

# Основные источники загрязнения окружающей среды и технические меры защиты от загрязнений

Тема 3

# Рассматриваемые вопросы

1. Транспорт
2. Промышленность строительных материалов
3. Методы очистки выбросов в атмосферу
4. Методы очистки и обработки сточных вод
5. Методы переработки твердых промышленных и бытовых отходов

- Транспорт – один из важнейших элементов материально-технической базы общественного производства и необходимое условие функционирования современного индустриального общества, так как с его помощью осуществляется перемещение грузов и пассажиров. Различают гужевой, автомобильный, сельскохозяйственный, железнодорожный, водный, воздушный и трубопроводный транспорт (Владимиров, 1999; Черных, 2003).

- В настоящее время земной шар покрыт густой сетью путей сообщения, однако развитие различных видов транспорта, широкое развитие автотрасс привели к многократному увеличению прямого и косвенного воздействия транспорта на окружающую среду. При всем многообразии форм воздействия транспорта на окружающую природную среду их источники можно объединить в две основные группы:
  - транспортные коммуникации (автодороги, железные дороги, аэродромы, трубопроводы), они воздействуют на природную среду прямо, постоянно и длительно;
  - транспортные средства (автомобили, самолеты, суда), которые оказывают кратковременное влияние на природную среду (Малкин, 1992; Корчагин, 1997).

- Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания (особенно карбюраторных) содержат около 200 химических соединений):
  - оксид углерода и углеводороды (бензол, формальдегид, бенз(а)пирен) образуются при неполном сгорании топлива в условиях нехватки кислорода или слишком низких температурах горения, а также при испарении топлива;
  - оксиды азота образуются при горении топлива; их количество сильно возрастает при повышении температуры сгорания;
  - сажа выбрасывается преимущественно дизельными, а также газотурбинными двигателями; выброс зависит от типа двигателя,
  - срока эксплуатации и от регулировки системы впрыскивания топлива;
  - диоксид серы образуется при работе дизельных двигателей, поскольку дизельное топливо содержит серу;
  - свинец добавляется в бензин в качестве антидетонатора, в год один автомобиль выбрасывает около 1 кг свинца;
  - при работе автомобиля в атмосферу поступает также резиновая пыль, образующаяся при истирании покрышек.

- При строительстве и эксплуатации дорог, трубопроводов, аэродромов происходят почворазрушающие процессы: оползни, просадки и особенно дорожная эрозия. Природные комплексы, расположенные вблизи насыпей железных и шоссейных дорог, постепенно трансформируются и деградируют.
- Известно, что вдоль автотрасс, железных дорог и выходящих на поверхность нефтегазотрубопроводов почвенный покров загрязняется соединениями свинца, серы, нефтепродуктами и другими веществами.

- Приземный слой воздуха вблизи автодорог загрязнен пылью, состоящие из частиц асфальта, резины, металла, свинца и другими веществами, часть которых обладает канцерогенным и мутагенным действием.
- Фактором ухудшения качества среды обитания стало шумовое воздействие железнодорожных и шоссейных магистралей. Неблагоприятное воздействие на людей и других живых организмов оказывают электромагнитные поля, возникающие вдоль магистральных линий электропередач, особенно высоковольтных (Куклев, 2001).

- Приоритетными направлениями снижения загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом являются:
  - применение новых видов автотранспорта, минимально загрязняющих окружающую среду (например, электромобиль);
  - рациональная организация и управление транспортными потоками;
  - использование более качественных или экологически чистых видов топлива (например, газ);
  - применение совершенных систем – катализаторов топлива и систем шумоглушения – глушителей шума.

- К технологическим мероприятиям по снижению выбросов автотранспорта относятся замена топлива и двигателя; совершенствование рабочего процесса двигателя; техническое обслуживание.
- В условиях города двигатель автомобиля работает 30% времени на холостом ходу, 30-40% – с постоянной нагрузкой, 20-25% – в режиме разгона и 10-15% – в режиме торможения. При этом на холостом ходу автомобиль выбрасывает 5-7% оксида углерода к объему всего выхлопа, а в процессе движения с постоянной нагрузкой – только 1,0-2,5%. Условия, приближенные к работе под высокой нагрузкой, могут быть созданы путем увеличения числа передач или более частого переключения передач на оптимальный режим с помощью компьютера. Другим вариантом решения является использование вариаторов. Для каждого вида ДВС при прочих равных условиях объем загрязняющих веществ, выделяемых в атмосферу, пропорционален расходу топлива. Поэтому экономия топлива означает сокращение выброса токсичных примесей в атмосферу.

