов микроорганизмы получают, потребляя органические компоненты фильтруемого (очищаемого) газа, другую часть — из питательного раствора, смачивающего носители биомассы. Например, в случае очистки выбросных газов от фенола, формальдегида и фурилового спирта питательный раствор содержит нитрат аммония  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , дигидрофосфат калия  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , сульфат магния  $\text{MgSO}_4$ , хлориды кальция  $\text{CaCl}_2$  и железа  $\text{FeCl}_3$ , а также лигносульфонаты.

Биофильтр представляет собой аппарат высотой 3,5 м, в поперечном сечении — квадрат со стороной 2 м. Производительность по очищаемому газу — 10000—14000 м<sup>3</sup>/ч. Максимальная концентрация токсичных веществ на входе — до 1,5 г/м<sup>3</sup>. Основой биофильтра является специально полученная для конкретных условий культура микроорганизмов (биомасса), которая окисляет органические соединения до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Срок службы ее практически не ограничен. Носителями биомассы могут быть различные материалы природного происхождения: древесные опилки, солома злаковых культур и др. Питательный раствор постоянно орошает носители биомассы, уложенные на горизонтальных решетках. Важное условие нормальной работы биофильтра — строгое соблюдение температурного режима внутри его: 20—35°C.

Биологический метод очистки — универсален. Он предназначен для обезвреживания выбросов от широкого спектра органических соединений (стирола, ксилола, толуола, бензола, этанола, этилацетата, фенола, формальдегида, фурилового спирта и др.) промышленных предприятий, обувных, мебельных и кожевенных фабрик, а также для дезодорации вентиляционных выбросов на мясоперерабатывающих и рыбоперерабатывающих предприятиях.

Вопрос 4. Государственный мониторинг и контроль за охраной атмосферного воздуха

Государственный мониторинг за состоянием атмосферного воздуха в основном проводит Росгидромет, который располагает стационарными постами, химическими лабораториями. Полномочия по осуществлению экологического мониторинга возложены как на органы государственной власти Российской Федерации, так и на субъекты Федерации (ФЗ от 10 января 2002 года № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»).

Государственный экологический мониторинг на территории Оренбургской области осуществляет территориальный орган Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды — Оренбургский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Оренбургский ЦГМС — филиал ФГБУ «Приволжское УГМС» на территории Оренбургской области располагает постоянно действующей государственной сетью наблюдения за атмосферным воздухом — проводятся на 16 стационарных постах контроля атмосферного воздуха в 5 городах области (Оренбург — 6, Орск — 4, Новотроицк — 2, Медногорск — 2, Кувандык — 2) по 27 загрязняющим веществам, в т.ч. бенз(а)пирену и 9 тяжелым металлам. Аналитические работы проводятся комплексной лабораторией по мониторингу загрязнения окружающей среды (Оренбург) и лабораториями по мониторингу загрязнения атмосферного воздуха (Орск и Медногорск). Стационарные посты мониторинга атмосферного воздуха расположены по следующим адресам:

г.Оренбург ПНЗ № 2 — ул. Орджоникидзе, 111 (центр города).

г.Орск ПНЗ № 1 — ул. Вокзальное шоссе, 20.

г.Новотроицк ПНЗ № 1 — ул. Железнодорожная, 15а.

г.Медногорск ПНЗ № 2 — с. Никитино, перекресток улиц Береговая и Моторная.

г.Кувандык ПНЗ № 1 перекресток улиц Мичурина и Фестивальной;

ПНЗ № 5 — гора Сулак, метеостанция города (южная часть города).

ПНЗ № 6 — ул. Театральная, 29 (северная часть города).

СКАТ № 7 — ул. Илекская, 13а (Южный микрорайон).

СКАТ № 8 — ул. 10 Линия, 2а (Восточный микрорайон).

СКАТ № 9 — ул. Котова, 46а (Промышленный район).

ПНЗ № 3 – ул. Орское шоссе, 4.

ПНЗ № 4 – ул. Шевченко, 52.

ПНЗ № 5 – ул. Пацаева, 16.

ПНЗ № 3 – ул. Зеленая, 14а.

ПНЗ № 3 – СУ-4 ул. Кирова, 2.

ПНЗ № 2 перекресток улиц Железнодорожная и Молодежная.

Дополнительно к постам Оренбургского ЦГМС контроль качества атмосферного воздуха ГБУ «Экологическая служба Оренбургской области» осуществляет в г. Оренбурге на 5 стационарных постах (г. Оренбург – ул. Караваева роща, 28; с. Ивановка – ул. Комсомольская, 50, с. Черноречье – здание Чернореченского сельского совета; г. Оренбург – ул. Центральная, 1а; г. Оренбург – ул. Волгоградская, 9), в г. Орске – на 3 стационарных постах (г. Орск – пер. Клубный, 3, г. Орск – ул. Нахимова, 2, г. Орск – АЗС-100) и на 4 передвижных экологических постах (ПЭП-1-1) в гг. Оренбурге, Орске и Бузулуке.

Все результаты измерений, получаемые с каждого поста, в режиме реального времени передаются на единый диспетчерский пульт, где специалистами мобильной группы осуществляется анализ и обработка данных. Информация с автоматизированных и передвижных постов ГБУ «Экологическая служба Оренбургской области» передает в МКУ «Единая дежурно-диспетчерская служба города Орска» и ФГБУ «Оренбургский ЦГМС». В случае необходимости данные направляются в федеральные органы государственного надзора и промышленным предприятиям для принятия мер. Данные о концентрации загрязняющих веществ размещаются на сайтах Правительства Оренбургской области и министерства природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области.

Работы по мониторингу состояния атмосферного воздуха проводятся в соответствии с Федеральным законом от 19.07.1998 № 113-ФЗ «О гидрометеорологической службе», РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы», ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов».

Разработаны мобильные лазерные комплексы (лидары) для контроля за загрязнением атмосферного воздуха на относительно большом расстоянии от источника загрязнения.

Для слежения за трансграничным переносом вредных веществ (в частности, с территорий сопредельных с Россией стран) развернута сеть станций на западных границах страны. При этом особенно тщательно контролируются такие вредные газы, как диоксиды серы и азота.

В биосферных заповедниках России расположены станции, составляющие систему фоновоего мониторинга. На них собирается информация о наиболее значимых для человечества и биосферы в целом компонентах атмосферы — озоне и диоксиде углерода, химическом составе осадков, атмосферно-электрических характеристиках, оптической плотности аэрозолей и т. п.

Данные об уровне загрязнения атмосферы после их обработки передаются в компетентные органы, которые на их основе составляют прогнозы, вырабатывают мероприятия, направленные на снижение концентрации вредных веществ, предупреждают население о возможном повышении уровня загрязненности атмосферного воздуха в связи с неблагоприятными метеорологическими условиями и др.

Государственный контроль за охраной атмосферного воздуха осуществляют Минприроды России и его территориальные органы; порядок контроля определен Правительством РФ (ст. 24 Закона «Об охране атмосферного воздуха»).

Государственный контроль должен обеспечить соблюдение условий, установленных разрешениями на выбросы загрязняющих веществ в атмосферу; стандартов, нормативов, правил и иных требований охраны атмосферного воздуха; соблюдение режима санитарно-защитных зон объектов, имеющих стационарные источники выбросов вредных веществ в атмосферный воздух; выполнение федеральных и региональных программ охраны

атмосферного воздуха, а также соответствующих программ субъектов Федерации; выполнение иных требований законодательства РФ в области охраны атмосферного воздуха.

### **1.3 Лекция 3 (Л-3) Водные системы промышленных предприятий. 2ч**

#### **1.3.1 Вопросы лекции:**

1. Классификация сточных вод промышленных предприятий.
2. Выбор технологической схемы очистки сточных вод.
3. Системы водоснабжения и водоотведения. Схемы использования воды на предприятиях.
4. Основные принципы создания замкнутых водооборотных систем.
5. Условия выпуска производственных сточных вод в канализацию.

#### **1.3.2 Краткое содержание вопросов**

##### **1. Вопрос**

Системы водоснабжения представляют собой комплекс сооружений, предназначенных для снабжения потребителей водой. В зависимости от вида объекта системы подразделяются на городские, поселковые и промышленные и могут обеспечивать водой как один объект, так и группу однородных (локальные) и разнородных объектов (районная или групповая система водоснабжения).

Последовательность расположения отдельных объектов системы водоснабжения (водоприемные сооружения, насосные станции, аккумулирующие емкости, сооружения для обработки воды и др.) и их состав могут быть различными в зависимости от назначения, местных природных условий, требований водопотребителя, экономических соображений.

Все многообразие встречающихся на практике систем водоснабжения можно классифицировать по следующим основным признакам:

по виду использования природных источников - водопроводы, получающие воду из поверхностных источников (речные, озерные и т.д.), подземных источников (артезианские, родниковые и т.д.) и смешанного питания (различные виды водоисточников);

по назначению - коммунальные (городов и поселков), железнодорожные, сельскохозяйственные, производственные (подразделяются по отраслям промышленности);

по территориальному признаку - локальные (одного объекта) и групповые (или районные);

по способу подачи воды - самотечные (гравитационные) и с механической подачей воды (с помощью насосов);

по кратности использования потребляемой воды - системы прямоточные, последовательные, с оборотом воды.

Вода различными потребителями расходуется на разные цели, которые могут быть подразделены на три основные категории: хозяйственно-питьевые нужды; производственные цели на промышленных предприятиях; пожаротушение.

В зависимости от назначения объекта и требований, предъявляемых к воде, а также по экономическим соображениям для всех указанных целей вода может подаваться одним водопроводом (централизованная система) или для отдельных категорий водопотребителей могут быть устроены самостоятельные водопроводы.

Централизованная система водоснабжения населенного пункта или промышленного предприятия должна обеспечивать прием воды из источника, ее кондиционирование (если это необходимо), транспортирование и подачу ко всем потребителям под необходимым давлением.

Обычно в городах предусматривают единый хозяйственно-противопожарный водопровод, который подает воду для хозяйственно-питьевых нужд промышленных предприятий, а иногда и технических нужд, где требуется вода питьевого качества. В остальных случаях на предприятиях целесообразно устраивать самостоятельные производственные водопроводы с подачей технической воды.

Система водоснабжения в процессе работы должна удовлетворять требованиям надежности и экономичности. Под этим следует понимать подачу воды в заданных количествах, требуемого качества и под требуемым напором с наименьшими затратами без нарушений работы систем водоснабжения.

Водоотводящие системы (схемы канализации) представляют собой комплекс инженерных сооружений для приема, транспортирования, очистки сточных вод и выпуска их в водоемы или для последующего использования в каких-либо целях, канализационная сеть состоит из следующих основных элементов:

внутренние домовые или цеховые канализационные устройства;  
наружная внутриквартальная или дворовая канализационная сеть;  
наружная уличная канализационная сеть;  
насосные станции и напорные водоводы;  
сооружения для очистки сточной воды;  
устройство для выпуска воды в водоем.

В зависимости от условий поступления сточных вод в сеть и транспортирования по ней вод различных категорий принимают общесплавную, раздельную и комбинированную системы канализации.

Если в канализационную сеть поступают сточные воды всех трех категорий (бытовые, производственные и атмосферные), то система называется общесплавной.

Общесплавную систему водоотведения целесообразно применять для промышленных предприятий с малым расходом воды, если производственные стоки близки по составу к бытовым. Общесплавная система водоотведения имеет одну водоотводящую сеть, по которой объединенный поток сточных вод отводится на единые очистные сооружения. К ее недостаткам можно отнести проблемы утилизации осадков различного происхождения, нетехнологичность из-за разного эффекта очистки смеси загрязнителей сточных вод, затруднения при сбросе стока в водоем во время сильных ливней.

Раздельные системы водоотведения могут быть различными и зависеть от вида сточных вод, образующихся на предприятии. Они могут иметь несколько водоотводящих сетей. Производственные сети служат для отвода производственных сточных вод от отдельных цехов. Бытовые и дождевые стоки также могут отводиться по самостоятельным сетям. Такая система называется полной раздельной.

В раздельных системах возможен совместный отвод нескольких видов сточных вод, например, производственно-бытовой или производственно-дождевой сетями. Такая система будет неполной раздельной. При полураздельной системе строят две сети одну для отведения бытовых и производственных вод, другую - для атмосферных.

Раздельные системы водоотведения могут быть с локальными очистными сооружениями, с частичным и полным оборотом производственных вод, когда оборотная вода подвергается очистке или охлаждению, с полным оборотом производственных и бытовых, в также всех сточных вод.

Раздельная система водоотведения с полным оборотом всех сточных вод называется бессточной системой водопользования или замкнутой системой водного хозяйства промышленного предприятия. Создание таких систем водопользования должно обеспечить рациональное использование воды во всех технологических процессах, максимальную утилизацию компонентов сточных вод, исключение загрязнения окружающей среды, сокращение капитальных и эксплуатационных затрат. Рациональные системы использования воды должны разрабатываться на основе научно- обоснованных требований к качеству воды, используемой в каждом технологическом процессе. Раздельные системы водоотведения наиболее совершенны, т.к. обеспечивают рациональное использование воды и осадков, надежно защищают окружающую среду от загрязнения.

Комбинированная система канализации представляет собой сочетание общесплавной и раздельной систем.

Выбор системы канализации должен быть комплексным с учетом всех местных условий, определяющих выгодность ее применения в санитарном и экономическом отношениях.

Система и схема канализации промышленного предприятия зависят от расхода и состава сточных вод, специфики предприятия, а также от геологических и других условий.