- В качестве комбинированного топлива наиболее употребительны смеси на основе бензина и спиртов. В Бразилии широко эксплуатируются автомобили, использующие в качестве топлива чистые спирты, их эксплуатация показала, что в отработавших газах резко снижено содержание оксидов азота и углеводородов. Введение спирта способствует повышению октанового числа при одновременном снижении содержания в отработавших газах оксидов азота и углеводородов.
- При использовании пропан-бутановой смеси в отработавших газах в 4-10 раз снижается концентрация оксида углерода. В Канаде, Италии и США автомобили активно переводятся на использование природного газа. В отработавших газах резко снижается содержание сажи, оксида углерода и ряда органических соединений.

- В качестве перспективных топлив могут быть использованы также аммиак и водород, причем водород особенно перспективен с экологической точки зрения, так как при его сгорании образуются преимущественно пары воды.
- Для очистки отработавших газов от бензиновых двигателей чаще всего применяют платинопалладиевые и платинородиевые катализаторы. В последнее время внедряются и более сложные составы, содержащие платину, родий, палладий и цирконий на гранулированном оксиде алюминия.

- К планировочным мероприятиям относятся организация пересечения улиц на разных уровнях, подземных (надземных) пешеходных переходов и озеленение магистралей и улиц. Другим направлением является вынесение источника загрязнения за пределы селитебной территории, что достигается рациональным трассированием городских магистралей. Важное значение имеют сооружение магистралей-дублеров, а также организация функционирования системы хранения, паркования и технического обслуживания автомобилей.
- К санитарно-техническим мероприятиям относится рециркуляция и нейтрализация отработавших газов.

- К административным – установление нормативов качества топлива и допустимых региональных выбросов; вывод из города транзитного транспорта, складских баз и терминалов; выделение полос движения общественного транспорта и скоростных дорог безостановочного движения. Разработка альтернативных видов автотранспорта.
- В городских условиях весьма перспективным считается использование полуавтономных троллейбусов. Такой троллейбус оснащен аккумуляторами, позволяющими преодолевать до 10 км автономно.
- Солнечный электромобиль представляет собой комплекс, включающий электрический автомобиль и солнечный коллектор, который обеспечивает перезарядку аккумуляторной батареи во время его движения или стоянки.

- Идеальный автомобиль для города – электромобиль. Он приводится в движение электродвигателем, который, в свою очередь, получает энергию от аккумуляторных батарей.
- Электромобиль почти не дает выбросов вредных веществ, у него большой крутящий момент на малых скоростях вращения, кроме того, он предпочтительнее с точки зрения удельной мощности и более компактен, он требует меньше регулировок, не потребляет много масла, проще система охлаждения, а топливная – вообще отсутствует, кроме того, он излучает значительно меньше шума, чем автомобили с дизельным или бензиновым приводом. Шведские автостроители разработали гибридную модель автомобиля, у него два двигателя – электрический, питаемый от аккумулятора, и газотурбинный, потребляющий дизельное топливо.

- В автомобиле с инерционным двигателем в качестве накопителя энергии используется маховик. Такое нововведение позволяет обойтись без двигателя, коробки скоростей, радиатора, стартера и выхлопной трубы. Электроток от стационарного источника используется для раскрутки супермаховика из легких, но прочных на разрыв углеродных волокон. Когда он наберет обороты, напряжение отключается. Однако вращение продолжается несколько часов, поскольку супермаховик заключен в герметичную капсулу, из которой выкачан воздух, а магнитный подвес устраняет трение в подшипниках

## 2. Промышленность строительных материалов.

- Крупным источником твердых частиц, загрязняющих природную среду, являются цементные заводы, известковые печи, установки по производству магнезита, асфальта, печи обжига кирпича.
- Согласно оценкам специалистов производство цемента и других вяжущих, стеновых материалов, асбестоцементных изделий, строительной керамики, тепло- и звукоизоляционных материалов, строительного и технического стекла сопровождается выбросами в атмосферу пыли и взвешенных веществ, оксида углерода, диоксида серы и оксидов азота, сероводорода, формальдегида, толуола, бензола, оксида ванадия, ксилола.

- Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность. Существуют два способа получения целлюлозы (основы для производства бумаги) – сульфитный и сульфатный. При сульфитном загрязняются преимущественно водные источники, при сульфатном – воздушный бассейн.
- Характерными загрязняющими веществами, производимыми этими предприятиями, являются: твердые вещества, оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, толуол, сероводород, ацетон, ксилол, бутилацетат, этилацетат, метилмеркаптан, формальдегид. Сточные воды при сульфитной технологии различаются по типу основных загрязняющих веществ, образуя коросодержащие, волокно-, каолино-, щелоко- и хлорсодержащие стоки.

- Эти сточные воды, попадая в водоемы, приводят к накоплению токсичных илов, к повышению биологической потребности кислорода, резкому ухудшению качества воды, гибели ценных пород рыб.
- Города, вблизи которых расположены предприятия целлюлозно-бумажной промышленности, являются наиболее неблагоприятными с экологической точки зрения, независимо от того, какая технология применяется (Денисов, 2007).

### **3. Методы очистки выбросов в атмосферу**

**Промышленная очистка** – это очистка газа с целью последующей утилизации или возврата в производство отделенного от газа или превращенного в безвредное состояние продукта.

Промышленная очистка является необходимой стадией технологического процесса. В качестве пыле- и газоулавливающего оборудования могут использоваться циклоны, пылесадительные камеры, фильтры, адсорберы, скрубберы и т.д.

**Санитарная очистка** – это очистка газа от остаточного содержания загрязняющего вещества (ЗВ), при которой обеспечивается соблюдение установленных для данного газа ПДК в воздухе населенных мест или производственных помещений.

Санитарная очистка производится при поступлении отходящих газов в атмосферный воздух. Выбор метода очистки зависит от конкретных условий производства и определяется рядом факторов: объема и температуры газов, их агрегатным состоянием, концентрацией и т.д.

Кроме очистки производится их обезвреживание, обеззараживание и дезодорация выбросов.

**Очистка** – это удаление (выделение, улавливание) примесей из различных сред.

**Обезвреживание** – это обработка примесей до безвредного для людей, животных. Растений и в целом для окружающей среды состояния.

**Обеззараживание** – инактивация (дезактивация) микроорганизмов различных видов, находящихся в газовоздушных выбросах, жидких и твердых средах.

**Дезодорация** – обработка веществ, обладающих запахом и содержащихся в воздухе, воде или твердых средах, с целью устранения или снижения интенсивности запахов.

*Очистка газовоздушных выбросов производится либо абсорбцией, либо адсорбцией.*

**Абсорбция** – это процесс поглощения газов или паров из газоздушных смесей жидкими поглотителями (абсорбентами). Процесс абсорбции является избирательным и обратимым. Избирательность абсорбции заключается в поглощении конкретного ЗВ из смеси абсорбентом определенного типа. Обратимость абсорбции заключается в том, что поглощенное вещество может быть снова извлечено, а абсорбент – использован в процессе очистки.

Т.е., схема абсорбционного процесса состоит в следующем: газовая смесь поступает в абсорбер, где поглощается ЗВ. Очищенный воздух удаляется, а поглотитель поступает в десорбер, где извлекается ЗВ, а абсорбент после охлаждения снова идет в абсорбер.

Выбор абсорбента зависит от извлекаемого вещества. Например, для удаления СО используют медно-аммиачные растворы; от SO<sub>2</sub> – аммиачные, известковые и марганцевые; от H<sub>2</sub>S – карбонаты натрия, калия или аммиак.

**Адсорбция** – это процесс поглощения примесей из газовой смеси при помощи твердых веществ (адсорбентов).

В качестве адсорбентов применяют в основном активные угли, силикагели, цеолиты. Активные угли изготавливают из каменного угля, торфа, древесины и т. д., по внешнему виду – зерна или порошок. Силикагели – это минеральные адсорбенты с регулярной структурой пор, по внешнему виду – стекловидные или матовые зерна. Силикагели способны поглощать полярные вещества, например, метанол. Разновидностью силикагелей являются алюмогели, представляющие собой активный оксид алюминия. Цеолиты – это синтетические алюмосиликатные кристаллические вещества, обладающие большой поглотительной способностью. Они поглощают сероводород, сероуглерод, аммиак, этан, этилен, метан, оксид углерода и др.