Выбор рациональной схемы водоотведения промышленного предприятия является важной и ответственной задачей. Эта система должна предусматривать повторное или последовательное использование технической воды в технологических операциях с предварительной очисткой или без нее,

а также оборот охлаждающей воды.

Большинство промышленных предприятий имеет самостоятельные сети производственных, бытовых и атмосферных вод, т.е. водоотведение осуществляется по полной раздельной схеме. В этом случае производственные и бытовые воды направляются в водоем или возвращаются в производство после специальной очистки.

Производственные сточные воды, в зависимости от вида загрязняющих веществ и их концентрации, а также от количества сточных вод и мест их образования, отводятся несколькими самостоятельными потоками.

Очистные сооружения промышленных предприятий должны, как правило, размещаться на их территории. При выборе системы и схемы водоотведения предприятий необходимо учитывать:

требования к качеству и количеству воды для различных технологических процессов;

количество, состав и свойства сточных вод и режим их отведения;

возможность сокращения сточных вод предприятия путем совершенствования технологических процессов и оборудования;

применение воздушных методов охлаждения;

возможность повторного использования производственных и очищенных бытовых сточных вод;

целесообразность извлечения и использования ценных веществ, содержащихся в сточных водах;

самоочищающую способность водоема, условия спуска сточных вод в него и необходимую степень очистки этих вод;

целесообразность применения каждого метода очистки и др.

2 вопрос.

По характеру использования воды системы производственного водоснабжения подразделяются на прямоточные, в которых воду после однократного использования очищают и сбрасывают в водоемы; оборотные, когда загрязненную воду очищают и охлаждают, а затем многократно потребляют на том же объекте; с последовательным (повторным) использованием воды, в которых воду, отработавшую в одном технологическом процессе, направляют для вторичного использования в другом производстве, после чего спускают в водоем. Схемы могут быть также комбинированными (смешанными), включающими вышеперечисленные.

При прямоточном и последовательном водоснабжении количество сточных вод, отводимых в водоем, определяется объемом воды, подаваемым предприятию  $Q_{п}$ , за исключением безвозвратного расхода и потерь ее в одном или нескольких производствах  $Q_{пп}$  и при очистке  $Q_{оч}$ :

$Q_{ст} = Q_{п} - (Q_{пп} + Q_{ст})$  Наиболее перспективны системы оборотного водоснабжения.

Они исключают сброс сточных вод в водоем  $Q_{СТ}$  и являются в настоящее время обязательными для промышленности.

Необходимость создания замкнутых систем производственного водоснабжения определяется тремя основными факторами: дефицитом воды; истощением ассимилирующей способности водных объектов, предназначенных для приема сточных вод; экономическими преимуществами по сравнению с прямоточными системами водоснабжения и очисткой сточных вод перед сбросом их в водные объекты до требований, предъявляемых водоохранным контролем.



Под замкнутой системой водного хозяйства промышленного предприятия понимается система, в которой вода используется в производстве многократно без очистки или после соответствующей обработки, исключающей образование каких-либо отходов и сброс сточных вод в водоём.

В замкнутых схемах водоснабжения на предприятиях вместо свежей воды используют охлаждённую незагрязнённую либо очищенную сточную воду. Подпитка замкнутых систем свежей водой допускается в случае, если очищенных сточных вод недостаточно для восполнения потерь воды в этих системах; допускается её расход в технологических операциях, когда очищенные стоки не могут быть использованы по условиям технологии. Свежая вода расходуется только для питьевых и хозяйственно-бытовых целей.

Под замкнутой системой водного хозяйства территориально - производственного комплекса или района понимается система, включающая использование поверхностных вод, очищенных производственных и городских сточных вод на промышленных предприятиях, на сельскохозяйственных полях орошения, для поддержания уровня воды в водоёмах и т.п., исключающих образование каких-либо отходов и сброс сточных вод в водоём.

Оборотное водоснабжение можно осуществлять в виде единой схемы для всего промышленного предприятия (централизованная схема), либо в виде отдельных циклов для единого цеха или группы цехов (децентрализованная схема).

На промышленных предприятиях применяют три основные схемы оборотного водоснабжения:

В схеме с охлаждением воды она является теплоносителем и в процессе использования не загрязняется, а только нагревается; перед повторным использованием её охлаждают в прудах-охладителях, брызгальных бассейнах, башенных и вентиляторных градирнях.

В схеме с очисткой воды она в производстве не нагревается, но загрязняется, перед возвращением в технологический процесс подвергается очистке. В зависимости от характера содержащихся в воде примесей и требований к качеству оборотной воды могут применяться различные методы очистки и их комбинации.

) Третья схема с очисткой и охлаждением оборотной воды, при возвращении в производство подвергается очистке и охлаждению.

Во всех случаях свежая вода добавляется лишь на восполнение потерь.

Потери воды на испарение в среднем составляют 2,5 %, от капельного уноса. Потери воды на очистке колеблются в значительных пределах в зависимости от способа её очистки. Для предотвращения накопления солей в оборотной воде часть её, в количестве от 5 % до 10% сбрасывается в водоём.

Все системы, использующие воду в обороте, целесообразно подразделять на локальные, централизованные и смешанные. В локальных системах вода используется в обороте после применения её в одном или последовательно в нескольких технологических процессах. При централизованном водоснабжении вода после различных операций проходит обработку единым потоком, после чего возвращается в производство. При смешанном водоснабжении воды одной оборотной системы используются в другой. Оборотные системы, работающие без сброса продувочной воды, являются замкнутыми. Свежая вода или вода из других систем используется в них только для восполнения потерь.

Применение оборотного водоснабжения позволяет в 10-50 раз уменьшить потребление природной воды, снижает капитальные и эксплуатационные затраты.

Для оценки системы использования воды в производстве целесообразно применять следующие показатели:

- коэффициент использованной оборотной воды  $K_{об}$
- коэффициент использования свежей воды  $K_{св}$

Применение оборотного водоснабжения позволяет в 10-50 раз уменьшить потребление природной воды, снижает капитальные и эксплуатационные затраты.

В последние годы наблюдается заметное увеличение оборота воды в промышленности. Коэффициент использования оборотной воды составляет: в черной и цветной металлургии - 0,8, на предприятиях химической промышленности - 0,83, целлюлозно-бумажной - около 0,65.

Организация замкнутой системы целесообразна, когда затраты на очистку воды и рекуперацию веществ ниже суммарных затрат на водоподготовку и очистку сточной воды до нормативных показателей, позволяющих сбрасывать её в водные объекты, т.е. без загрязнения последних.

В зависимости от конкретных условий на предприятиях возможно создание нескольких вариантов систем очистки:

- локальные оборотные (замкнутые) системы;
- централизованные замкнутые системы;
- охлаждающие локальные (централизованные) системы;
- системы последовательного использования воды.

Водоснабжение и канализация должны рассматриваться в совокупности, когда на предприятии создаётся единая система водного хозяйства, включающая водоснабжение, водоотведение и очистку сточных вод, как подготовку для их повторного использования. При этом необходимо установить научно обоснованные требования к качеству потребляемой в производстве и отводимой воды. Создание замкнутых систем водообеспечения должно сочетаться с организацией малоотходного производства, технология которого ориентирована на максимальное извлечение из сырья основных продуктов с одновременной регенерацией ценных компонентов и доведением образующихся отходов до товарного продукта или вторичного сырья при минимальных материальных и энергетических. Выбор схемы водоотведения представляет собой сложную задачу, которая должна решаться на основе оценки технической возможности и экономической целесообразности с учетом вариантов самостоятельной очистки или вариантов объединения различных видов сточных вод.

Создание замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий возможно при коренном изменении существующих принципов в водоснабжении, канализации и очистке сточных вод.

3 вопрос.

Замкнутые системы водопотребления (ЗСВ) сегодня - единственное рациональное решение проблемы использования воды в промышленности.

Применение замкнутых водооборотных систем при проектировании предприятий позволяет размещать эти объекты в районах с ограниченными водными ресурсами, но обладающими благоприятными экономико-географическими условиями. Такое инженерно-экологическое направление является наиболее прогрессивным и перспективным, позволяя одновременно решать проблемы водо-обеспечения и охраны окружающей среды.

Организация замкнутой системы целесообразна, когда затраты на очистку воды и рекуперацию веществ ниже суммарных затрат на водоподготовку и очистку сточной воды до нормативных показателей, позволяющих сбрасывать её в водные объекты, т.е. без загрязнения последних.

Замкнутые системы водного хозяйства следует вводить на вновь строящихся, действующих и подлежащих реконструкции предприятиях. В последнем случае внедрение замкнутых систем идёт поэтапно, с постоянным увеличением оборотного водоснабжения по мере усовершенствования технологии.

В целом малоотходное производство с оборотным водоснабжением можно представить в виде схемы, изображенной на рисунке 3.

Создание замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий возможно при коренном изменении существующих принципов в водоснабжении, канализации и очистке сточных вод. К основным принципам создания таких систем можно отнести следующие.

Потоки сточных вод следует различать по видовому, фазовому, концентрационному, энтальпийному признакам для разработки соответствующих способов локальной очистки каждого потока, вплоть до потоков отдельных стадий технологического процесса.

При замкнутых системах следует объединить цехи водо- подготовки и локальной очистки предприятия, а также использовать ливневой сток с промышленной площадки в системе оборотного водоснабжения. Основными для водоснабжения должны являться очищенные производственные и городские сточные воды, а также поверхностный сток. Свежая вода в производстве должна использоваться только для особых целей и восполнения воды в системах.

затратах.

5. Регенерации должны подвергаться локальные потоки отработавших технологических растворов и сточных вод, при этом должны создаваться локальные замкнутые системы водоснабжения, которые являются основным звеном замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий.

Для достижения наилучших технико-экономических показателей при создании замкнутых систем водоснабжения на предприятиях должны прорабатываться следующие вопросы:

максимальное внедрение воздушного охлаждения вместо водяного;

многократное (каскадное) использование воды в технологических процессах, в т.ч. и с целью получения наименьшего объема загрязнённых сточных вод, для обезвреживания которых можно подобрать эффективные локальные методы очистки;

регенерация отработанных кислот, щелочей и солевых технологических растворов с использованием извлекаемых продуктов в качестве вторичного сырья;

рекуперация и утилизация теплоты технологических жидкостей и растворов путём теплообмена между их горячими и холодными потоками или получением энергетического или технологического пара;

внедрение стабилизационной обработки воды, позволяющей предотвратить образование минеральных отложений и биообрастания, ингибирование процессов коррозии, обеспечить оптимальный экономичный режим работы за счет снижения количества подпиточных и продувочных вод.

Разработку замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий желательно осуществлять поэтапно, с постепенным увеличением доли воды, используемой в обороте. Начальным этапом в создании таких систем является определение научно- обоснованных требований к качеству воды, используемой во всех технологических процессах. В большинстве случаев нет необходимости использовать более дорогую питьевую воду. Для обеспечения санитарно - гигиенической и токсикологической безопасности на предприятиях целесообразно проводить комплексные исследования для разработки оптимальных схем очистки оборотных вод.

Анализ существующих решений и проектных материалов показывает, что создание экономически рациональных замкнутых систем водного хозяйства на предприятиях является достаточно трудной, но вполне разрешимой задачей. Сложный физико-химический состав сточных вод, разнообразие содержащихся в них соединений и их взаимодействие делают невозможным подбор универсальной структуры замкнутых схем. Создание таких систем на предприятиях зависит от особенностей технологии, технической оснащённости, требований к качеству получаемой продукции и используемой воды и т.д.

При создании замкнутых систем водного хозяйства проектирование систем водоснабжения и канализации промышленных предприятий должно проводиться одновременно с проектированием основного производства.

#### **1.4 Лекция 4 (Л-4) Методы очистки сточных вод. 2ч**

##### **1.4.1 Вопросы лекции:**

1. Механическая очистка сточных вод.
2. Физико-химическая очистка сточных вод.
3. Биологическая очистка сточных вод.

##### **1.4.2 Краткое содержание вопросов**

1. Механическая очистка сточных вод.

Механическая очистка сточных вод – один из способов очистки и переработки бытовых сточных жидкостей. Технологии и устройства направлены на удаление нерастворимых примесей. Этот способ может применяться как самостоятельно, так и в виде первой ступени очистки. Если после механической очистки воды могут быть спущены в водоемы без нарушения экологического равновесия или использованы в производственном процессе, то дополнительные методы очистки не требуются.

Сущность механической очистки сточных вод

Механическая очистка сточных вод очищает бытовые жидкости от взвешенных частиц на 60-65%, от нерастворимых грубодисперсных элементов на 90-95%. Это один из самых незатратных способов очистки.

Механические методы очистки сточных вод:

1. Процеживание.

Основные приспособления – различные решетки и сита для задержания крупных элементов и некоторого количества взвешенных частиц.

Технологическая схема очистки сточных вод методом процеживания элементарна:

сначала стоит специальная сетка, задерживающая крупные вещества и волокнистые соединения;

предварительно очищенная вода попадает к мелкому сити, останавливающему более маленькие частицы;

на выходе могут стоять микропроцеживатели, которые задерживают микроскопические нерастворенные элементы.

2. Отстаивание.

Метод выделения из сточных вод взвешенных частиц с большей или меньшей плотностью. Для механической очистки данным способом оборудуют специальные объекты – отстойники. Отстаивание чаще всего используют с целью улучшения воды в замкнутой системе водоснабжения. Поэтому этот способ активно применяется в химической, рудной и металлургической промышленности.