Если концентрация примесей в газоздушных выбросах незначительна, то улавливание экономически и технически нецелесообразно. В этих случаях используются различные способы *обезвреживания*.

*К основным способам обезвреживания относятся:*

1. каталитические методы – основаны на каталитических реакциях, в результате которых вредные примеси превращаются либо в безвредные соединения, либо же в соединения, легко удаляющиеся из среды. В качестве катализаторов используются платина, палладий, никель, хром, медь, железо. Каталитические методы не получили широкого распространения: дорого, малый срок службы катализаторов, чувствительность к пыли, недопустимость перепадов температуры.

2. термический метод – окисление органических веществ кислородом воздуха при высокой температуре до нетоксичных соединений. Этот метод является очень энергоемким, т.к. дожиг происходит при температуре 800-1200 °C. Но очистные установки имеют небольшие габариты, просты в обслуживании, имеют высокую эффективность, что определяет широкое их распространение.

3. термокаталитический метод – нейтрализация вредных веществ в установках сжигания при наличии катализаторов (инициаторов окисления), что позволяет снизить температуру дожига до 300-400 °С.

*Для дезодорации и обеззараживания* газовоздушных выбросов применяются все вышеперечисленные методы термического и термокаталитического дожига, абсорбции, адсорбции и их различные сочетания.

Дезодорация осуществляется чаще всего в том случае, когда концентрация ЗВ ниже ПДК (нормативно чистая смесь), но имеет запах.

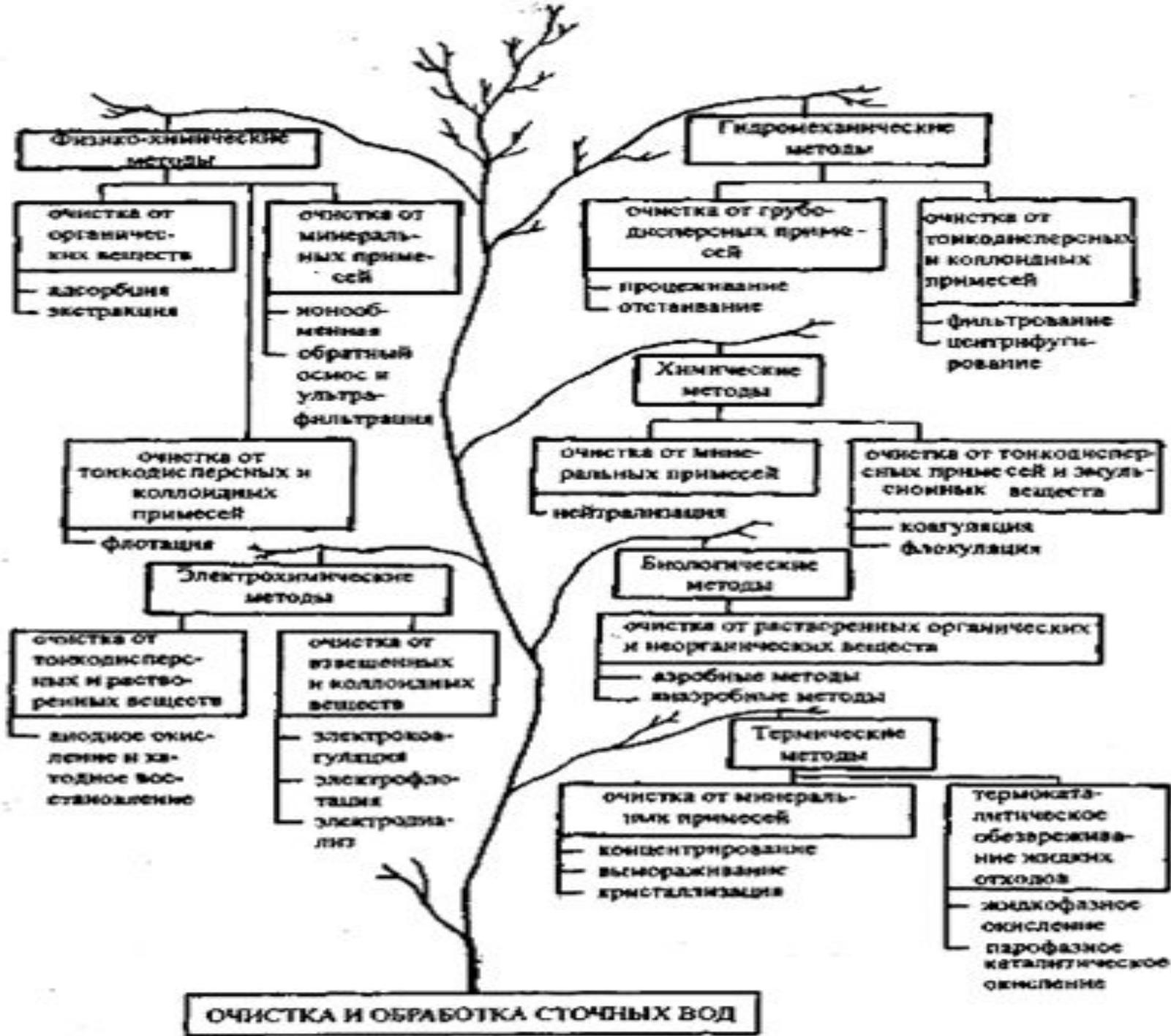
**Абсорбционно-окислительные методы** основаны на поглощении газов водой или другими поглотителями с применением окислителей (перманганата калия, оксида водорода, озона и др.). Эти методы очистки широко распространены на предприятиях химической промышленности. К недостаткам методов относятся: высокая стоимость окислителя, необходимость доочистки для удаления оксида марганца. Из всех абсорбционно-окислительных методов самым эффективным является озонирование.

К преимуществам озонирования относятся: высокая окислительная способность по отношению к спиртам, нефтепродуктам, фенолам и другим сложным соединениям; доступность сырья, технологическая гибкость очистки.

- **Биосорбционная дезодорация** – сочетание адсорбции и биохимического окисления микроорганизмами. В качестве сорбентов используют торф, древесные опилки, песок, камни, активированный уголь и т.д. Выбор микроорганизмов зависит от состава очищаемого газа. Этот вид дезодорации осуществляется в биофильтрах. Этот метод имеет целый ряд преимуществ: универсальность, незначительные затраты, высокая эффективность очистки.
- **Комбинированные методы** – это сочетание абсорбционно-окислительных и ультрафиолетового излучения, или нескольких окислителей.

## 4. Методы обработки и очистки сточных вод

- **Обработка** сточных вод – воздействие на них с целью обеспечения необходимых свойств и состава вод (ГОСТ 12.1.1.01-77).
- **Очистка** сточных вод – это обработка воды с целью разрушения или удаления из нее определенных веществ (ГОСТ 12.1.1.01-77).
- В настоящее время существует множество методов очистки сточных вод.



К основным группам обработки и очистки сточных вод относятся следующие.

***Гидромеханическая очистка*** применяется для удаления нерастворимых примесей.

Осуществляется следующими способами:

- *процеживание* на решетках и сетках для выделения крупных примесей и посторонних предметов. Процеживание осуществляется, главным образом, для защиты очистных сооружений от засорения и поломки движущихся частей оборудования;
- *улавливание* в песколовках тяжелых примесей;

- *отстаивание* воды для удаления нерастворяющихся тонущих и плавающих органических и неорганических примесей, незадерживаемых решетками и песколовками. Осуществляется в отстойниках и осветителях, удаление примесей происходит естественным образом под действием силы тяжести;
- удаление твердых взвешенных частиц в *гидроциклонах*. Гидроциклоны просты по устройству, легко обслуживаются, имеют высокую производительность и небольшую мощность. К недостаткам гидроциклонов относится большая энергоемкость;
- *фильтрование* для улавливания тонкодисперсных взвесей. Эффективность метода зависит от применяемых фильтров. Выбор того или иного фильтра определяется свойствами сточных вод, их температурой и давлением. Чаще всего в качестве фильтра используются: кварцевый песок, металлические перфорированные листы, тканевые и керамические перегородки.