Существуют различные установки очистки сточных вод методом отстаивания:

песколовки («собирают» тяжелые частицы);

жироловки;

маслоуловители;

нефтеловушки;

смолоуловители;

шлакоотстойники;

сгустители и другие.

3. Фильтрация.

Активно применяется для очистки воды от мельчайших частиц разной природы. Основное приспособление – фильтры. Сточные воды, проходя через фильтрующий материал, оставляют в нем все ненужные взвеси.

Для различных предприятий необходимы различные виды фильтров. Так, в бумажной промышленности широко используются сетчатые и вакуумные фильтры. Для более активной очистки подходят центрифуги и гидроциклоны. Последние представляют собой конические сосуды из железа, на стенках которых под влиянием центробежной силы скапливаются тяжелые частицы.

## 2. Физико-химическая очистка сточных вод.

Нейтрализацию проводят в сточных водах, содержащих кислоты или щелочи, таким образом, чтобы показатель pH имел значение от 6,5 до 8,5. Нейтрализовать сточные воды можно смешиванием одних вод с другими (кислые — с щелочными), добавлением необходимых реагентов, фильтрованием, прокачкой кислых вод через нейтральные материалы, пропусканием через щелочные воды кислых газов.

Окисление сточных вод проводят хлором, перекисью водорода, кислородом воздуха, диоксидом марганца, озоном.

Восстановление применяют для удаления из сточных вод соединений ртути, хрома, мышьяка, для чего в воду вводят сульфит железа, гидросульфит натрия, гидразин, сероводород или алюминиевую пудру.

Удаление ионов тяжелых металлов проводят реагентным методом. Ртуть, хром, кадмий, цинк, свинец, медь, никель удаляют с помощью гидроксидов кальция и натрия, карбонатов и сульфидов натрия, феррохромного шлака и т. п.

Эти методы основаны на способности некоторых микроорганизмов использовать вредные (чаще всего органические) вещества для своего питания в процессе жизнедеятельности. Контактывая с этими вредными веществами, микробы частично разрушают их, превращая в воду, диоксид углерода, нитрит- и сульфат-ионы и др. Вид используемых микроорганизмов — активный ил либо биопленки. Биохимическая очистка сточных вод может осуществляться в природных условиях (поля орошения, биологические пруды) или в искусственных сооружениях (аэротенках, биофильтрах).

Аэробную (с потреблением микробами кислорода) и анаэробную (без потребления кислорода) очистку осуществляют в аэротенках и метантенках, где происходит сбраживание с выделением спиртов, кислот, ацетона, углекислого газа, водорода, метана.

При использовании биохимических методов очистки сточных вод возникают проблемы сохранения активного ила (он не выдерживает низкой температуры), удаления и рационального использования продуктов процесса (в том числе взрывоопасных метана и водорода), необходимости доочистки твердых осадков.

Выпаривание проводят в том случае, если другие методы очистки малоэффективны. При этом конденсат используют в производстве, а концентрированный раствор сжигают.

Сжигание концентрированных сточных вод проводят, как правило, в печах с кипящим слоем или в циклонных печах.

К физико-химическим методам очистки сточных вод относятся: коагуляция, флокуляция, сорбция, флотация, экстракция, ионный обмен. Меньше используются такие методы, как диализ, эвапорация, выпаривание, кристаллизация, магнитная обработка, электрокоагуляция, электрофлотация. Физико-химические методы находят наибольшее распространение при очистке производственных сточных вод. Они применяются как самостоятельно, так и в сочетании с другими методами.

Коагуляционная очистка – это метод очистки сточных вод от коллоидных частиц, основанный на свойстве коллоидной системы в определенных условиях терять агрегативную устойчивость.

Одним из видов коагуляции является флокуляция, при которой мелкие частицы, находящиеся во взвешенном состоянии, под влиянием специально добавляемых веществ (флокулянтов) образуют интенсивно оседающие рыхлые хлопьевидные скопления (агрегаты).

Метод флокуляции применим к очистке производственных сточных вод, содержащих коллоидные частицы размером 0,001-0,1 мкм. Сточную воду, содержащую такие частицы, можно рассматривать как устойчивую коллоидную систему, состоящую из дисперсионной среды (жидкость) и частиц дисперсной фазы, несущих определенный электрический заряд. Агрегативная устойчивость обусловлена, главным образом, взаимным отталкиванием частиц, несущих электрические заряды одного знака. Добавление в сточную воду электролита приводит к коагуляции – слипанию – частиц дисперсной фазы с образованием агрегатов, оседающих в поле силы тяжести.

Эффективность коагуляционной очистки зависит от многих факторов: состава сточных вод, вида коллоидных частиц, их концентрации и степени дисперсности. Основным процессом коагуляционной очистки производственных сточных вод является взаимодействие коллоидных и мелкодисперсных частиц загрязнений с агрегатами, образующимися при введении в сточную воду коагулянтов.

В промышленности находят применение различные коагулянты:

- соли алюминия: сульфат алюминия (глинозем):  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ , алюминат натрия  $\text{NaAlO}_2$ , оксихлорид алюминия  $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ , алюмокалиевые квасцы  $[\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}]$ , алюмоаммонийные квасцы  $[\text{Al}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ ;
- соли железа: железный купорос  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , хлорид железа (III)  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , сульфат железа (III)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ;
- соли магния: хлорид магния  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , сульфат магния  $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- известь;
- шламовые отходы и отработанные растворы отдельных производств.

Для очистки интенсивно окрашенных сточных вод расходы коагулянта достигают 1-4 кг/м<sup>3</sup>, объем образующегося при коагуляции осадка достигает 10-20% объема обрабатываемой сточной воды. Коагуляционный метод очистки применяется в основном при небольших расходах сточных вод и при наличии дешевых коагулянтов.

Флокулянты – вещества, используемые при коагуляционном методе очистки для повышения плотности и прочности образующихся хлопьев, снижения расхода коагулянтов. В качестве флокулянтов в промышленности применяются оксиэтилцеллюлоза, поливиниловый спирт, кремниевая кислота, полиакриламид, белки и др. Процесс проводят в осветлителях.

Сорбционная очистка – это метод очистки, основанный на поглощении загрязняющих веществ из сточных вод твердым телом или жидкостью. Поглощающее тело называют сорбентом, а поглощаемое вещество – сорбатом.

Абсорбция – поглощение вещества всем объемом жидкого сорбента. Адсорбция – поглощение вещества поверхностным слоем твердого или жидкого сорбента. Сорбция, сопровождающаяся химическим взаимодействием сорбента с поглощаемым веществом, называется хемосорбцией. Сорбционная очистка может применяться самостоятельно или совместно с другими методами очистки для извлечения из сточных вод ценных растворенных веществ, а также в целях последующего использования очищенной воды в системах оборотного водоснабжения. Метод применим для очистки сточных вод от ароматических соединений, красителей, углеводов, слабых электролитов. При содержании в сточных водах только неорганических соединений, а также низших одноатомных спиртов этот метод неприменим. В качестве сорбентов применяют различные искусственные и природные пористые материалы: золу, коксовую мелочь, торф, силикагели, алюмогели, активные глины, уголь и др. Активность сорбента характеризуется массой поглощаемого вещества на единицу объема или массы сорбента (кг/м<sup>3</sup>, кг/кг).

Флотация - метод очистки промышленных сточных вод от гидрофобных мелкодисперсных загрязнений, основанный на явлении смачивания жидкостью твердых или жидких несмешивающихся с ней поверхностей. Метод применяют для удаления из сточных вод нерастворимых в воде диспергированных загрязнений, которые самопроизвольно плохо отстаиваются в условиях механической очистки. Процесс флотационной очистки заключается в удалении гидрофобных частиц загрязнений за счет прилипания их к всплывающим пузырькам воздуха с образованием пенного слоя на поверхности очищаемой сточной воды.

Различают следующие способы флотационной обработки сточных вод:

1. флотация с выделением пузырьков воздуха из раствора,
2. флотация с механическим диспергированием воздуха,
3. флотация с подачей воздуха через пористые материалы,
4. электрофлотация,
5. биологическая и химическая флотация.

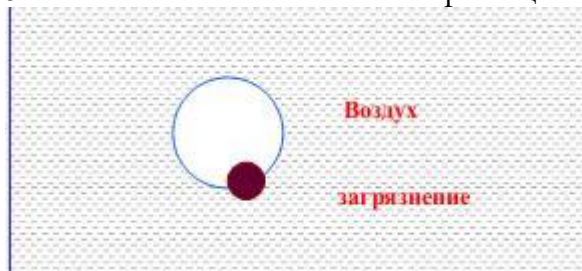


Рис. 9.4 – Метод флотации

Прилипание частицы к поверхности газового пузырька возможно только тогда, когда частица гидрофобная, т.е. не смачивается (или плохо смачивается) жидкостью. Смачивание – это поверхностное явление, заключающееся во взаимодействии жидкости с твердым (или другим жидким) телом при наличии од 30 временного контакта трех несмешивающихся фаз, одна из которых обычно является газом (воздухом). Если каплю жидкости нанести на твердую поверхность или несмешивающуюся с ней жидкую поверхность, то нанесенная капля:

- а) может остаться на поверхности в виде капли определенной формы, близкой к шарообразной (несмачивание или плохое смачивание),
- б) частично растекается по поверхности, приобретая форму шарового сегмента определенной высоты (смачивание).

Угол между касательными к межфазным поверхностям с вершиной в точке раздела трех фаз, отсчитанный внутри жидкости, называют краевым углом или углом смачивания. Величина краевого угла является количественной характеристикой процесса смачивания. Жидкость не смачивает твердую поверхность, если краевой угол больше  $90^\circ$ , такая поверхность называется гидрофобной. Соответственно дисперсная частица, поверхность которой не смачивается водой, также называется гидрофобной.

Эффективность процесса флотации определяется в основном адгезией между гидрофобной частицей и пузырьком воздуха, а также скоростью установления контакте между ними, т.е. скоростью разрыва разделяющей их водной пленки. При выборе условий флотации необходимо учитывать также, что флотирующая (подъемная сила), прижимающая частицу к пузырьку воздуха (сила адгезии), должна быть больше силы тяжести.

Флотация с выделением воздуха из раствора применяется при очистке производственных сточных вод, содержащих очень мелкие частицы загрязнений. Метод основан на зависимости растворимости газов воздуха в воде от давления. Если при атмосферном давлении получить насыщенный раствор газов воздуха в очищаемой сточной воде, а затем снизить давление до 225 – 300 мм рт.ст., то в результате

уменьшения растворимости газов в воде при понижении давления в объеме очищаемой воды будут образовываться мелкие пузырьки воздуха, которые и флотируют загрязнения. Такой способ применяется при вакуумной флотации. При напорной флотации схема получения пузырьков воздуха в очищаемой воде противоположна: воду насыщают воздухом при повышенном давлении, затем внешнее давление снижают, растворимость газов в воде уменьшается и они выделяются в объеме очищаемой воды в виде мелких пузырьков.

Флотация с механическим диспергированием воздуха. При перемешивании струи воздуха в воде создается интенсивное вихревое движение, воздушная струя распадается на отдельные пузырьки. Механическое перемешивание осуществляется импеллерами – турбинками насосного типа. Импеллер представляет собой диск с радиальными обращенными вверх лопатками. При вращении импеллера в жидкости возникает большое число мелких вихревых потоков, которые разбиваются на пузырьки определенной величины. Эффективность очистки зависит от скорости вращения импеллера.

Флотация с подачей воздуха через пористые материалы проводится пропуском воздуха через пористые керамические пластины или колпачки, трубы, насадки, уложенные на дне флотационной камеры. Недостатком метода является возможность зарастания и засорения пор, а также трудности выбора материалов, обеспечивающих выход мелких, близких по размеру пузырьков.

Экстракционная очистка сточных вод основана на распределении загрязняющего вещества между двумя несмешивающимися жидкостями в соответствии с растворимостью в них (жидкофазная экстракция). Отношение равновесных концентраций  $C$  извлекаемого вещества в двух взаимно несмешивающихся жидкостях – величина постоянная, называемая коэффициентом распределения:  $k = C_{\text{экстрагент}}/C_{\text{сточная вода}}$ . Величина его зависит от химической природы веществ, температуры и других факторов, влияющих на состояние равновесия в рассматриваемой системе. Например, коэффициент распределения салициловой кислоты в системе ацетон–вода равен 126 при 25 °С.

Метод экстракционной очистки целесообразно применять при значительной концентрации растворенных в воде органических веществ (3-4 г/л) или при высокой стоимости извлекаемого вещества. Процесс очистки проводится в несколько стадий:

- 1) подготовка воды перед экстракцией (отстаивание, фильтрование, нейтрализация, охлаждение);
- 2) интенсивное смешение сточной воды с экстрагентом (органическим растворителем) в экстракционных колоннах; в результате образуется экстракт - раствор извлекаемого вещества в экстрагенте и рафинат – сточная вода с некоторым небольшим количеством экстрагента;
- 3) регенерация экстрагента из экстракта
- 4) регенерация экстрагента из рафината.

Для успешного проведения процесса экстракции экстрагент должен отвечать следующим требованиям: иметь большое значение коэффициента распределения по отношению к экстрагируемому веществу и малую растворимость в воде, обладать большой селективностью по отношению к одному веществу или группе извлекаемых веществ, не образовывать с водой устойчивых эмульсий, значительно отличаться по плотности от сточной воды, иметь температуру кипения, значительно отличающуюся от температуры кипения экстрагируемого вещества, малую токсичность и взрывоопасность, не взаимодействовать химически с извлекаемым веществом и материалами оборудования, регенерироваться простым и дешевым способом и др.

Для очистки промышленных сточных вод наиболее часто применяют процессы противоточной многоступенчатой экстракции и непрерывной противоточной экстракции.



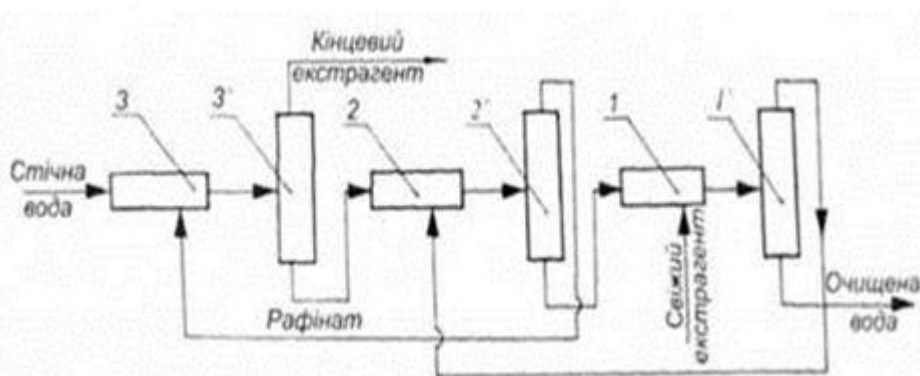


Рис. 9.5 – Схема многоступенчатой экстракционной установки: 1-3 – смеситель, Г - отстойники

### 3. Биологическая очистка сточных вод.

В настоящее время разработана новая установка для очистки сточных вод, деятельность которой основана на методах, в существование которых еще некоторое время назад никто не мог поверить. Но в настоящее время установка, которая очищает сточные воды при помощи безопасных микроорганизмов, отлично оправдывает себя.

Преимущества очистки воды биохимическим методом

Какие же преимущества очистки воды с помощью микроорганизмов? Этот метод еще называется биохимическим. В воде, очищенной биохимическим методом, отсутствуют органические вещества. На вид она кристально чистая, со временем не подвергается гниению, а, следовательно, практически не подвержена загрязнению бактериями. Днем и ночью не знающие ни минуты отдыха микроорганизмы удаляют все вредные вещества из воды. Они практически неразличимы даже в микроскоп, но работают буквально «не покладая рук», очищая воду.

Принцип работы биохимического метода

Устройство очистки воды, основанное на биохимическом методе, элементарно в сборке и монтаже. Сточная вода сначала попадает в первую камеру – приемную. В этой камере она подвергается начальному этапу очистки. После этого вода, частично уже очищенная, попадает в специальный аэротенк. Происходит это с помощью эрлифта. Аэротенк – главное место очистки бытовой сточной воды. Здесь органические соединения окисляются и вследствие этого процесса разрушаются. Происходит это под действием специального активного ила.

Из аэротенка уже очищенная вода и активный ил перемещаются в следующий отстойник, имеющий вид пирамиды. Там ил отделяется, оседает на дно, а затем возвращается в аэротенк для следующего очистительного цикла. Надо сказать, что активный ил может быть использован много раз, и только после нескольких полных оборотов он утилизируется. А чистая вода тем временем вытекает из пирамиды.

Схема системы очистки сточных вод



#### Экологичность способа очистки

Новая установка на основе действия микроорганизмов очень экономична в работе и гарантирует абсолютную чистоту сточной воды. Ведь метод биологической очистки самый современный и экологически чистый. Устройство для очистки воды может быть использовано многократно и использует безотходные методы, ведь использованный активный ил может быть применен в качестве удобрения.

Лучший способ очищения бытовых сточных вод – применение метода ускоренной биологической очистки. Установка на основе этого современного способа очистки обладает простотой и в то же время надежностью и долговечностью.

### **Лекция 5 (Л-5) Антропогенное воздействие на литосферу. 2 ч.**

#### **1.5.1 Вопросы лекции:**

1. Общие сведения о литосфере.
2. Нормирование качества литосферы.
3. Охрана литосферы.

#### **1.5.2 Краткое содержание вопросов**

1. Общие сведения о литосфере.

Литосфера – верхняя твердая оболочка Земли, постепенно переходящая в сферы с меньшей прочностью вещества и включающая в себя земную кору и верхнюю мантию Земли. Мощность литосферы 5...200 км, в том числе земной коры – до 50...70 км на континентах и 5...10 км на дне океана.

Земля является исходной материальной основой благосостояния членов общества, пространством для размещения производительных сил и расселения людей, основой для воспроизводительных процессов всех факторов экономического роста – трудовых, материально-технических, природных.

Одним из важнейших свойств почвы является ее плодородие – естественное (природное) или искусственное (улучшенное человеком) и экономическое – совокупность того и другого при сравнимых затратах, если рассматривать почву как природный ресурс. Плодородие характеризуется количеством выращенной либо собираемой продукции на единицу площади.

В среднем на душу населения приходится 0,28 га пашни (Россия – 0,81 га, США – 0,63 га, Китай – 0,16 га, Япония – 0,04 га). Средняя урожайность в США – 47 ц/га, Японии – 55 ц/га, Восточной Европе – 0,50 ц/га, Бразилии – 16 ц/га, России – 18 ц/га, Индии – 13 ц/га.

Деятельность человека приводит к отчуждению с/х угодий под города, транспортные магистрали, полигоны, т.е. ухудшению или безвозвратному уничтожению плодородных земель из-за загрязнений. Почва является трехфазной средой, содержащей твердые, жидкие и газообразные компоненты. Она формируется в результате сложных взаимоотношений климата, растений, животных, микроорганизмов и рассматривается как биокосное тело, содержащее живые и неживые компоненты. Самый верхний слой, содержащий продукты перегнивания органических веществ, является самым плодородным.

Над гумусовым горизонтом располагается слой растительного опада, который называют подстилкой. Ниже гумусного горизонта расположен малопродуктивный белесый слой, далее залегает материнская порода.

Самоочищение почвы практически не происходит, токсичные вещества накапливаются, что приводит к постепенному изменению химического состава почв. Из почв химические элементы передаются по пищевой цепочке и могут вызвать нежелательные последствия.

Пользование землей ведет к значительным изменениям ее свойств. Так, например, орошение ведет к смыву почвы, потере питательных элементов, засолению. Обработка земли (распашка) приводит к водной и ветровой эрозии. Вырубка лесов приводит к смене климата, опустыниванию.

Особое место в структуре Земли занимают природные ресурсы. Основы любого производства – вовлечение в народно-хозяйственный оборот природных ресурсов, причем во все увеличивающихся масштабах. Если в начале века, например, доля минеральных ресурсов в общем объеме используемого обществом сырья составляла 41 %, то в настоящее время она достигла 80 %, причем это с учетом того, что общее количество вовлекаемых в производственные процессы ресурсов возросло тоже почти в два раза.

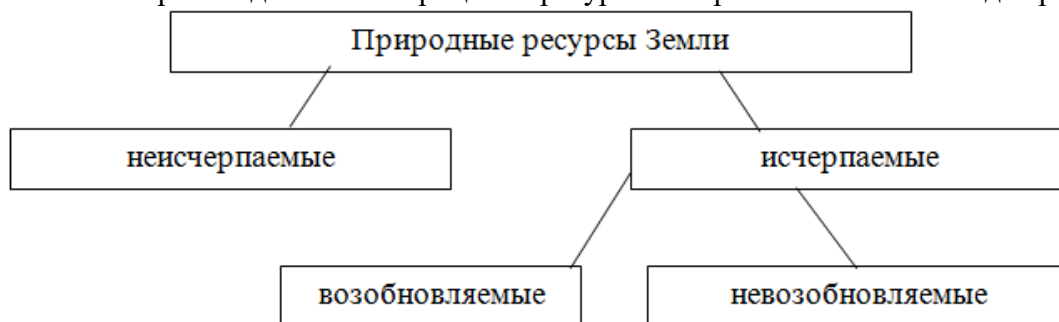


Рис. 11. Классификация природных ресурсов планеты

Неисчерпаемые:

- солнечная энергия;
- энергия морских приливов – отливов и волн;
- энергия ветра;
- энергия земных недр;
- атмосферный воздух;
- вода.

Исчерпаемые возобновляемые:

- растительный мир;
- животный мир;
- плодородие почв.

Исчерпаемые невозобновляемые:

- пространственное обитание;
- полезные ископаемые.

Таким образом, очевидно, что не существует такой сферы деятельности человека, которая была бы обособлена от экологической сферы. Кроме того, появились природовоспроизводящие отрасли (лесоводчество, рыбоводчество и др.), что в принципе равнозначно появлению нового типа производства.

Решение задачи по рациональному природопользованию осложняется наличием не одного, а множества критериев оптимизации (получение максимального урожая, сокращение производственных затрат, сохранение природных ландшафтов, поддержание видового разнообразия сообщества, обеспечение чистоты окр. среды, сохранение нормального функционирования экосистем и т.д.).

Общие требования к использованию минеральных ресурсов:

- максимальное, полное и комплексное извлечение из месторождений всех полезных компонентов;
- рекультивация земель;
- экономное и безотходное использование сырья;
- глубокая очистка и технологическое использование сырья;
- вторичное использование материалов после выхода изделия из эксплуатации;
- использование природных и искусственных заменителей дефицитных минеральных соединений.

## 2. Нормирование качества литосферы.

Основными загрязнителями почвы являются тяжелые металлы (ТМ) и их соединения, углеводороды, радиоактивные вещества, удобрения и пестициды, газы.

Источники загрязнения почвы:

- жилой сектор (бытовой мусор, пищевые отходы, фекалии, отходы сферы обслуживания населения и т.д.);
- теплоэнергетика (шлаки, окислы серы, газы, сажа);
- с/х (удобрения, ядохимикаты и т.п.);
- транспорт (окислы азота, свинец, углеводороды и т.д.);
- промышленные предприятия (твердые и жидкие отходы, газы и т.п.).

Нормирование загрязняющих веществ в почве имеет три направления:

- нормируется содержание ядохимикатов в пахотном слое почвы сельскохозяйственных угодий. Следует иметь в виду, что конечным показателем пригодности почвы для использования ее в целях выращивания сельскохозяйственной продукции для употребления в пищу человеком или животным является допустимое содержание вредных веществ в пище или кормах;
- нормируется накопление токсичных веществ в почве на территории предприятий;
- нормируется загрязненность почвы в жилых районах, преимущественно в местах хранения бытовых отходов.

Нормирование загрязнения почв устанавливается системой единиц ПДК:

- ТВ – транслокационный показатель, характеризующий переход вредных веществ из почвы в зеленую массу и корнеплоды;
- МА – миграционный воздушный показатель, характеризующий воздушный переход вредных веществ из почвы в атмосферу;
- МВ – миграционный водный показатель, характеризующий переход химического вещества в водоисточники и подземные воды;

- ОС – общесанитарный показатель, характеризующий влияние химического вещества на самоочищающую способность почвы.

В случае применения новых химических соединений, для которых отсутствует ПДКп, проводят расчет временно допустимых концентраций:

$$\text{ВДКп} = 1,23 + 0,48 \text{ ПДКпр}, (8)$$

где ПДКпр – это ПДК для продуктов питания, мг/кг.

### 3. Охрана литосферы.

Техногенная интенсификация производства способствовала загрязнению и дегумификации, уплотнению, нарушению, вторичному засолению, эрозии почв и другим негативным последствиям.

Загрязнение почв – это привнесение в почву новых (не характерных для нее) физических, химических или биологических агентов или превышение их концентраций естественного среднесуточного уровня в рассматриваемый период времени.

В связи с тем, что почва – это основа биологического круговорота, она становится источником миграции загрязненных веществ в смежные сферы: атмосферу, литосферу и гидросферу, а также в продукты питания (через растения).

Основные виды загрязнения литосферы – твердые бытовые и промышленные отходы. На одного городского жителя в среднем приходится в год примерно по 1 т твердых отходов, причем эта цифра ежегодно увеличивается.

В городах под складирование бытовых отходов отводятся большие территории. Во многих городах действуют заводы по переработке бытовых отходов, причем полная переработка мусора позволяет городу с населением в 1 млн. человек получать в год до 1500 т металла и почти 45 тыс. т компоста – смеси, используемой в качестве удобрения.

Правильно организованная технологическая свалка – это такое складирование твердых бытовых отходов, которое предусматривает постоянную, хотя и очень долговременную, переработку отходов при участии кислорода воздуха и микроорганизмов.

На заводе по сжиганию бытовых отходов наряду с обезвреживанием происходит максимальное уменьшение их объема (до 90% исходного). Однако необходимо учитывать, что сами мусоросжигающие заводы могут загрязнять окружающую среду, поэтому при их проектировании обязательно предусматривается очистка выбросов в окружающую среду. Производительность таких заводов по сжигаемым отходам приблизительно 720 т/сут. при круглогодичном и круглосуточном режимах работы.

В сельскохозяйственных районах строятся заводы по переработке старой полиэтиленовой пленки. Например, из собранной за год (более 1500 т), очищенной от грязи пленки получают 1300 т труб, которые используют в мелиорации и в крупнопанельных домах.

В Японии, стране высокой бытовой культуры, налажен сбор в специальные контейнеры отходов полиэтилена, которые затем прессуются и из них создаются острова в Тихом океане для захоронения не утилизируемых в настоящее время отходов (например ядерных отходов).