**Физико-химическая очистка** используется для удаления мелкодисперсных взвешенных частиц, растворенных газов, минеральных и органических веществ. Осуществляется следующими способами:

- *флотация* – применяется для удаления нерастворимых диспергированных примесей, которые самопроизвольно плохо отстаиваются. При флотации через сточные воды в резервуаре подают воздух, который подымается вверх пузырьками, увлекая за собой ЗВ и образует на поверхности грязную пену. Примеси легко удаляются вместе с пеной;

- *адсорбция* применяется для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ после биохимической очистки. Адсорбция чаще всего используется для доочистки, когда концентрация ЗВ невелика или они очень ядовиты. Этим методом удаляют из сточных вод гербициды, пестициды, фенолы, ПАВ, красители и т.д.;
- *экстракция* применяется для очистки сточных вод, содержащих фенолы, масла, органические кислоты. Экстракция выгодна лишь тогда, когда стоимость извлеченных веществ компенсирует все затраты на проведение процесса, т.е. когда концентрация примеси составляет 3-4 г/л. Сточные воды смешивают с жидкостью, растворяющую ЗВ лучше, чем вода, но которая сама в воде не растворяется. Образуется две фазы: экстракт, содержащий ЗВ и экстрагент и рафинат, содержащий воду и экстрагент. Первая фаза легко удаляется из раствора.

- *ионообменная очистка* применяется для извлечения металлов, соединений мышьяка, фосфора, цианидов. Ионный обмен основан на взаимодействии раствора с твердой фазой, которая обладает свойством обменивать содержащиеся в ней подвижные ионы на ионы, присутствующие в растворе;
- *обратный осмос* и ультрафильтрация используются для обессоливания воды на ТЭЦ и для очистки городских сточных вод. Обратный осмос заключается в фильтровании через полупроницаемые мембраны под давлением, превышающим осмотическое.

**Химические методы очистки** используются для удаления растворимых примесей; основаны на проведении химических реакций и получении безвредных или менее вредных веществ, которые легче удалить, чем исходные; обычно применяются в сочетании с другими видами очистки.

Осуществляются следующими способами:

- *нейтрализация* используется для удаления минеральных кислот или щелочей;
- *коагуляция* применяется для ускорения процесса осаждения тонкодисперсных примесей и эмульгированных веществ. Фактически, коагуляция – это процесс укрупнения дисперсных частиц в результате их взаимодействия и объединения в агрегаты. Для этого в сточную воду добавляются коагулянты (гидроокислы металлов, обладающие способностью сорбировать вещества – соли алюминия, железа или их смесь). Агрегированные частицы легко удаляются из сточных вод.

- *флокуляция* применяется для интенсификации процессов образования хлопьев гидроксидов алюминия и железа с целью повышения скорости их осаждения. Фактически, флокуляция – это процесс агрегации частиц в результате добавления в сточные воды высокомолекулярных соединений. Флокулянты в отличие от коагулянтов способны взаимодействовать между собой. Самыми распространенными флокулянтами являются: крахмал, эфиры целлюлозы, полиакриламид и др.;
- *окисление и восстановление* используется для перевода опасных веществ в безвредное или менее вредное состояние. Используются такие окислители как хлор, оксид хлора, гипохлорит кальция и натрия, перекись водорода, перманганат калия, бихромат калия, кислород, озон и др. Этот метод является чрезвычайно дорогим и используется только в том случае, когда ЗВ другими способами извлечь невозможно.

**Электрохимическая обработка сточных вод** позволяет извлекать из сточных вод ценные продукты без использования химических реагентов. Осуществляется следующими способами:

- *анодное окисление и катодное восстановление* используются для удаления цианидов, аминов, спиртов, альдегидов, сульфидов и др. анодное окисление производится в электролизерах в процессе окисления ЗВ полностью распадаются с образованием углекислого газа, воды, аммиака и ряда других нетоксичных соединений;
- *электрокоагуляция* используется для обработки сточных вод, содержащих высокоустойчивые соединения. Осуществляется при пропускании электрического тока через сточные воды. Электролиз проводится с использованием растворимых стальных или алюминиевых катодов, образуются гидроокислы металлов, агрегирующие ЗВ;

- *электрофлотация* – очистка от взвешенных частиц с использованием электролиза воды. При электролизе образуются пузырьки воздуха, которые способствуют очистке сточных вод;
- *электродиализ* используется для опреснения соленых вод и очистки радиоактивных вод. Электродиализ основан на разделении ионизированных веществ под действием ЭДС (электродвижущей силы), создаваемой в растворе по обе стороны мембраны. Этот метод позволяет извлекать кислоты и щелочи и снова использовать их в технологическом процессе.

***Биологическая очистка*** осуществляется при помощи живых организмов разного уровня организации.

В зависимости от организмов, которые используются при очистке, выделяют аэробную и анаэробную очистку.

*Анаэробная очистка* основана на использовании бактерий, не нуждающихся в кислороде. Осуществляется в метантенках. В Беларуси из-за высокой стоимости не применяется.

*Аэробная очистка* осуществляется бактериями при наличии в воде кислорода. Аэробная очистка подразделяется на естественную и искусственную.

- *Естественная аэробная очистка* происходит на полях орошения, полях фильтрации и в биологических прудах.
- *Искусственная аэробная очистка* осуществляется в аэротенках, биофильтрах и окислителях.

Естественная аэробная очистка относится к экстенсивным методам и в настоящее время применяется все реже. Наиболее распространенным методом аэробной очистки является эксплуатация аэротенков.

Все аэротенки построены по одному принципу: смесь воды и активного ила медленно движется по резервуарам, непрерывно насыщаясь воздухом. Процесс очистки основан на способности микроорганизмов использовать ЗВ для питания в процессе жизнедеятельности.

Процесс очистки сложен и требует постоянного контроля и управления: контроль концентрации ила, режима аэрации, температуры и т.д. вследствие этих недостатков более широко распространены биофильтры.

Тем не менее сами биофильтры также имеют ряд существенных недостатков: они быстро заиливаются, распространяют неприятные запахи, являются средой, в которой выводятся личинки мух.

## **5. Методы переработки твердых промышленных и бытовых отходов**

**Отходы производства** – остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образующиеся в процессе производства продукции или выполнения работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства; а также сопутствующие вещества, образующиеся в процессе производства и не находящие применения в этом производстве.

**Отходы потребителя** – изделия и материалы, утратившие свои потребительские качества вследствие физического либо морального износа.

**Опасные отходы** – отходы, которые в результате их реакционной способности или токсичности создают непосредственную или потенциальную опасность для здоровья человека или состояния окружающей среды самостоятельно либо при вступлении в контакт с другими веществами и окружающей средой.

**Токсичные промышленные отходы** – смеси физиологически активных веществ, образующиеся в процессе технологического цикла в производстве и обладающие токсичным эффектом.

Выделяют следующие методы обезвреживания и утилизации твердых бытовых и промышленных отходов.

- 1) Биологические методы** основаны на разрушении органической части отходов микроорганизмами.
- 2) Термические методы** – это сжигание на мусороперерабатывающих предприятиях, пиролиз.
- 3) Химические методы.** Самым распространенным является гидролиз.
- 4) Механические методы** включают прессование с применением связующих и складирование на полигонах.

В Беларуси складирование на полигонах является самым распространенным методом утилизации твердых отходов. Токсичные отходы 1-3 классов опасности хранятся в специальной таре. Соответствующими органами ведется учет количества и мест захоронения отходов. Всего на территории Беларуси зарегистрировано 160 полигонов ТБО и 80 накопителей промышленных отходов. Большинство полигонов минимально обустроены природоохранными сооружениями: земляными валами, кольцевыми канавами, противодиффузионными экранами и являются мощными загрязнителями окружающей среды.

Свалки при небольшом усовершенствовании могут стать источником альтернативного топлива – биогаза. Биогаз образуется в результате микробиологических процессов при разложении органической части отходов. В специальных биотермических башнях из отходов можно получать компост. Термические способы не являются безопасными из-за выделения при сжигании мусора диоксинов и других токсикантов. Тем не менее мусоросжигание считается более экономически целесообразным способом переработки отходов. Шлаки, образующиеся после сжигания могут служить сырьем для производства стеновых блоков, дорожных покрытий, тепловой изоляции, бордюрного камня и облицовочной плитки

# Спасибо за внимание

Не забудьте сделать  
электронный вариант лекции!