Твердые промышленные отходы и их переработка. В результате промышленной деятельности человека происходит загрязнение почвы, что приводит к выводу из строя земель, пригодных для сельского хозяйства. Основные виды промышленных отходов – шлаки тепловых электростанций и металлургических заводов, породные отвалы горнодобывающих предприятий и горнообогатительных комбинатов, строительный мусор и т.д. В особую группу выделяют загрязнение почвы нефтепродуктами и другими химическими веществами (в авиационной и других технологиях – это твердые осадки гальванованн и продукты травления металлов), которые пагубно воздействуют на почвенные микроорганизмы и корневую систему растений.

Объем извлекаемой из недр горной массы в нашей стране составляет свыше 15 млрд. т/год. В хозяйственный оборот вовлекается около трети всего минерального сырья, а на производство готовой продукции расходуется менее 7% добытых полезных ископаемых.

Строительство комбинированных производств и отдельных технологических установок по переработке отходов особенно целесообразно в промышленных районах с большой потребностью в строительных материалах, изделиях, конструкциях. Например, методом катализируемой кристаллизации стекла на основе доменных шлаков у нас в стране получают шлакоситаллы. Высокие физико-механические и физико-химические свойства шлакоситаллов, в первую очередь, их износостойкость и химическая устойчивость, в сочетании с декоративностью, делают их ценнейшим строительным материалом.

Одна тонна регенерата – продукта переработки старых покрышек, позволяет сэкономить 400 кг синтетического каучука.

## **Лекция 6 (Л-6) Переработка и использование отходов производства и потребления. 2 ч.**

### **1.6.1 Вопросы лекции:**

1. Основные термины и определения.
2. Паспортизация отходов. Требования к транспортированию опасных отходов.
3. Общие сведения об отходах потребления.
4. Технологические процессы переработки промышленных отходов

### **1.6.2 Краткое содержание вопросов**

1. Основные термины и определения.

Отходы производства – все то, что образуется в процессе производства или после завершения его цикла, кроме продуктов в виде энергии или веществ – предметов производства.

Согласно этому определению, к отходам производства относятся остатки многокомпонентного природного сырья после извлечения из него целевого продукта. Например, это пустая рудная порода, вскрышная порода горных разработок, шлаки и зола тепловых электростанций, доменные шлаки и горелая земля опок, металлическая стружка машиностроительных предприятий и т. д. Кроме того, к ним относятся значительные отходы лесной, деревообрабатывающей, текстильной и других отраслей промышленности, дорожно-строительной индустрии и современного агропромышленного комплекса (навозохранилища, неиспользованные химические удобрения и пестициды, необустроенные кладбища погибших во время эпидемий животных и др.).

Отходами производства являются и вещества, содержащиеся в отходящих технологических газах (дымовые) или в сточных водах предприятий, использующих воду в технологических процессах. Эти газообразные и жидкие виды отходов обычно рассматриваются в рамках экологических проблем загрязнения атмосферного воздуха и водного бассейна Земли и их охраны.

В промышленной экологии под отходами производства понимают отходы, находящиеся в твердом агрегатном состоянии (некоторые газообразные и жидкие отходы могут переходить в твердую фазу, например в фильтрах или отстойниках). То же самое относится и к отходам потребления – промышленным и бытовым (Рис. 1).

Отходы потребления – это изделия и материалы, утратившие свои потребительские свойства в результате физического (материального) или морального износа.

Промышленные отходы потребления – это машины, станки и другое устаревшее оборудование предприятий.

Бытовые отходы – это отходы, образующиеся в результате жизнедеятельности людей и удаляемые ими как нежелательные или бесполезные. К твердым бытовым отходам относят картон, газетную, упаковочную или потребительскую бумагу, всевозможную тару (деревянная, стеклянная, металлическая), вышедшие из употребления или утратившие потребительские свойства предметы и изделия из дерева, металла, кожи, стекла, пластмассы, текстиля и других материалов, сломанные или устаревшие бытовые приборы – мусор, а также сельскохозяйственные и коммунальные пищевые отходы – отбросы.

Особую категорию отходов (главным образом, промышленных) составляют радиоактивные отходы (РАО), образующиеся при добыче, производстве и использовании радиоактивных веществ в качестве горючего для атомных электростанций, транспортных средств (например, атомные подводные лодки) и других целей.

Большую опасность для окружающей среды представляют токсичные отходы, в том числе часть неопасных на стадии их появления отходов, которые приобретают токсичные свойства во время хранения.

## 2. Паспортизация отходов. Требования к транспортированию опасных отходов.

Вопросы права, связанные с паспортизацией опасных отходов, в законодательстве РФ рассмотрены в Федеральном Законе №89. Помимо этого закона правовое регулирование в отношении отходов также может регулироваться другими нормативно правовыми актами федерального, субъектного и муниципального уровней (ст.2 п.1 В этой главе реферата ссылки в скобках обозначают ссылки на соответствующую статью в ФЗ№89).

Основными принципами государственной политики в области обращения с отходами являются:

охрана здоровья человека, поддержание или восстановление благоприятного состояния окружающей среды и сохранение биологического разнообразия;

научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов общества в целях обеспечения устойчивого развития общества;

использование новейших научно-технических достижений в целях реализации малоотходных и безотходных технологий;

комплексная переработка материально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов;

использование методов экономического регулирования деятельности в области обращения с отходами в целях уменьшения количества отходов и вовлечения их в хозяйственный оборот;

доступ в соответствии с законодательством Российской Федерации к информации в области обращения с отходами;

участие в международном сотрудничестве Российской Федерации в области обращения с отходами (ст.3).

Собственник сырья, материалов, товаров..., в результате использования которых образовались рассматриваемые отходы по умолчанию становится собственником этих

отходов, до тех пор, пока не будет заключена какая-либо сделка по отчуждению отходов (купля-продажа, мена, дарение...) в пользу другого лица (ст.4). Для работы с отходами в юридическом пространстве для них вводится понятие «паспорта».

Согласно определению, данному в «основных понятиях» ФЗ№89, паспорт опасных отходов – документ, удостоверяющий принадлежность отходов к отходам соответствующего вида и класса опасности, содержащий сведения об их составе (ст.1).

По степени негативного влияния на окружающую среду отходы подразделяются на пять классов опасности (ст.4.1):

I класс - чрезвычайно опасные отходы;

II класс - высокоопасные отходы;

III класс - умеренно опасные отходы;

IV класс - малоопасные отходы;

V класс - практически неопасные отходы.

Очевидно, что «опасными отходами» являются отходы классов I-IV из приведённых выше.

Индивидуальные предприниматели и юридические лица, в процессе деятельности которых образуются отходы I - IV класса опасности, обязаны подтвердить отнесение данных отходов к конкретному классу опасности в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим государственное регулирование в области охраны окружающей среды (ст.14 п.2).

На отходы I - IV класса опасности должен быть составлен паспорт. Паспорт отходов I - IV класса опасности составляется на основании данных о составе и свойствах этих отходов, оценки их опасности. Порядок паспортизации, а также типовые формы паспортов определяет Правительство Российской Федерации (ст.14 п.3).

Деятельность индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, в процессе которой образуются отходы I - IV класса опасности, может быть ограничена или запрещена в установленном законодательством Российской Федерации порядке при отсутствии технической или иной возможности обеспечить безопасное для окружающей среды и здоровья человека обращение с отходами I - IV класса опасности (ст.14 п.4). Помимо того, что отсутствие паспорта опасных отходов для опасных отходов является нарушением действующего законодательства (ст.14 п.3), оно также делает невозможным транспорт отходов (ст.16 п.1).

Порядок паспортизации опасных отходов. В соответствии со статьей 14. Федерального закона от 24.06.1998г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», индивидуальные предприниматели и юридические лица, в процессе деятельности которых образуются опасные отходы, обязаны установить класс опасности отхода для окружающей среды и подтвердить отнесение данных отходов к конкретному классу опасности. Документом, удостоверяющим класс опасности отходов для окружающей среды, является «Паспорт опасного отхода».



Паспортизация опасных отходов проводится в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 26.10.2000г. № 818 «О порядке ведения государственного кадастра отходов и проведения паспортизации опасных отходов».

Специально уполномоченные органы РФ на основании представленной индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами, осуществляющими деятельность в области обращения с опасными отходами о происхождении, количестве, составе, свойствах, классе опасности отходов, организуют работу по паспортизации опасных отходов и ведут государственный классификационный каталог отходов.

Таким образом, разработка паспортов опасных отходов входит в обязанность природопользователей.

Форма паспорта утверждена приказом МПР РФ от 02.12.2002г. № 785 и составляется отдельно на каждый вид отходов. Коды и наименования отходов указываются в соответствии с ФККО.

Индивидуальные предприниматели и юридические лица, в процессе деятельности которых образуются опасные отходы, обязаны подтвердить отнесение отходов к конкретному классу опасности.

Класс опасности отходов для окружающей природной среды устанавливается в зависимости от степени вредного воздействия на окружающую природную среду в соответствии с Критериями отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей среды, утвержденными приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 15 июня 2001 года N 511 (не нуждается в государственной регистрации согласно заключению Министерства юстиции Российской Федерации от 24 июля 2001 года N 07/7483-ЮД).

Паспортизация опасных отходов осуществляется уполномоченными территориальными органами на основании информации, предоставляемой индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами, в процессе деятельности которых образуются опасные отходы (далее - заявители) и включающей сведения о происхождении, составе, свойствах отходов, условиях и конкретных объектах размещения отходов, технологиях их использования и обезвреживания, а также материалов отнесения отходов к конкретному классу опасности для окружающей природной среды.

Деятельность по паспортизации опасных отходов включает:

- подготовку заявителями сведений о происхождении, составе, свойствах отходов, конкретных объектах размещения отходов, технологиях их использования и обезвреживания и материалов отнесения отходов к конкретному классу опасности для окружающей природной среды;
- рассмотрение уполномоченными территориальными органами материалов, предоставляемых заявителями, о происхождении, составе и свойствах отходов, условиях и конкретных объектах размещения отходов, технологиях их использовании и обезвреживания, отнесении отходов к конкретному классу опасности для окружающей природной среды, и подготовка документов о подтверждении (неподтверждении) отнесения отходов к конкретному классу опасности для окружающей природной среды;

- оформление и выдачу уполномоченными территориальными органами документов, подтверждающих отнесение опасного отхода к классу опасности отхода для окружающей природной среды (далее - свидетельство о классе опасности отхода для окружающей природной среды) согласно образцу (приложение N 2 к настоящему порядку);

- согласование паспортов опасных отходов.

Информация, включающая сведения о происхождении, составе, свойствах, условиях и конкретных объектах размещения отходов, технологиях их использования и обезвреживания, готовится заявителем, и заносится в "Исходные сведения об отходе" согласно образцу (приложение N 3 к настоящему Порядку) на каждый вид отхода:

сведения об агрегатном состоянии и физической форме указываются на основании визуального осмотра и/или результатов обследований, исследований и измерений, выполненных аккредитованной на проведение количественных химических анализов лабораторией;

Документом, подтверждающим отнесение отхода к конкретному классу опасности для окружающей природной среды, является свидетельство о классе опасности отхода для окружающей природной среды, которое выдается для каждого конкретного вида отходов.

Паспорт опасного отхода оформляется на каждый конкретный вид опасного отхода по форме и в соответствии с инструкцией по ее заполнению, утвержденным приказом Министерства природных ресурсов России от 2 декабря 2002 года N 785 (зарегистрирован в Министерстве юстиции Российской Федерации 16 января 2003 года, регистрационный N 4128).

Срок действия паспорта опасного отхода:

- для отходов, включенных в федеральный классификационный каталог отходов (далее - ФККО), утвержденный приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 2 декабря 2002 года N 786 (зарегистрирован в Министерстве юстиции Российской Федерации 9 января 2003 года, регистрационный N 4107), не устанавливается;

- для отходов, не включенных в ФККО, - ограничивается на период регистрации данного отхода в ФККО.

### 3. Общие сведения об отходах потребления.

Отходы определяются Федеральным законом Российской Федерации от 24. 06. 98 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» как «остаток сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства».

На практике к отходам производства относят: остатки сырья, материалов, некондиционную продукцию, изделия, отработавшие свой ресурс и пришедшие в негодность, а также не востребованную часть добытых полезных ископаемых. Отходами производства также являются продукты, улавливаемые в процессе очистки сточных вод.

К опасным отходам Законом отнесены такие отходы, которые содержат вредные вещества, обладающие опасными свойствами (токсичностью, взрывоопасностью, пожароопасностью, высокой реакционной способностью) или содержащие возбудителей инфекционных болезней, или вещества, которые могут представлять непосредственную или потенциальную опасность для окружающей природной среды и здоровья человека.

Если в мире объемы отходов, идущих на переработку, не превышают 30—35 % общего их количества, то из всех высокотоксичных отходов перерабатываются и обезвреживаются менее 20 %.

Некоторое количество отходов используется в строительстве в качестве вторичных материалов. Однако основная их масса концентрируется в отвалах, хранилищах, на полигонах и свалках, часто не санкционированных. Под складирование отходов в России уже занято более 250 тыс. гектаров земельной площади, которые изъяты из хозяйственного оборота земель, пригодных для земледелия или застройки.

Ежегодно к имеющимся отвалам добавляется еще 2 млрд. кубометров отходов. В общем объеме накопленных отходов содержится около 1,6 млрд. тонн опасных отходов промышленного производства. Отходы являются источниками загрязнения поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха, почв и растений. Они негативно влияют на здоровье населения и экологическую ситуацию многих регионов страны.

На несанкционированных свалках отходы разлагаются, горят, создавая специфический запах, распространяющийся на большие расстояния. В результате сжигания отходов на свалках образуются летучие токсичные вещества и не сгоревшие, не менее токсичные остатки, содержащие в том числе тяжелые металлы. Продукты горения (например, диоксины, фураны, бенз(а)пирен) часто бывают опаснее, чем первоначальные отходы.

Проблемы вызывают разобранные строительные конструкции, отработанные формовочные смеси, практически все отходы химических и нефтеперерабатывающих производств. На подавляющем большинстве очистных сооружений не решены вопросы удаления и переработки образующихся осадков сточных вод. Имеют место бесконтрольные сбросы жидких токсичных отходов в водные объекты, в том числе в грунтовые воды — источник питьевой воды для многих регионов страны.

Особую опасность представляют радиоактивные отходы, накопленные к настоящему времени в результате прошлой деятельности предприятий ядерно-топливного цикла, научных центров и медицинских учреждений, а также вывезенные из-за рубежа для переработки и захоронения. Более 60 тыс. гектаров территории России заняты отвалами пустой породы и шламом, которые образовались при добыче и переработке урановых и ториевых руд и содержат естественные радионуклиды. На атомных электростанциях страны находится на хранении часть отработанного топлива, жидких и отвержденных отходов.

Остро стоит проблема отходов в крупных городах, вокруг которых (на экономически целесообразных расстояниях) полностью исчерпаны возможности их складирования и захоронения.

Несанкционированные сбросы жидких отходов, накопившихся у предприятий (не до конца очищенных или не очищенных), пагубно сказываются на качестве воды в реках. Так, в Москве-реке уровни по всем видам загрязнений постоянно превышают нормативы более чем в 4 раза. И это несмотря на то, что для разбавления загрязненной воды канал Москва — Волга сбрасывает в нее каждую секунду 30 м чистой воды. От неконтролируемых сбросов жидких отходов гибнут и малые реки.

Обращение с отходами рассматривается как деятельность, в процессе которой образуются отходы, а также деятельность по их сбору, использованию, обезвреживанию, транспортированию и размещению (хранению и захоронению).

#### 4. Технологические процессы переработки промышленных отходов

Технологии переработки всевозможных видов отходов основываются на механических, гидродинамических, тепловых, диффузионных, химических, биохимических процессах. Как правило, в реальной технологии утилизации отходов сочетаются различные методы воздействия на них.

Механические методы широко применяются при подготовке отходов: измельчении, агрегировании, сепарации и т. д.

Гидродинамические методы используют для разделения смесей отходов и перемещения их в различных аппаратах. Эти методы часто сочетаются с тепловыми, механическими и физико-химическими процессами.

Тепловые процессы являются неотъемлемой частью многих способов переработки отходов и используются при их сжигании и пиролизе, а также при различных процессах, в результате которых имеет место выделение и утилизация тепла или необходимость охлаждения отходов и продуктов их переработки.

Диффузионные процессы лежат в основе способов утилизации отходов, при которых осуществляется перенос массы вещества путем дистилляции, сорбции, сушки, кристаллизации и других процессов. Они, как правило, сочетаются с тепловыми и механическими, а иногда и с химическими процессами.

Химические методы обработки используют при окислении и восстановлении отходов, переводе материала из одного физического состояния в другое, для изменения каких-либо характеристик веществ и т. д. Они также, как правило, сочетаются с тепловыми, гидродинамическими, диффузионными и механическими процессами.

И, наконец, биохимические методы используют для утилизации отходов с помощью микроорганизмов. Это наиболее сложные процессы, и при их реализации используются и другие рассмотренные выше способы обработки отходов. Они сочетаются с химическими, тепловыми, гидродинамическими и механическими процессами.

Утилизация твердых отходов в большинстве случаев связана с необходимостью либо их разделения на компоненты (в процессе очистки, обогащения, извлечения ценных составляющих) с последующей переработкой сепарированных материалов различными методами, либо придания им определенного вида, обеспечивающего саму возможность утилизации отходов. На производстве отходы, образующиеся на одной установке (литьевая машина, штамповочный пресс, токарный станок и т. п.), не бывают однородными. Очень часто в контейнер с отходами пластмассы попадают металлические предметы, а в контейнер с металлической стружкой — деревянная палка или промасленная ветошь. Перечень примеров можно продолжить. В то же время наиболее рациональное использование вторичных материальных ресурсов предусматривает их полное разделение. Поэтому в технологии переработки отходов важнейшее место занимает их подготовка.

Главными физическими свойствами, по различию в которых могут рассортировываться твердые отходы, являются плотность,

## **Лекция 7 (Л-7) Виброакустическое загрязнение окружающей среды: механизм явления, нормирование и защита. 2 ч.**

### **1.7.1 Вопросы лекции:**

1. Производственный шум. Основные понятия.
2. Методы защиты от шума.
3. Вибрация: механизм явления. Воздействие на организм человека.
4. Методы защиты от вибрации. Нормирование.

### **1.7.2 Краткое содержание вопросов**

1. Производственный шум. Основные понятия.

Шум — беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры. Шум - совокупность аperiодических звуков различной интенсивности и частоты. С физиологической точки зрения шум — это всякий неблагоприятный воспринимаемый звук.

По частотной характеристике шумы подразделяются на:

- низкочастотный; среднечастотные; высокочастотный

По временным хар-кам: постоянный; непостоянный, который в свою очередь делится на колеблющийся, прерывистый и импульсный.

По природе возникновения: Механический; Аэродинамический; Гидравлический; Электромагнитный.

Звукоизоляция — снижение уровня шума, проникающего в помещения извне. Количественная мера звукоизоляции ограждающих конструкций выражается в децибелах. Степень необходимости звукоизоляции перекрытий зависит от характеристик используемых в строительстве материалов и соблюдения всех технологических норм.

Коэффициент отражения — общее название двух безразмерных величин, характеризующих отражение волн от нагрузки в коаксиальной, симметричной, полосковой или волноводной линии передачи.

КОЭФФИЦИЕНТ ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ-величина, равная отношению поглощённой средой звуковой энергии к энергии, падающей на неё

Строительная светотехника: значение, проблемы и решаемые задачи. Основные ТНПА по строительной светотехнике. Оптическое излучение: определение, классификация, спектр. Виды спектров.

Строительная светотехника охватывает технические вопросы проектирования систем естественного и искусственного освещения помещений и зданий, а также городской застройки и солнцезащиты.

Освещение помещений делят на: естественное; искусственное; совмещенное.

Естественными источниками света являются солнце и рассеянный (диффузный) свет небосвода.

Искусственные источники света — электрические лампы (накаливания, люминесцентные, ртутные, галогенные, светодиодные).

При совмещенном освещении помещение освещается одновременно естественным и искусственным светом в определенных соотношениях.

Основным требованием к освещению в помещении является создание наилучшего освещения рабочего места или объекта, который воспринимается человеком при наблюдении.

Важно! Значение имеет не только условия освещенности в месте расположения объекта наблюдения, но и окружающая световая среда.

Требуемый световой режим достигается путем учета светового климата местности, правильного выбора цветовой отделки, расположения и размеров светопроемов, правильного размещения и выбора источников искусственного света

-СНБ 2.04.05-98 Естественное и искусственное освещение

## 2. Методы защиты от шума.

По своей физической сущности, шум — это звук. С гигиенической точки зрения, шумом является любой нежелательный для человека звук. Шум может вызывать неприятные ощущения, однако решающую роль в оценке «неприятности» шума играет субъективное отношение человека к этому раздражителю.

Ухо человека может воспринимать и анализировать звуки в широком диапазоне частот и интенсивностей. Область слышимых звуков ограничена двумя кривыми: нижняя кривая определяет порог слышимости, т.е. силу едва слышимых звуков различной частоты, верхняя — порог болевого ощущения, т.е. такую силу звука, при которой нормальное слуховое ощущение переходит в болезненное раздражение органа слуха.

В качестве характеристик постоянного шума на рабочих местах, а также для определения эффективности мероприятий по ограничению его неблагоприятного влияния

принимаются уровни звуковых давлений (в дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц.

В качестве интегральной (одним числом) характеристики шума на рабочих местах применяется оценка уровня звука в дБА (измеренных по так называемой шкале А шумомера), представляющих собой средневзвешенную величину частотных характеристик звукового давления с учетом биологического действия звуков разных частот на слуховой анализатор.

При гигиенической оценке шумов классифицируют по характеру спектра и по временным характеристикам.

Шум, являясь информационной помехой для высшей нервной деятельности в целом, оказывает неблагоприятное влияние на протекание нервных процессов, увеличивает напряжение физиологических функций в процессе труда, способствует развитию утомления и снижает работоспособность организма.

Однако, кроме специфического действия на органы слуха, шум оказывает и неблагоприятное общебиологическое действие, вызывая сдвиги в различных функциональных системах организма. Так, под влиянием шума возникают вегетативные реакции, обуславливающие нарушение периферического кровообращения за счет сужения капилляров, а также изменение артериального давления (преимущественно повышение). Шум вызывает снижение иммунологической реактивности и общей сопротивляемости организма, что проявляется в повышении уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Для снижения шума применяют различные методы коллективной защиты: уменьшение уровня шума в источнике его возникновения; рациональное размещение оборудования; борьба с шумом на путях его распространения, в том числе изменение направленности излучения шума, использование средств звукоизоляции, звукопоглощение и установка глушителей шума, в том числе акустическая обработка поверхностей помещения.

Наиболее эффективным средством является борьба с шумом в источнике его возникновения. Для уменьшения механического шума необходимо своевременно проводить ремонт оборудования, заменять ударные процессы на безударные, шире использовать принудительное смазывание трущихся поверхностей, применять балансировку вращающихся частей. Снижения аэродинамического шума можно добиться уменьшением скорости газового потока, улучшением аэродинамики конструкции, звукоизоляции и установкой глушителей. Электромагнитные шумы снижают конструктивными изменениями в электрических машинах.

Широкое применение получили методы снижения шума на пути его распространения посредством установки звукоизолирующих и звукопоглощающих преград в виде экранов, перегородок, кожухов, кабин и др. Хорошие звукопоглощающие свойства имеют легкие и пористые материалы (минеральный войлок, стекловата, поролон и т.п.).

### 3. Вибрация: механизм явления. Воздействие на организм человека.

Под вибрацией понимают механические, часто синусоидальные, колебания системы с упругими связями, возникающие в машинах и аппаратах при периодическом смещении центра тяжести какого-либо тела от положения равновесия, а также при периодическом изменении формы тела, которую оно имело в статическом состоянии. Чаще всего такое колебательное движение происходит из-за неуравновешенных силовых воздействий: дисбаланс вращающихся частей, инерционное возбуждение при работе возвратно-поступательных механизмов, ударные процессы и др.

На рис. 9.1 показана простейшая колебательная система и кривая ее колебаний. Если массу 2 вывести из состояния равновесия, система будет совершать свободные или собственные колебания, то есть колебания под действием своих собственных сил. Если же периодический возмущающий фактор присутствует в течение всего времени, когда совершаются колебания, то они называются вынужденными. Наиболее опасным моментом является совпадение частот собственных и вынужденных колебаний (явление резонанса).

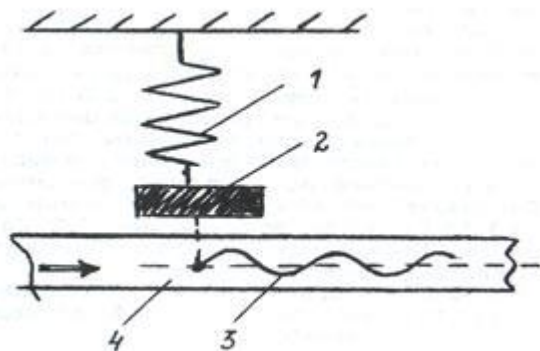


Рис. 9.1. Простейшая колебательная система: 1 - пружина (один ее конец жестко закреплен); 2 - груз массы  $m$ ; 3 - кривая колебаний; 4 – возмущающий фактор.

Вибрацию по способу передачи на человека (в зависимости от характера контакта с источниками вибрации) подразделяют на: местную (локальную), передающуюся чаще всего на руки работающего, и общую, передающуюся посредством вибрации рабочих мест и вызывающую сотрясение всего организма. В производственных условиях нередко имеет место интегрированное действие местной и общей вибрации.

Длительное воздействие вибрации высоких уровней на организм человека приводит к развитию преждевременного утомления, снижению производительности труда, риску заболеваемости и нередко к возникновению профессиональной патологии - вибрационной болезни.

В зависимости от источника возникновения общая вибрация бывает: транспортная, транспортно-технологическая, технологическая. Локальной вибрации подвергаются люди, работающие с ручным механизированным электрическим или пневматическим инструментом.

Спектры уровней колебательной скорости являются основными характеристиками вибраций. Они бывают (как и для шума) дискретными, сплошными и смешанным (см. рис. 8.1). По характеру спектра вибрация подразделяется на узкополосную и широкополосную; по частотному составу – на низкочастотную с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах 8 и 16 Гц, среднечастотную - 31,5 и 63 Гц, высокочастотную - 125, 250, 500, 1000 Гц - для локальной вибрации; для вибрации рабочих мест - соответственно 1 и 4 Гц, 8 и 16 Гц, 31,5 и 63 Гц.

По временным характеристикам подразделяют вибрацию на постоянную, для которой величина виброскорости изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 1 мин, и непостоянную, для которой величина виброскорости изменяется не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 1 мин. Непостоянная вибрация в свою очередь подразделяется на колеблющуюся во времени, прерывистую и импульсную.

Наиболее опасная частота общей вибрации лежит в диапазоне 6-9 Гц, поскольку она совпадает с собственной частотой колебаний внутренних органов человека (всего тела - 6 Гц, для желудка - 8 Гц, для головы - 25 Гц, для центральной нервной системы - 250 Гц). В результате может возникнуть резонанс, который приведет к механическим повреждениям

или разрыву внутренних органов. В положении стоя это явление может возникнуть для головы относительно основания, плечевого пояса, бедер при  $f=4-6$  Гц, а в положении сидя - для головы - относительно плеч - при  $f = 4-30$  Гц. Для лежачего человека область резонансных частот находится в интервале 3-3,5 Гц [1]. При частоте больше 16-20 Гц вибрация сопровождается шумом. Шумовые (звуковые) эффекты присутствуют также в инфразвуковом и ультразвуковом диапазонах.

Основными параметрами, характеризующими вибрацию, являются: частота  $f$  (Гц), амплитуда смещения  $A_m$  (м), скорость  $V$  (м/с) и ускорение  $a_m$  (м/с<sup>2</sup>), определяемые как

$$A = A_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (9.1)$$

$$V = 2\pi f A \quad (9.2)$$

$$a = (2\pi f)^2 A \quad (9.3)$$

где  $\omega = 2\pi f$  – частота,  $\varphi$  – начальная фаза.

Весь спектр частот вибраций, воспринимаемых человеком, может быть разделен (как и для шума) на октавные и третьоктавные полосы частот со среднегеометрическим частотами октавных полос 1, 2, 4, 8, 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000 Гц.

За нулевой уровень колебательной скорости принята величина  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  м/с, соответствующая среднеквадратичной колебательной скорости при стандартном пороге звукового давления, равном  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

Порог восприятия вибрации для человека значительно выше и равен  $1 \cdot 10^{-4}$  м/с. За нулевой уровень колебательного ускорения принимают величину  $a_0 = 3 \cdot 10^{-4}$  м/с<sup>2</sup>. При колебательной скорости 1 м/с возникают болевые ощущения.

Относительные уровни виброскорости и виброускорения определяются по формулам (дБ):

$$L_v = 20 \lg \frac{V}{V_0} \quad (9.4)$$

$$L_a = 20 \lg \frac{a}{a_0} \quad (9.5)$$

#### 4. Методы защиты от вибрации. Нормирование.

##### Средства защиты от вибрации

Вибрацией называется механическое колебательное движение, заключающееся в перемещении тела как целого. Вибрация в отличие от звука не распространяется в виде волн сжатия/разряжения и передается только при механическом контакте одного тела с другим.

В природе вибрация практически не встречается, но, к сожалению, очень часто возникает в технических устройствах. Кроме того, в технике вибрацию специально используют, например, при вибрационной транспортировке.

Вибрация, воздействующая на человека через опорные поверхности, оказывает влияние на весь организм и называется общей. (Поверхность, на которой человек стоит, сидит или лежит, называется опорной.) Общая вибрация, захватывающая все тело, наблюдается на всех видах транспорта и при работе в непосредственной близости от источника вибрации (промышленного оборудования).

Вибрация, воздействующая не через опорные поверхности, охватывает только часть организма и называется локальной. Практически вся она является вибрацией, передающейся через руки, и возникает там, где вибрационные инструменты или обрабатываемые детали контактируют с руками или пальцами. Локальная вибрация возникает, например, при использовании ручных силовых инструментов, применяемых на производстве. Число лиц, подвергающихся локальной вибрации, составляет несколько десятков миллионов человек.



Особым подвидом общей вибрации является укачивание, связанное с низкочастотными колебаниями тела и некоторыми типами его вращения на транспорте.

Человек реагирует на вибрацию в зависимости от общей продолжительности ее воздействия.

Наибольшее воздействие общей вибрации сказывается на процессах получения входящей информации (в основном зрительной из-за колебаний глазных яблок и головы) и на процессах передачи информации (непрерывный контроль деятельности колеблющихся рук).

Долговременное воздействие весьма интенсивной общей вибрации (например, на трактористов) может нежелательным образом сказываться на позвоночнике и увеличивать риск возникновения изменения позвонков и дисков.

Помимо воздействия на организм как на механическую систему, вибрация оказывает влияние на нормальное течение физиологических процессов. Например, общая вибрация вызывает варикозное расширение вен на ногах, геморрой, ишемическую болезнь сердца и гипертонию.

Чрезмерное воздействие локальной вибрации может вызывать заболевания кровеносных сосудов, нервов, мышц, костей и суставов верхних конечностей, так называемую «виброблезнь».

Для борьбы с вибрацией машин и оборудования и защиты работающих от вибрации используют различные методы. Борьба с вибрацией в источнике ее возникновения связана с установлением причин появления механических колебаний и их устранением. Для снижения вибрации широко используют эффект вибродемпфирования – превращение энергии механических колебаний в другие виды энергии, чаще всего в тепловую. С этой целью в конструкции деталей, через которые передается вибрация, применяют материалы с большим внутренним трением: специальные сплавы, пластмассы, резины, вибродемпфирующие покрытия. Для предотвращения общей вибрации используют установку вибрирующих машин и оборудования на самостоятельные виброгасящие фундаменты.

Для ослабления передачи вибрации от источников ее возникновения полу, рабочему месту, сиденью, рукоятке и т.п. широко применяют методы виброизоляции в виде виброизоляторов из резины, пробки, войлока, асбеста, стальных пружин.

Виброгашением называется гашение вибрации за счет активных потерь или превращения колебательной энергии в другие ее виды, например, в тепловую, электрическую, электромагнитную. Виброгашение может быть реализовано в случаях, когда конструкция выполнена из материалов с большими внутренними потерями; на ее поверхность нанесены вибропоглощающие материалы; используется контактное трение двух материалов; элементы конструкции соединены сердечниками электромагнитов с замкнутой обмоткой и др.

Наиболее действенным средством защиты человека от вибрации является устранение непосредственного контакта с вибрирующим оборудованием. Осуществляется это путем применения дистанционного управления, промышленных роботов, автоматизации и замены технологических операций.

Снижение неблагоприятного воздействия вибрации ручных механизированных устройств на операторов достигается как путем уменьшения интенсивности вибрации непосредственно в ее источнике (за счет конструктивных усовершенствований), так и средствами внешней виброзащиты, которые представляют собой упругодемпфирующие материалы и устройства, размещенные между источником вибрации и руками оператора.

В качестве средств индивидуальной защиты работающих используют специальную обувь на массивной резиновой подошве. Для защиты рук служат рукавицы, перчатки, вкладыши и прокладки, которые изготавливают из упругодемпфирующих материалов.

Важным фактором для снижения опасного воздействия вибрации на организм человека является правильная организация режима труда и отдыха, постоянное

медицинское наблюдение за состоянием здоровья, лечебно-профилактические мероприятия – такие, как гидропроцедуры (теплые ванночки для рук и ног), массаж рук и ног, витаминизация и др.

## **Лекция 8 (Л-8) Неионизирующее и ионизирующее загрязнение окружающей среды: механизм явления, нормирование и защита. 2 ч.**

### **1.8.1 Вопросы лекции:**

1. Источники электромагнитного поля.
2. Основные виды средств защиты от ЭМП.
3. Электростатические поля и загрязнение биосферы.
4. Радиационное излучение и загрязнение биосферы.

### **1.8.2 Краткое содержание вопросов**

#### **1. Источники электромагнитного поля.**

В целом общий электромагнитный фон состоит из источников естественного (электрические и магнитные поля Земли, радиоизлучения Солнца и галактик) и искусственного (антропогенного) происхождения (телевизионные и радиостанции, линии электропередачи, электробытовая техника). Источниками электромагнитных излучений также служат радиотехнические и электронные устройства, индукторы, конденсаторы термических установок, трансформаторы, антенны, фланцевые соединения волноводных трактов, генераторы сверхвысоких частот и др.

Современные геодезические, астрономические, гравиметрические, аэрофотосъёмочные, морские геодезические, инженерно-геодезические, геофизические работы выполняются с использованием приборов, работающих в диапазоне электромагнитных волн, ультравысокой и сверхвысокой частот, подвергая работающих опасности с интенсивностью облучения до 10 мкВт/см<sup>2</sup>.

#### **2. Основные виды средств защиты от ЭМП.**

В зависимости от условий воздействия ЭМП, характера и местонахождения источника излучения могут быть использованы следующие способы и методы защиты: защита временем и расстоянием, снижение интенсивности излучения источника, экранирование источника, защита рабочего места от излучения, применение средств индивидуальной защиты (СИЗ).

##### **Защита временем**

Способ применяется в тех случаях, когда отсутствует возможность уменьшить напряженность (интенсивность) ЭМП до ПДУ. Допустимое время ( $\tau$ ) определяется как  $6,42 = \text{ППМ} \cdot \text{th}(0,05\tau)^{1,2}$  (10.2)

Где  $\text{th}(0,05\tau)^{1,2}$  – гиперболический тангенс.

##### **Защита расстоянием (наиболее эффективный метод)**

Способ используется, если нельзя снизить интенсивность облучения другими методами. Является наиболее эффективным.

Для диапазона ДВ, СВ, КВ и УКВ расстояние определяется как

$$R = \sqrt{30 p G / E_{\text{доп}}}, \text{ м} \quad (10.3)$$

где  $p$  - средняя выходная мощность, Вт;  $G$  - коэффициент направленности антенны;  $E_{\text{доп}}$  - допустимая напряженность электрического поля, В/м.

Для диапазона СВЧ

$$R = \sqrt{p G / 4 \pi \text{ППМ}_{\text{свч}}}, \text{ м}$$

Метод уменьшения мощности излучения

Осуществляется непосредственной регулировкой передатчика (генератора); его заменой на менее мощный применением специальных устройств - аттенуаторов, которые поглощают, отражают или ослабляют передаваемую энергию на пути от генератора к антенне.

Способы экранирования источника

Основными видами средств коллективной защиты (включая рабочие места) являются экранирующие устройства - составные части электрической установки, предназначенные для защиты персонала в открытых распределительных устройствах (ОРУ) и на воздушных линиях электропередач.

Конструктивно экранирующие устройства оформляются в виде козырьков, навесов или перегородок из металлических канатов, прутков, сеток или пластин из резины. Экранирующие устройства должны иметь антикоррозионное покрытие и быть заземлены.

Экраны бывают поглощающие или отражающие электромагнитную энергию. Выбор конструкции экранов зависит от характера технологического процесса, мощности источника и диапазона волн. Коэффициент экранирования равен:

$$L=20\lg\mathfrak{E}$$

$$\mathfrak{E} = \frac{E}{E_{\mathfrak{E}}} \text{ или } \mathfrak{E} = \frac{H}{H_{\mathfrak{E}}}$$

Где  $\mathfrak{E}$  - эффективность экранирования;  $E$  и  $H$  – без экрана;  $E_{\mathfrak{E}}$  и  $H_{\mathfrak{E}}$  - с экраном.

Наряду со стационарными и персональными экранирующими устройствами применяют индивидуальные экранирующие комплекты (предназначены для защиты от воздействия ЭМИ, напряженность которого не превышает 60кВ/м, создаваемого электроустановками напряжением 400, 500 и 750 кВ и частотой 50 Гц). В состав экранирующих комплектов входят: спецодежда из металлизированной ткани, средства защиты головы, рук и лица.

### 3. Электростатические поля и загрязнение биосферы.

Статическое электричество - это процесс образования, сохранения и разделения свободного электрического заряда на поверхности и в объеме диэлектрических и полупроводниковых веществ и материалов или на изолированных проводниках [1].

Экспериментально установлено, что положительные заряды скапливаются на поверхности того из двух соприкасающихся (трущихся) веществ, диэлектрическая проницаемость которого больше. Если соприкасающиеся вещества имеют одинаковую диэлектрическую проницаемость, то электрические заряды не возникают.

При статической электризации напряжение относительно Земли достигает десятков, а иногда и сотен тысяч вольт. Значения токов при явлениях статической электризации составляют доли ампера (10<sup>-7</sup>-10<sup>-3</sup> А).

Явление статической электризации наблюдается в следующих основных случаях в потоке и при разбрызгивании жидкостей; в струе газа или пара; при соприкосновении и последующем разделении двух твердых разнородных тел (контактная электризация). Эти случаи являются базовыми для таких технологических процессов, как сушка в кипящем слое, пневмосушка и пневмотранспорт газов, паров и пыли, размол, дробление и рассев, слив, налив, перекачка, размешивание и фильтрование электризующихся жидкостей, подача мономеров и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) в полимеризаторы и др. Опасность возникновения статического электричества проявляется в возможности образования электрической искры (пожарная опасность) и вредном действии его на организм человека, причем не только при непосредственном контакте с зарядом, но и за счет действия электрического поля  $E$ , возникающего вокруг заряженных поверхностей. У людей, работающих в зоне воздействия электростатического поля, встречаются разнообразные жалобы: на раздражительность, головную боль, нарушение сна, снижение аппетита и др. Легкие «уколы» и «пощипывания» при работе с сильно

наэлектризованными материалами негативно влияют на психику рабочих, а в определенных ситуациях могут вызвать шоковое состояние. При постоянном прохождении через тело человека малых токов электризации возможны неблагоприятные физиологические изменения в организме, приводящие к профзаболеваниям.

Вследствие этого в соответствии с [2, 3] введены допустимые уровни напряженности электростатических полей  $E_{пред}$ . Данный уровень устанавливается равным 60 кВ/м в течение 1 ч. Для  $E < 20$  кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется. Для  $E = 20-60$  кВ/м допустимое время пребывания персонала в электростатическом поле без средств защиты зависит от конкретного уровня напряженности на рабочем месте и определяется по формуле:

$$T_{доп.} = (E_{пред}/E_{факт})^2 \quad (11.1)$$

где  $E_{факт}$ , - фактическое значение напряженности поля, кВ/м.

Основная величина, характеризующая способность различных материалов проводить ток, а также определяющая их способность к электризации - удельное электрическое сопротивление  $\rho$  (Ом-м).

В соответствии с [4] все вещества и материалы в зависимости от величины  $\rho$  ( $\rho_v$  - объемное,  $\rho_s$  - поверхностное) подразделяются на диэлектрические ( $\rho > 10^8$  Омхм), антистатические ( $\rho = 10^5-10^8$  Омхм) и электропроводящие ( $\rho < 10^5$  Омхм). В соответствии с этими Правилами  $\rho_v$  и  $\rho_s$  должны указываться в технологическом регламенте, а также в исходных данных при проектировании любого технологического процесса. Для практических целей необходимо брать их максимальные значения или определять экспериментально для каждого конкретного продукта.

Меры защиты от статического электричества направлены на предупреждение возникновения и накопления зарядов статического электричества, создание условий рассеивания зарядов и устранение опасности их вредного воздействия [5].

Основные методы и средства защиты от статического электричества представлены на рис. 11.1 (по А.С. Бобкову).

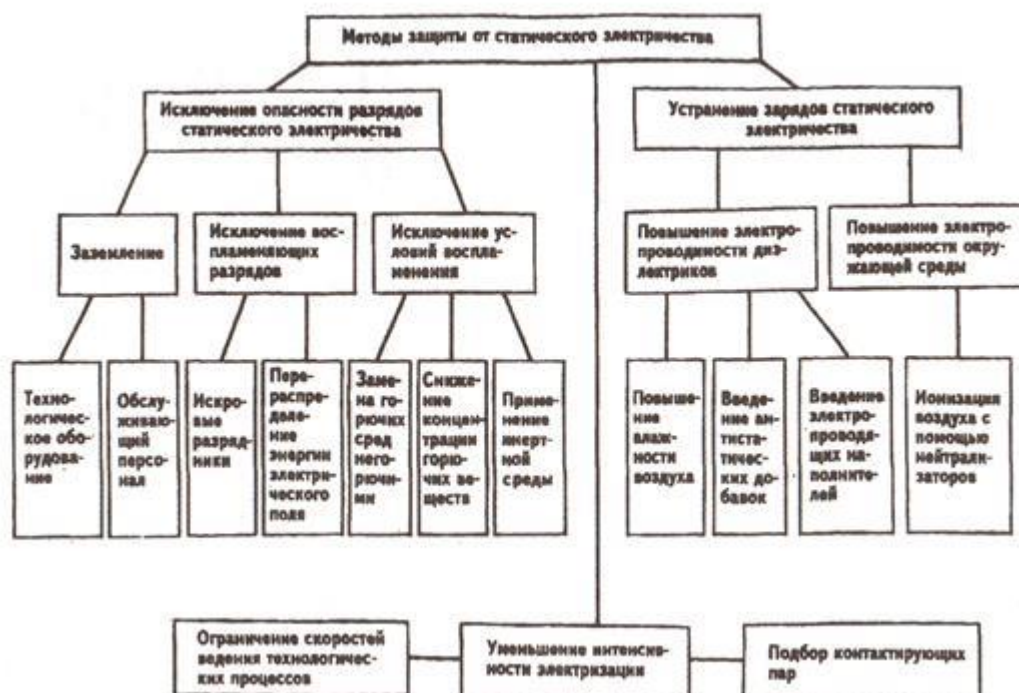


Рис. 11.1. Основные методы и средства защиты от статического электричества

#### 4. Радиационное излучение и загрязнение биосферы.

Введение в радиоэкологию (на примере ядерной энергетики) Среди опасностей, угрожающих человеку, особо необходимо выделить ионизирующую радиацию, в частности, техногенную составляющую. Главными источниками ионизирующих излучений и радиоактивного загрязнения (заражения) являются предприятия ядерного топливного цикла: атомные станции (реакторы, хранилища отработанного ядерного топлива, хранилища отходов); предприятия по изготовлению ядерного топлива (урановые рудники и гидрометаллургические заводы, предприятия по обогащению урана и изготовлению тепловыделяющих элементов - ТВЭлов); предприятия по переработке и захоронению радиоактивных отходов (радиохимические заводы, хранилища отходов); исследовательские ядерные реакторы, транспортные ядернохимические установки и военные объекты. Сведений о влиянии радиоактивных осадков на биологические объекты пока недостаточно. Особенно много дискуссий и акций протеста возникает по поводу атомной энергетики. Обеспокоенность населения резко обострилась после аварии на Чернобыльской АЭС (26 апреля 1986 г.).

Приводятся аргументы в пользу замедления или приостановления развития ядерной энергетики на том основании, что на период до начала массового использования термоядерных реакторов хватит источников обычного топлива. Термоядерные реакторы относят при этом к более экологически чистым системам, чем ЯЭУ - ядерные энергетические установки [6].

Однако только атомная энергетика может дать реальный выход из энерго-экологического тупика, возникающего при использовании основных источников энергии (нефть, природный газ, уголь): парниковый эффект, увеличение среднегодовой температуры на Земле, потребление кислорода из атмосферы и др. При делении ядерного горючего 80 % образующейся энергии превращается в тепло, а 20% выделяется в виде радиоактивных излучений. Это радиоактивные изотопы в воде (натрий-24), продукты коррозии (марганец-54, железо-55), осколки деления урана от цинка до гадолиния (200 изотопов: цезий-137, ксенон-133, йод-131, молибден-99, цирконий-95, уран-235 и др.).

Действительно, ядерное топливо при горении не потребляет кислород, а выделение углекислого газа происходит в небольших количествах на предприятиях при производстве урана. Следовательно, не происходит усиления парникового эффекта в атмосфере и заметных климатических изменений. Технология производства тепла и электроэнергии из ядерного топлива хорошо разработана и экономически конкурентоспособна по сравнению с технологиями на ископаемом (природном) топливе. Уникальной особенностью ядерного топлива является возможность его воспроизводства, то есть искусственная наработка нового ядерного топлива в реакторе. Ядерные электростанции в нормальном режиме производства электроэнергии обеспечивают наибольшую экологическую чистоту. В то же время они могут представлять огромную опасность для окружающей среды в случае тяжелых аварий. Таким образом, ставится задача создания таких систем, которые не допускали бы возникновения тяжелых аварий и локализовали бы внутри аппарата последствия менее серьезных аварий. В свою очередь, все это заставляет разрабатывать новые конструкционные материалы и топливные композиции или искать технические решения для расширения рабочих температурных интервалов существующих.

В отличие от других способов получения энергии в процессе работы ЯЭУ остаются экологически более опасные отходы в виде выгоревшего топлива с высокой долгоживущей радиоактивностью. Отсюда вытекают задачи по оптимизации топливного

цикла ЯЭУ, способов переработки облученного топлива и обращения с полученными при этом радиоактивными отходами.

#### О механизме излучений

Согласно определениям атомной физики и радиозэкологии, атомы, имеющие ядра с одинаковым числом протонов, но различающиеся по числу нейтронов, относятся к разновидностям одного и того же химического элемента и называются изотопами. Ядра всех изотопов образуют группу «нуклидов». Большинство нуклидов нестабильны, они все время превращаются в другие нуклиды. Сложные процессы, происходящие внутри атома, сопровождаются высвобождением энергии в виде излучения. Процесс самопроизвольного распада нуклида называется радиоактивным распадом, а сам такой нуклид - радионуклидом. Ионизирующее излучение делится на корпускулярное (альфа, бета, нейтронное) или фотонное (рентгеновское, гамма).

Испускание ядром двух протонов и двух нейтронов - это  $\alpha$ -излучение, испускание электронами (позитронами) -  $\beta$ -излучение, испускание порции квантовой энергии перевозбужденным нестабильным нуклидом -  $\gamma$ -излучение ( $\gamma$ -квант). Иными словами,  $\alpha$ -частицы представляют собой поток ядер гелия. Их энергия лежит в пределах 3-9 МэВ ( $1\text{г}8 = 1,6 \times 10^{19}$  Дж). Пробег такой частицы в воздухе 8-9 см, а в мягких биологических тканях - десятки микронов. ( $\beta$ -частицы - это поток электронов или позитронов, возникающих при радиоактивном распаде Их энергия находится в диапазоне 0,0005-3,5 МэВ. Ионизирующая способность ниже, а проникающая выше, чем у  $\alpha$ -частиц. Максимальный пробег в воздухе - 1,8 м, в тканях - 2,5 см. Гамма-лучи - результат высокочастотного электромагнитного излучения, возникающего в процессе ядерного распада. Эти лучи обладают большой проникающей способностью и малым ионизирующим действием. Энергия их лежит в пределах 0,01-3 МэВ.

Вышеуказанные излучения, таким образом, характеризуются ионизирующей и проникающей способностью, Эти свойства и определяют их воздействие на биологические объекты.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### 2.1 Лабораторная работа 1 (ЛР-1) Основные понятия и термины биоэкологии.

1. Ознакомиться с современными определениями экологии как естественнонаучной дисциплины.
2. Разобрать основные принципы общей экологии.
3. Изучить базовый терминологический аппарат современной экологии.

### 2.2 Лабораторная работа 2 (ЛР-2) Экологические классификации.

1. Изучить основные принципы экологической классификации организмов.
2. Дать характеристику важнейшим экологическим группам живых организмов. Привести примеры организмов - представителей каждой экологической группы.

### 2.3 Лабораторная работа 3 (ЛР-3) Классификация экологических факторов.

1. Классификация экологических факторов.
2. Ознакомиться с определениями важнейших понятий и терминов факториальной экологии.

3.Сформулировать правило экологического оптимума.

4.Ознакомиться с правилом экологической индивидуальности, правилом совместного действия экологических факторов на организм (правилом констелляции), правилом независимости адаптаций организма, правилом неоднозначного действия фактора на разные функции организма

#### **2.4 Лабораторная работа 4 (ЛР-4) Закономерности действия факторов.**

1.Ознакомиться с важнейшими понятиями факториальной экологии.

#### **2.5 Лабораторная работа 5 (ЛР-5) Экологические группы организмов**

1.Рассмотреть важнейшие экологические группы водных организмов.

2. Изучить важнейшие экологические группы почвенных организмов.

#### **2.6 Лабораторная работа 6 (ЛР-6) Динамика популяций**

1.Ознакомиться с основными понятиями популяционной динамики.

2.Изучить важнейшие типы динамики численности популяций.

#### **2.7 Лабораторная работа 7 (ЛР-7) Динамика численности популяций (2 часть)**

1. Разобрать причины, оказывающие влияние на темпы роста численности популяций растений и животных.

2.Изучить экологические стратегии популяций растений и животных.

#### **2.8 Лабораторная работа 8 (ЛР-8) Популяционный гомеостаз.**

1.Разобрать понятие и важнейшие формы популяционного гомеостаза.

2.Ознакомиться с некоторыми основными гипотезами саморегуляции численности популяций.

#### **2.9 Лабораторная работа 9 (ЛР-9) Энергетические потоки и биологическая продуктивность экосистем.**

1.Ознакомиться с понятием «биологическая продуктивность» и её основными формами.

2.Изучить правила построения пирамид продуктивности природных сообществ.

#### **2.10 Лабораторная работа 10 (ЛР-10) Экологические структуры и динамика экосистем**

Правило Уоллеса. Важнейшие биоценотические группы организмов: *доминанты, эдификаторы, ассектаторы и др.* Степень доминирования особей в сообществе.

#### **2.11 Лабораторные работы 11 -12 (ЛР-11,12) Динамика экосистем. (4 часа)**

1.Ознакомиться с основными типами динамики природных сообществ.

2.Охарактеризовать циклические изменения экосистем.

3.Ознакомиться с теорией экологической сукцессии.

4. Охарактеризовать первичные сукцессионные изменения экосистем.
5. Охарактеризовать вторичные сукцессионные изменения экосистем.

**2.12 Лабораторная работы 13-14 (ЛР-13,14) Границы современной биосферы(4 часа)**

1. Основные компоненты биосферы
2. Круговороты веществ в биосфере

**2.13 Лабораторная работа 15 (ЛР-15) Последствия антропогенных изменений природных систем**

1. Истощение природных ресурсов
2. Загрязнение окружающей среды и его влияние на условия жизнедеятельности человека
3. Нарушение структуры и деградация ландшафтов

**2.14 Лабораторная работа 16 (ЛР-16) Экологическое состояние гео- и экосистем и его оценка**

1. Понятие об экологическом состоянии гео- и экосистем
2. Оценка экологического состояния гео- и экосистем
3. Показатели оценки состояния гео- и экосистем и их компонентов

**2.15 Лабораторная работа 17 (ЛР-17) Принципы рационального использования и охраны отдельных видов природных ресурсов и ландшафтов.**

1. Рациональное использование минеральных ресурсов
2. Охрана и рациональное использование климатических ресурсов
3. Охрана и рациональное использование водных ресурсов

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ** (не предусмотрены рабочей программой)

### **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**ПО ПРОВЕДЕНИЮ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

(не предусмотрены рабочей программой дисциплины)